* DORIN LELEA *
DORIN.LELEA@UPT.RO
LOCAL: 24.10.2025 17:37
20.01.2025 20:28 - 20.01.2028 20:28
UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN TIMISOARA
Angajat UPT
20110420940401bd89332de2924a2697

UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA
Școala Doctorală de Studii Inginerești

Ing. Nicoleta MIREA

INOVAREA ȘI TRANSFERUL TEHNOLOGIC, MIJLOACE PENTRU EFICIENTIZAREA EDUCAȚIEI ÎN ȘTIINȚĂ, TEHNOLOGIE, INGINERIE ȘI MATEMATICĂ

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea Politehnica din Timișoara
în domeniul „INGINERIE ȘI MANAGEMENT”

Conducător științific:
Prof. univ. dr. ing. Anca DRĂGHICI

2025

BUPT

CUVÂNT ÎNAINTE

Această teză de doctorat, intitulată **„INOVAREA ȘI TRANSFERUL TEHNOLOGIC PENTRU EFICIENTIZAREA EDUCAȚIEI ÎN ȘTIINȚĂ, TEHNOLOGIE, INGINERIE ȘI MATEMATICĂ”** explorează rolul semnificativ al inovației și transferului tehnologic în îmbunătățirea proceselor de predare și învățare în domeniile Științei, Tehnologiei, Ingineriei și Matematicii (STEM). Prin analizarea modalităților în care aceste două concepte pot fi integrate în curriculum și practicile educaționale, teza propune strategii și soluții pentru a eficientiza educația în STEM.

Subiectul abordat în această teză reflectă complexitatea educației STEM, fiind un domeniu dinamic și vital în peisajul educațional contemporan, întrucât se intersectează cu multiple domenii academice, inclusiv Educație, Tehnologie Educațională, Managementul Educației, Inginerie Educațională și Științe Inginerești și Tehnologie. Prin urmare, cercetarea propusă oferă perspective relevante asupra colaborării și sinergiei dintre acestea, contribuind la pregătirea elevilor pentru cerințele complexe ale lumii moderne, tot mai influențată de progresul tehnologic și științific. Această metodă pragmatică și operativă încurajează elevii să-și valorifice cunoștințele și aptitudinile în contexte concrete și să abordeze probleme complexe, contribuind astfel la pregătirea lor pentru cerințele actuale și viitoare ale societății noastre.

În plus, această teză investighează și dezvoltarea competențelor STEM în cadrul proceselor educaționale, abordând modul în care inovația și transferul tehnologic pot contribui la formarea unor profesioniști pregătiți să facă față provocărilor viitorului într-un mediu dominat de cunoștințe tehnologice avansate și în continuă schimbare. Este important de menționat că aceste aspecte sunt tratate atât în context național, cât și internațional, întrucât educația STEM este o preocupare globală și beneficiază de contribuții și cercetări din întreaga lume.

Inovarea, unul dintre pilonii fundamentali ai educației STEM, încurajează explorarea și experimentarea în diferite domenii științifice și tehnologice. Această orientare inspiră creativitate și gândire progresivă, oferind oportunitatea de dezvoltare a abilităților necesare în acest sens, în moduri neașteptate și surprinzătoare.

Transferul tehnologic, o componentă esențială a educației STEM, permite integrarea și implementarea tehnologiilor în diferite contexte educaționale și practice. Acest proces de transfer facilitează adaptarea și utilizarea eficientă a tehnologiilor disponibile, contribuind la dezvoltarea de competențe pentru utilizarea și gestionarea tehnologiilor avansate într-un mod inovator.

Competențele STEM reprezintă un set integrat de aptitudini esențiale, necesare atât elevilor, cât și profesorilor/formatorilor. Aceste competențe încurajează o înțelegere profundă a domeniilor științifice, tehnologice, inginerești și matematice și facilitează transferul cunoștințelor și abilităților în procesele educaționale și practice. Prin dezvoltarea competențelor STEM, se maximizează impactul și importanța educației în societate și pe piața muncii.

Educația STEM este caracterizată de relevanța sa continuă în dinamica unei lumi în schimbare rapidă. Accentul pus pe aplicabilitatea cunoștințelor și abilităților în diverse contexte și domenii îi pregătește pe elevi pentru viața reală și pentru oportunitățile viitoare de carieră. Această abordare adaptabilă și inclusivă asigură că educația STEM rămâne pertinentă și actualizată în fața schimbărilor și evoluțiilor

BUPT

tehnologice și științifice. Prin promovarea incluziunii și diversității, se asigură că toți elevii au acces la oportunități egale de învățare și de succes în domeniul STEM.

În România, deși cu progrese mărunte, eforturile de integrare a educației STEM la toate nivelele de învățământ sunt susținute de reforme continue. Cu toate acestea, există lacune și deficiențe care trebuie abordate pentru a îmbunătăți procesul de integrare:

i) accesul limitat al elevilor la o educație STEM de calitate din cauza resurselor financiare și tehnologice insuficiente în școli;

ii) coordonarea și colaborarea deficitare între diversele instituții și organizații implicate în procesul de integrare a STEM, inclusiv Ministerul Educației, instituțiile de învățământ superior, sectorul privat și organizațiile neguvernamentale;

iii) absența unei evaluări cuprinzătoare a impactului politicilor și a proceselor de integrare a STEM asupra rezultatelor educaționale și a pregătirii elevilor pentru piața muncii;

iv) deficiența formării adecvate a cadrelor didactice pentru a implementa metodele și abordările specifice STEM în sala de clasă;

v) necesitatea de a evidenția și aborda inegalitățile socio-economice și de acces la educația STEM în diferitele regiuni și comunități din țară.

Ca urmare a celor precizate, prezenta teză de doctorat **„INOVAREA ȘI TRANSFERUL TEHNOLOGIC PENTRU EFICIENTIZAREA EDUCAȚIEI ÎN ȘTIINȚĂ, TEHNOLOGIE, INGINERIE ȘI MATEMATICĂ”** propune o analiză detaliată a modului în care inovația și transferul tehnologic pot contribui la eficientizarea proceselor de educație STEM. Prin explorarea practicilor și strategiilor educaționale inovatoare, sperăm să aducem contribuții semnificative la înțelegerea și dezvoltarea continuă a acestui domeniu esențial în educația contemporană.

MULȚUMIRI

Mai presus de toate, înaintea lui Dumnezeu, mă plec cu smerenie, căci El mi-a îngăduit să duc la bun sfârșit această lucrare și mi-a fost alături în fiecare etapă a muncii mele și a vieții mele. La încheierea acestei activități științifice, doresc să exprim recunoștința mea față de Doamna prof. univ. dr. ing. Anca DRĂGHICI, în calitate de conducător științific, pentru oportunitatea oferită de a desfășura programul doctoral sub îndrumarea sa și pentru susținerea acordată în toate etapele pregătirii, realizării și susținerii tezei de doctorat.

De-a lungul celor patru ani de studii doctorale (2020-2024) au fost alături de mine și membrii comisiei de îndrumare: *Doamna* Pro-Rector *Prof. dr. ing. habil. Larisa IVAȘCU, Domnul conf. dr. ec. habil. Alin ARTENE* şi *Domnului* şef *lucr. dr. jur. Caius LUMINOSU* cărora le mulțumesc pentru observațiile lor ce au contribuit la îmbunătățirea demersului și scenariului de cercetare, la rafinarea și finalizarea în bune condiții a tezei de doctorat.

În memoria sufletelor tatălui și a mamei mele, care au trecut la cele veșnice în timpul studiilor mele doctorale, adresez cele mai sincere gânduri de respect, considerație și recunoștință. Nu în ultimul rând, doresc să îi mulțumesc partenerului meu pentru sprijinul, încurajarea și faptul că a fost alături de mine în permanență, chiar și de la distanță.

Timișoara, aprilie 2025 Ing. Nicoleta MIREA

BUPT

CUPRINS

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME **7**
LISTA DE TABELE **8**
LISTA DE FIGURI **10**
1. INTRODUCERE. PERSPECTIVE COMPARATIVE ASUPRA INIȚIATIVELOR STEM LA NIVEL GLOBAL ȘI NAȚIONAL **12**
1.1. MOTIVAREA ȘI IMPORTANȚA TEMEI DE CERCETARE 12
1.1.1. Contextul internațional *12*
1.1.2. Contextul național *20*
1.1.3. Perspectivele educației STEM în context național și internațional *26*
1.2. OBIECTIVELE CERCETĂRII ȘI MODUL DE ATINGERE A ACESTORA. STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT 31
2. CERCETARE BIBLIOGRAFICĂ PRIVIND EDUCAȚIA STEM **39**
2.1. INTRODUCERE ÎN CONTEXTUL CERCETĂRII 40
2.1.1. Scurtă revizuire a literaturii recente privind eficientizarea educației în contextul provocărilor contemporane *42*
2.1.2. Conceptul de eficientizare în contextul educației și integrării STEM în învățământ *43*
2.1.3. Ce este educația STEM? *49*
2.1.4. Descrierea problemei de cercetare *56*
2.1.5. Literatura în domeniul STEM *57*
2.2. CONSTATĂRI ALE CERCETĂRII BIBLIOGRAFICE. PERSPECTIVE DIFERITE PRIVIND EDUCAȚIA STEM 60
2.3. CADRU DE ORIENTARE A EDUCAȚIEI STEM 62
2.4. CONCLUZII 64
3. CERCETĂRI TEORETICO-APLICATIVE ASUPRA SUSȚINERII EDUCAȚIEI STEM PRIN MIJLOACE ALE TEHNOLOGIEI INFORMAȚIEI ȘI COMUNICĂRII **68**
a. Convergența tehnologică: Impactul transformărilor în educație *69*
b. Rolul tehnologiei software în educația STEM *72*
3.1. DINAMICA REVOLUȚIILOR INDUSTRIALE, EVOLUȚIA SOCIETĂȚII ȘI IMPACTUL LOR ASUPRA EVOLUȚIEI EDUCAȚIEI 74
3.1.1. Evoluția tehnologică și impactul asupra educației și muncii *76*
3.1.1.1. Revoluțiile industriale 77
3.1.1.2. Transformarea societății prin tehnologie și inovație 81
3.1.2. Evoluția învățământului prin tehnologie și inovație *85*
3.2. CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND INTEGRAREA EDUCAȚIEI STEM ÎN ÎNVĂȚĂMÂNT 87
3.2.1. Efectele negative ale digitalizării *93*
3.3.2. Impactul digitalizării și tehnologiei în educația STEM *95*
3.3.3. Dimensiunea evolutivă a educației STEM *100*
3.3. EDUCAȚIA STEM ÎN ERA DIGITALĂ: O COMPONENTĂ INTEGRATĂ ÎN SISTEMUL EDUCAȚIONAL. 104
3.4. MODELE INTEGRATIVE PENTRU DECIZII EDUCATIVE 111
3.4.1. Importanța deciziilor educaționale *111*
3.4.2. Modelul de congruență Nadler-Tushman *112*
3.4.3. Justificarea utilizării modelului Nadler-Tushman în educație și STEM *114*
3.4.4. Metode și modele organizaționale *116*
3.4.4.1. Argumente privind valoarea adăugată a modelului Nadler-Tushman pentru educația STEM 119
3.4.4.2. Studiu de caz: Adaptarea Modelului Nadler-Tushman pentru educația STEM 120
3.5. INTELIGENȚA ARTIFICIALA ȘI EDUCAȚIA STEM 121
3.5.1. Introducerea și importanța inteligenței artificiale în educație *122*
3.5.2. Insights-urile și metoda ELECTRE *124*

BUPT

3.5.3. Impactul IA asupra transferului tehnologic și inovării în educația STEM *127*
3.5.4. Transformarea educației STEM prin platforme IA *128*
3.5.5. Deziderate și perspective asupra integrării IA în educația STEM *132*
4. CERCETĂRI TEORETICO-APLICATIVE PRIVIND CARACTERIZAREA ȘI ÎMBUNĂTĂȚIREA UNOR ASPECTE CHEIE ALE EDUCAȚIEI STEM **135**
4.1. IDENTIFICAREA METODELOR ȘI INSTRUMENTELOR DE TRANSFER TEHNOLOGIC ÎN EDUCAȚIA STEM 136
4.1.1. Argumente privind integrarea cu succes a educației STEM în învățământ *138*
4.1.1.1. Interconexiunea platformelor 138
4.1.1.2. Tehnologiile emergente și educația STEM 142
4.1.1.3. Strategiile educației STEM. Analiză comparativă 144
4.2. CERCETĂRI TEORETICO-APLICATIVE PRIVIND UNELE ASPECTE ALE INTEGRĂRII EDUCAȚIEI STEM ÎN UNIUNEA EUROPEANĂ ȘI ROMÂNIA 159
4.2.1. Aspecte de natură metodologică *159*
4.2.1.1. Conexiune între structura dinamică a competențelor după Modelul PISA și cercetarea teoretico-aplicativă privind munca la distanță și educația STEM 161
4.2.1.2. Structura dinamică a competențelor după Modelul PISA 162
4.2.1.3. Conexiunea modelului PISA cu cercetarea aplicativă privind munca și învățământul la distanță și educația STEM 162
4.2.1.4. Obiectivele cercetării aplicative 163
4.2.2. Context și justificare *165*
4.2.3. Investigarea nevoilor și motivațiilor pentru dezvoltarea competențelor cheie în educația preuniversitară din România *169*
4.2.3.1 Prezentarea instrumentului de colectare de date (chestionarului) 169
4.2.3.2 Repere metodologice 170
4.2.3.3. Analiza cantitativă a competențelor privind munca la distanță și a perspectivelor asupra educației STEM 175
4.2.3.4. Analiza calitativă 196
4.2.4. Concluzii și direcții viitoare de cercetare privind activitatea la distanță *204*
4.2.4.1. Concluzii bazate pe analiza răspunsurilor 204
4.2.4.2. Concluzii și implicații pentru implementare 205
4.2.4.3. Direcții viitoare de cercetare privind educația și munca la distanță 206
5. CONSIDERAȚII ȘI PERSPECTIVE PRIVIND EDUCAȚIA STEM ÎN ROMÂNIA. STRATEGII, REUȘITE ȘI PROVOCĂRI **212**
5.1. VALOAREA ȘTIINȚIFICĂ, NOUTATEA ȘI ORIGINALITATEA. EVALUĂRI COMPARATIVE ÎN CERCETAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI EDUCAȚIA STEM 214
5.2. IMPORTANȚA ȘI PROGRESUL VALORII ȘTIINȚIFICE, NOUTĂȚII ȘI ORIGINALITĂȚII ÎN EDUCAȚIA STEM 216
5.3. ORIGINALITATEA EDUCAȚIEI STEM ÎN ROMÂNIA 217
6. CONTRIBUȚII PERSONALE. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE. CONCLUZII **220**
6.1. CONTRIBUȚII PERSONALE 222
6.1.1. Propunerea de dezvoltarea a unei formule privind eficientizarea educației STEM *223*
6.1.2. Compararea și aplicabilitatea formulelor propuse *227*
6.1.3. Adaptarea formulei STEM pentru educația la distanță *228*
6.1.4. Extinderea conceptului de eficientizare în educația STEM și educația STEM la distanță *229*
6.2. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE 230
6.3. CONSIDERAȚII FINALE ASUPRA ROLULUI EDUCAȚIEI STEM ÎN CONTEXTUL PROVOCĂRILOR GLOBALE 231
7. BIBLIOGRAFIE **232**
8. ANEXE **270**
8.1. ANEXA 1 - CONTEXTUL PERSONAL ȘI EVOLUȚIA INTERESELOR ACADEMICE 270
8.2. ANEXA 2 - EFICIENȚA, EFICACITATEA ȘI EFECTIVITATEA ÎN CONTEXTUL EFICIENTIZĂRII 271
8.3. ANEXA 3 - EXEMPLE DE APLICARE A FORMULELOR PRIVIND EFICIENTIZAREA 273

BUPT

8.4. Anexa 4. - Tiplologia educației STEM 279
8.5. Anexa 5 - Caracteristici majore cu privire la revoluțiile industriale 295
8.6. Anexa 6 - Lista celor mai solicitate discipline opționale în învățământul preuniversitar și lista disciplinelor opționale STEM publicate în Monitorul Oficial al României, pentru anul școlar 2023-2024 301
8.7. Anexa 7 - Metodologia cercetării aplicative – documente justificative 302
8.8. Anexa 8 - Cercetarea aplicativă – Instrumentul de colectare (chestionarul) 308
8.9. Anexa 9 - Cercetarea aplicativă – răspunsurile primite, tabele și grafice ale instrumentului de colectare (chestionarului) din Anexa 8 314
8.10. Anexa 10 - Fișă de lucru (secțiunea 3.4.4.2) 333
8.11. Anexa 11 - Studiu de caz. Alegerea unei platforme digitale pentru posibila integrare a educației STEM în procesul de învățământ 334
8.12. Anexa 12 - Studiu de caz. Alegerea celui mai potrivit proiect de cercetare pentru un grup de elevi 335

BUPT

Notații, abrevieri, acronime

AI	Inteligență artificială
CE	Comisia Europeană
CEI	Consiliul European pentru Inovare
GPT-3	Generative Pre-trained Transformer 3
IMM	Întreprinderi mici și mijlocii
IoT	Internet of Things
ISCED	International Standard Classification of Education
MENA	Mijlocul Orient și Africa de Nord
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NSF	National Science Foundation
OCDE	Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică
ONU	Organizația Națiunilor Unite
OpenAI	Open Artificial Intelligence
PNRR	Planul Național de Redresare și Reziliență
QS	Quacquarelli Symonds
SLA	STEM Leadership Alliance
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
ȘTIM	Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică
SUA	Statele Unite ale Americii
TIC	Tehnologia informațiilor și comunicațiilor
UNESCO	Organizația Națiunilor Unite pentru Educație, Știință și Cultură
UE	Uniunea Europeană
UPT	Universitatea Politehnica din Timișoara

BUPT

Lista de tabele

Tabelul 1. 1 Inovarea și transferul tehnologic: Definiții și rolul lor în educația STEM... 21

Tabelul 2. 1 Variante pentru abrevierea acronimului STEM 53

Tabelul 3. 1 Evoluția proceselor de transformare digitală 96
Tabelul 3. 2 O abordare integrată pentru o educație STEM eficientă - sinteză 103
Tabelul 3. 3 Clasificarea platformelor de învățare la nivelul anului 2010 106
Tabelul 3. 4 Clasificarea platformelor de învățare după anul 2010 106
Tabelul 3. 5 Platforme de cercetare și baze de date 109
Tabelul 3. 6 Metode pentru luarea deciziilor, utilizate în diverse domenii 116
Tabelul 3. 7 Modele organizaționale 117
Tabelul 3. 8 Aplicație model Nadler-Tushman prin congruență cu educația STEM 121
Tabelul 3. 9 Clasificarea și utilizarea platformelor IA 127
Tabelul 3. 10 Unelte de inteligență artificială generativă 130

Tabelul 4. 1 Interconexiunea platformelor de învățare și de cercetare 139
Tabelul 4. 2 Platforme de învățare și platforme de cercetare 139
Tabelul 4. 3 Concluzii cheie, rețetă de succes în educația STEM, prelucrare după "Status and Trends of STEM Education in Highly Competitive Countries: Country Reports and International Comparison". In *Online Submission*. (Ku ș.a., 2022) 147
Tabelul 4. 4 Invenții, inventatori și tipul de competență asociată 165
Tabelul 4. 5 Resurse privind metode de cercetare 174
Tabelul 4. 6 Importanța educației STEM pentru dezvoltarea competențelor 177
Tabelul 4. 7 Valorile scorului mediu ponderat pentru competența profesională la distanță și importanța STEM 181
Tabelul 4. 8 Centralizator cu scorurile mediu ponderate 190
Tabelul 4. 9 Suprapunerea competențelor de bază în contextul muncii la distanță 192
Tabelul 4. 10 Suprapunerea competențelor de bază după testul Tukey HSD 194
Tabelul 4. 11 Sinteză a datelor comparative între mediul universitar și cel preuniversitar privind competențele profesionale la distanță 197
Tabelul 4. 12 Sinteza comparativă a analizei WOTS pentru mediul preuniversitar și mediul universitar 207
Tabelul 4. 13 Propuneri pentru direcții viitoare de cercetare privind educația și munca la distanță 210

Tabelul 5. 1 Definiții și caracteristici privind conceptele „cercetarea științifică" și „educația STEM" 215
Tabelul 5. 2 Paralele și diferențe între conceptele „cercetare științifică" și „educația STEM" 216
Tabelul 5. 3 Avantajele și provocările educației STEM în România 218

Tabelul 6. 1 Formulele factorilor specifici în contextul educației STEM 226

Tabelul A. 1 Variante de acronime STEM 279
Tabelul A. 2 Revoluțiile industriale și conexiunile lor cu educația STEM 295
Tabelul A. 3 Cele mai solicitate discipline opționale 301
Tabelul A. 4 Lista disciplinelor opționale STEM 302
Tabelul A. 5 Nivelul de învățământ 314

BUPT

TABELUL A. 6 ARIILE CURRICULARE 315
TABELUL A. 7 MUNCA LA DISTANȚĂ (REMOTE) 315
TABELUL A. 8 PERIOADA DE LUCRU REMOTE 316
TABELUL A. 9 PROVOCĂRILE PRIVIND COMPETENȚA PROFESIONALĂ REMOTE 317
TABELUL A. 10 COMPETENȚE DIGITALE 320
TABELUL A. 11 AUTOGESTIONARE ȘI CONTROL 320
TABELUL A. 12 COMPETENȚE DE COLABORARE 321
TABELUL A. 13 ABILITĂȚI INTERPERSONALE, INTERCULTURALE ȘI DE COMUNICARE 322
TABELUL A. 14 COMPETENȚE SPECIFICE EDUCATORILOR REMOTE 323
TABELUL A. 15 DEZVOLTAREA COMPETENȚELOR REMOTE 326
TABELUL A. 16 DISCIPLINE OPȚIONALE STEM 327
TABELUL A. 17 NIVEL DE ÎNVĂȚĂMÂNT OPȚIONALE STEM 329
TABELUL A. 18 ELEVI PARTICIPANȚI LA ORE OPȚIONALE STEM 329
TABELUL A. 19 IMPORTANȚA EDUCAȚIEI STEM 330
TABELUL A. 20 VÂRSTA PARTICIPANȚILOR 331
TABELUL A. 21 GENUL PARTICIPANȚILOR 331

BUPT

Lista de figuri

Figura 1.1 Abordarea lacunelor în competențe și a deficitului de forță de muncă în Europa – traducere și adaptare după (European commission, 2024b) 13
Figura 1. 2 Structura sistemului de învățământ din România. Diagrame schematice (Monitorul educației și formării, 2021 al Comisiei Europene) 23
Figura 1. 3 Modelul vizual de tip „cutie neagră", adaptat contextului educației STEM 32
Figura 1. 4 Schematizarea temei de cercetare 33
Figura 1. 5 Logica demersului de cercetare 33
Figura 1. 6 Interacțiunea sistemului educațional cu piața muncii 34
Figura 1. 7 Tendințe care transformă educația 36

Figura 2. 1 Harta conceptuală a capitolului 2 39
Figura 2. 2 Diferențe eficiență – eficacitate 41
Figura 2. 3 Etapele generale ale unui proces de eficientizare 44
Figura 2. 4 Cei 4 „E": eficiență, eficacitate, efectivitate, eficientizare 45
Figura 2. 5 Cele trei concepte ale procesului de eficientizare 45
Figura 2. 6 Structura sistemului de învățământ din SUA - Diagramă schematică 48
Figura 2. 7 Combinație a domeniilor STEM într-o aplicație interdisciplinară 57
Figura 2. 8 Etichetarea „Școală STEM" (Iglesias ș.a., 2018) 59
Figura 2. 9 Cadru teoretic în cinci nivele (adaptare după Mpofu, 2019) 63
Figura 2. 10 Elementele alfabetizării STEM (adaptare după Techakosit, Srisakuna, 2019) 64
Figura 2. 11 Dimensiunile alfabetizării STEM (adaptare după Donmez, 2020) 64
Figura 2. 12 Ce cred oamenii că este educația STEM integrată 65
Figura 2. 13 Ce este (de fapt) educația STEM integrată 66

Figura 3. 1 Harta conceptuala a capitolului 3 68
Figura 3. 2 Cei trei piloni ai „Industriei 5.0", prelucrare după publicația UE „Industria 5.0 – Orientată către om, sustenabilă și rezilientă" (Breque, M., De Nul, L., Petridis, 2021) 75
Figura 3. 3 Aspecte cheie privind impactul revoluțiilor industriale asupra societății 78
Figura 3. 4 Extras prelucrat după informațiile IEEE*Xplore* 80
Figura 3. 5 Puncte cheie în tranziția de la Societatea 1.0 la Societatea 5.0 84
Figura 3. 6 Interconexiunea dintre evoluția societății și tehnologie 84
Figura 3. 7 Aspecte cheie privind evoluția de la Educație 1.0 la Educație 5.0 86
Figura 3. 8 Evoluția „Educația STEM" 89
Figura 3. 9 Considerații teoretice asupra evoluției în timp a educației STEM 90
Figura 3. 10 Exemple și aspecte relevante legate de impactul negativ al digitalizării 94
Figura 3. 11 Piramida evoluției procesului de transformare digitală 95
Figura 3. 12 Impactul digitalizării în educația STEM 99
Figura 3. 13 Evoluția tehnologiei digitale și impactul ei asupra educației, prelucrare după "Mapping of digital pedagogies in higher education" (Santoveña-Casal & López, 2023) 99
Figura 3. 14 Propunere privind eficientizarea educației prin inovare 101
Figura 3. 15 Procesul de tranziție și componentele principale ale Modelului Nadler-Tushman prelucrare după (Nadler & Tushman, 1999) 113
Figura 3. 16 Inovație conceptuală adaptată Modelului Nadler-Tushman pentru educația STEM 115

Figura 4. 1 Harta conceptuală a capitolului 4 135
Figura 4. 2 Inovare și transfer tehnologic în educația STEM modernă 136

BUPT

FIGURA 4. 3 STRUCTURA DINAMICĂ A COMPETENȚELOR DUPĂ MODELUL PISA (SÄLZER & ROCZEN, 2018) 160
FIGURA 4. 4 COMPETENȚELE TEHNICE, INTERPERSONALE ȘI VERZI 167
FIGURA 4. 5 GRAFICUL IMPORTANȚEI EDUCAȚIEI STEM PENTRU DEZVOLTAREA COMPETENȚELOR 177
FIGURA 4. 6 COMPETENȚE PROFESIONALE LA DISTANȚĂ (REMOTE) 181
FIGURA 4. 7 GRAFICUL VALORILOR SCORULUI MEDIU PONDERAT PRIVIND COMPETENȚELE PROFESIONALE ȘI IMPORTANȚA STEM 183
FIGURA 4. 8 DISCIPLINELE DE ORE OPȚIONALE DE TIP INTEGRAT STEM 184
FIGURA 4. 9 NUMĂRUL PROFESORILOR/FORMATORILOR 184
FIGURA 4. 10 GRUPELE DE ELEVI PARTICIPANȚI LA ORELE OPȚIONALE DE TIP INTEGRAT STEM 185
FIGURA 4. 11 NIVELUL DE ÎNVĂȚĂMÂNT AL OPȚIONALULUI DE TIP INTEGRAT STEM 185
FIGURA 4. 12 COMPETENȚELE DIGITALE 187
FIGURA 4. 13 COMPETENȚELE DE AUTOGESTIONARE ȘI ORGANIZARE 188
FIGURA 4. 14 COMPETENȚELE DE COLABORARE 188
FIGURA 4. 15 COMPETENȚE DE COMUNICARE 189
FIGURA 4. 16 COMPETENȚE SPECIFICE EDUCATORILOR PENTRU MUNCA LA DISTANȚĂ 189
FIGURA 4. 17 VALORI ANOVA 191
FIGURA 4. 18 VIZUALIZAREA SCORURILOR MEDII PONDERATE ALE COMPETENȚELOR DE BAZĂ 193
FIGURA 4. 19 REZULTATELE TESTULUI TUKEY HSD (EXTRAS - REALIZAT CU PYTHON) 193
FIGURA 4. 20 GRAFICUL REZULTATELOR PRIVIND DEZVOLTAREA COMPETENȚELOR PROFESIONALE LA DISTANȚĂ 196
FIGURA 4. 21 ANALIZĂ COMPARATIVĂ ÎNTRE MEDIUL UNIVERSITAR ȘI CEL PREUNIVERSITAR PRIVIND COMPETENȚELE PROFESIONALE LA DISTANȚĂ 198
FIGURA 4. 22 DEZVOLTAREA PROFESIONALĂ ÎN CONTEXTUL EDUCAȚIEI ȘI MUNCII LA DISTANȚĂ, HARTA CONCEPTUALĂ 201
FIGURA 4. 23 COMPETENȚELE DIGITALE ȘI TEHNOLOGICE, HARTA CONCEPTUALĂ 202
FIGURA 4. 24 FORMAREA ȘI DEZVOLTAREA PROFESIONALĂ 203
FIGURA 4. 25 MODELUL DE CONGRUENȚĂ NADLER-TUSHMAN 209

FIGURA 5. 1 HARTA CONCEPTUALĂ A CAPITOLULUI 5 212

FIGURA 6. 1 HARTA CONCEPTUALĂ A CAPITOLULUI 6 220

FIGURA A. 1 NIVELUL DE ÎNVĂȚĂMÂNT 314
FIGURA A. 2 ARIILE CURRICULARE 315
FIGURA A. 3 MUNCA LA DISTANȚĂ (REMOTE) 316
FIGURA A. 4 PERIOADA DE LUCRU REMOTE 317
FIGURA A. 5 PROVOCĂRILE PRIVIND COMPETENȚA PROFESIONALĂ REMOTE 319
FIGURA A. 6 COMPETENȚE DIGITALE 320
FIGURA A. 7 GRAFICUL PRIVIND COMPETENȚELE DE AUTOGESTIONARE ȘI CONTROL 321
FIGURA A. 8 GRAFICUL COMPETENȚELOR DE COLABORARE 322
FIGURA A. 9 GRAFICUL COMPETENȚELOR DE ABILITĂȚI INTERPERSONALE, INTERCULTURALE ȘI DE COMUNICARE 323
FIGURA A. 10 GRAFICUL COMPETENȚELOR SPECIFICE EDUCATORILOR REMOTE 325
FIGURA A. 11 GRAFICUL DEZVOLTĂRII COMPETENȚELOR REMOTE 326
FIGURA A. 12 GRAFICUL PROFESORILOR ANGRENAȚI ÎN PREDAREA CURSURILOR DE ORE OPȚIONALE 327
FIGURA A. 13 GRAFICUL DISCIPLINELOR OPȚIONALE STEM 328
FIGURA A. 14 GRAFICUL NIVELULUI DE ÎNVĂȚĂMÂN AL OPȚIONALULUI STEM 329
FIGURA A. 15 GRAFICUL ELEVILOR PARTICIPANȚI LA ORE OPȚIONALE STEM 330
FIGURA A. 16 GRAFICUL IMPORTANȚEI EDUCAȚIEI STEM 330
FIGURA A. 17 GRAFICUL PRIVIND VÂRSTA PARTICIPANȚILOR 331
FIGURA A. 18 GRAFICUL PRIVIND GENUL PARTICIPANȚILOR 332

BUPT

1. INTRODUCERE. PERSPECTIVE COMPARATIVE ASUPRA INIȚIATIVELOR STEM LA NIVEL GLOBAL ȘI NAȚIONAL

1.1. Motivarea și importanța temei de cercetare

1.1.1. Contextul internațional

O nouă agendă destinată problematicii inovării a fost finalizată de către Comisia Europeană (CE) la Strasbourg în luna iulie a anului 2022. Conform acestui document, inovarea este esențială, atât pentru stimularea competitivității Europei, cât și pentru asigurarea sănătății și bunăstării cetățenilor săi, deoarece modelează piețele, transformă economiile, aduce, produce și implementează schimbări radicale în calitatea serviciilor și pentru atingerea obiectivelor comune ale transformării ecologice și digitale.

Potrivit acestei agende, un val important de inovare este în continuă desfășurare, și anume inovarea în domeniul *„deep tech"* (tehnologie avansată sau tehnologie de vârf), înrădăcinată în știință, tehnologie și inginerie de ultimă oră, care combină adesea progresele în domeniile fizicii, biologiei și cel digital, toate cu un potențial important pentru a oferi soluții transformatoare la provocările globale (EUR-Lex, Acces la Dreptul Uniunii Europene, 2022).

Într-un document oficial (European Commission, 2024b), publicat în luna iulie 2024, CE a trasat orientările politice pentru următorii cinci ani. Documentul acentuează șase aspecte deosebit de importante privind deficitului de forță de muncă din Europa, care evidențiază necesitatea unei schimbări fundamentale în abordarea competențelor, a investirii în educația pentru adulți și a integrării învățării pe tot parcursul vieții, aspecte care sunt prezentate în figura 1.1.

Remarcabil pentru lucrarea noastră este obiectivul privind îmbunătățirea competențelor de bază. În acest sens, documentul propune un ***Plan strategic pentru educația în domeniul științei, tehnologiei, inginerie și matematicii***. De asemenea, subliniază importanța educației și formării profesionale, a unei Strategii europene aliniate și reorientate pe finanțarea competențelor.

Având în vedere tendințele globale în inovare și rolul principal pe care îl joacă tehnologiile emergente în viitor, obiectivele și orientările CE se aliniază perfect cu aceste tendințe.

La nivel global, unul dintre noile valuri de inovare este reprezentat de tehnologiile emergente, cum ar fi inteligența artificială (AI), învățarea automată (machine learning), internetul lucrurilor (IoT), blockchain-ul, computația cuantică și alte tehnologii digitale avansate. Aceste tehnologii au un potențial semnificativ de a transforma domenii precum sănătatea, transportul, energia, finanțele, educația și nu numai. De asemenea, există o creștere continuă a atenției acordate sustenabilității și responsabilității sociale în inovație, cu accent pe dezvoltarea de soluții tehnologice care să abordeze provocările legate de schimbările climatice, mediul înconjurător și inegalitățile sociale.

Evenimentul denumit Research & Innovation Week (Săptămâna Cercetării și Inovației), organizat de CE, desfășurat în luna martie 2024, în Belgia la Bruxelles, reprezintă un moment semnificativ în domeniul cercetării și inovației. În cadrul

BUPT

acestui eveniment, care a marcat aniversarea a patruzeci de ani de la înființarea Programelor Cadru de Cercetare și Inovare, s-a purtat o dezbatere amplă asupra viitorului cercetării și inovației. A fost pusă în discuție contribuția acestora la prioritățile politice ale Uniunii Europene (UE), în conformitate cu noile orientări și direcții stabilite de CE în cadrul agendei sale de inovare. De asemenea, în cadrul evenimentului s-au comemorat realizările trecute și actuale din domeniul cercetării și inovației. Această celebrare a fost nu doar o reflectare asupra progresului înregistrat, ci și o oportunitate de a trasa direcțiile viitoare și de a consolida angajamentul pentru promovarea cercetării și inovației în cadrul UE (OCDE, 2023).

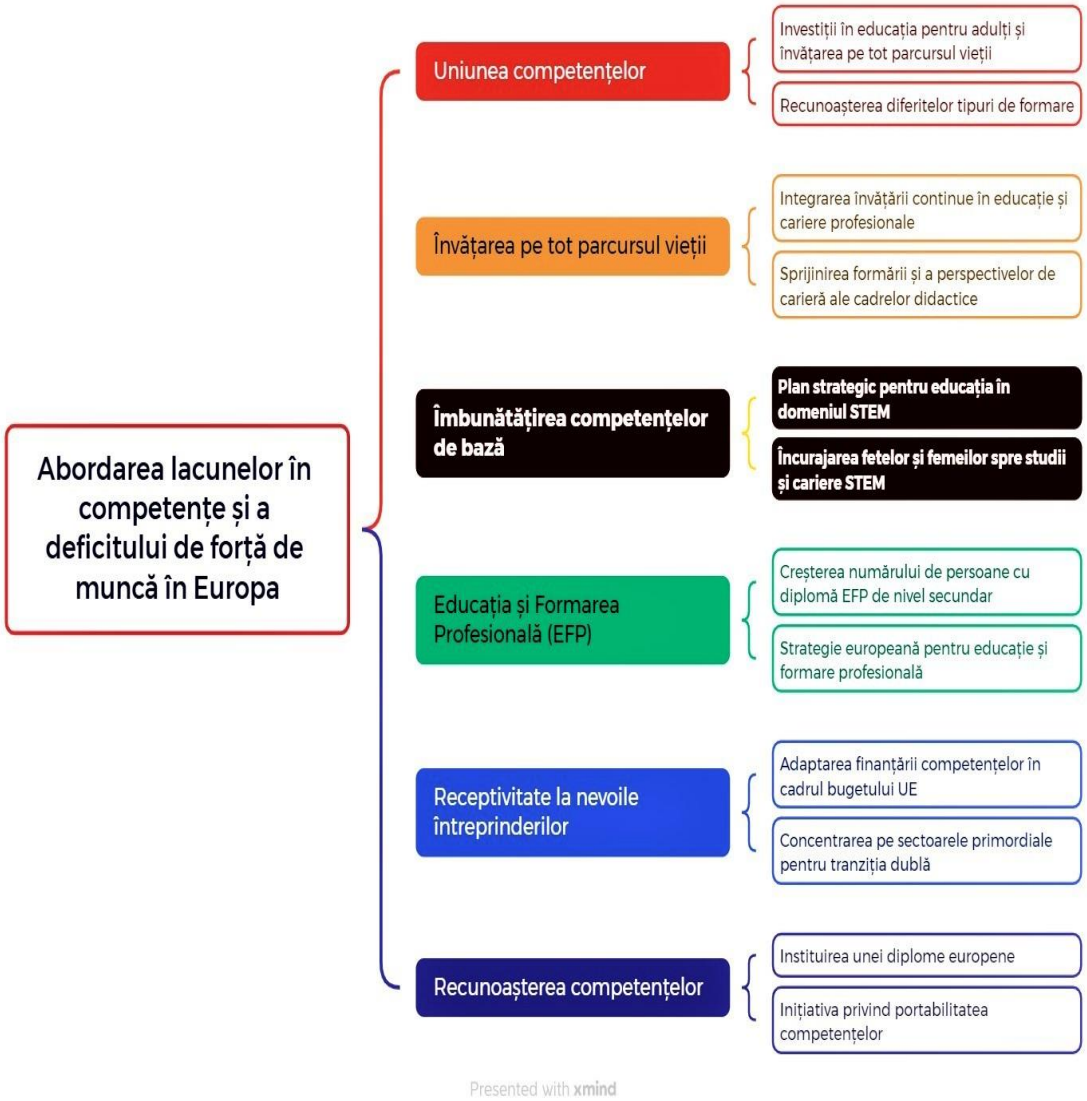


Figura 1.1 Abordarea lacunelor în competențe și a deficitului de forță de muncă în Europa – traducere și adaptare după (European commission, 2024b)

Evenimentul denumit Research & Innovation Week (Săptămâna Cercetării și Inovației), organizat de CE, desfășurat în luna martie 2024, în Belgia la Bruxelles, reprezintă un moment semnificativ în domeniul cercetării și inovației. În cadrul acestui eveniment, care a marcat aniversarea a patruzeci de ani de la înființarea Programelor Cadru de Cercetare și Inovare, s-a purtat o dezbatere amplă asupra

BUPT

viitorului cercetării și inovației. A fost pusă în discuție contribuția acestora la prioritățile politice ale Uniunii Europene (UE), în conformitate cu noile orientări și direcții stabilite de CE în cadrul agendei sale de inovare. De asemenea, în cadrul evenimentului s-au comemorat realizările trecute și actuale din domeniul cercetării și inovației. Această celebrare a fost nu doar o reflectare asupra progresului înregistrat, ci și o oportunitate de a trasa direcțiile viitoare și de a consolida angajamentul pentru promovarea cercetării și inovației în cadrul UE (OCDE, 2023).

Prin urmare, evenimentul Săptămâna Cercetării și Inovației din martie 2024 a reprezentat un punct de referință important în calendarul activităților desfășurate în domeniul cercetării și inovației în Europa, marcând începutul unei noi etape în abordarea și promovarea acestor domenii esențiale pentru progresul și competitivitatea UE.

Programul de lucru, pentru anul 2024, al Consiliului European pentru Inovare (CEI), deschide calea pentru finanțări în valoare de peste 1,2 miliarde EUR. Aceste fonduri sunt dedicate în mare parte întreprinderilor mici și mijlocii, precum și firmelor nou-înființate, pentru a susține dezvoltarea și extinderea inovațiilor "*deep tech*" în domenii esențiale precum inteligența artificială generativă, explorarea spațială, materiile prime critice și tehnologiile cuantice.

Cele trei scheme principale de lucru ale CEI sunt:

i) ***Pathfinder***, pentru proiecte de cercetare de vârf ce au potențialul de a duce la tehnologii revoluționare;

ii) ***Transition***, pentru transformarea rezultatelor cercetării în oportunități de inovare, bazate pe rezultatele proiectelor din cadrul instrumentului Pathfinder al CEI și ale altor proiecte relevante și

iii) ***Accelerator***, pentru sprijinirea dezvoltării și extinderii inovațiilor de către întreprinderile nou-înființate și întreprinderi mici și mijlocii (IMM-uri), cu scopul de a crea noi piețe sau de a reconfigura pe cele existente (European commission, 2024a).

Considerăm că integrarea în educație a disciplinelor din grupul „știință, tehnologie, inginerie și matematică", denumite în comun discipline STEM, este esențială pentru pregătirea elevilor pentru succesul într-o lume marcată de progres tehnologic accelerat și schimbări sociale complexe. În contextul internațional actual, numeroase organizații și instituții au intervenit pentru a promova și facilita această integrare, contribuind la dezvoltarea unui cadru educațional adecvat nevoilor și cerințelor secolului actual (Bianchi ș.a., 2024).

În cadrul eforturilor de integrare STEM, organizațiile dedicate acestui scop joacă un rol principal în promovarea ideilor și practicilor relevante pentru educația contemporană. Printre aceste organizații se numără STEM Leadership Alliance (SLA), care se concentrează pe promovarea liderilor din domeniul STEM și pe facilitarea colaborării între diverse entități implicate în acest domeniu. Prin organizarea de evenimente, programe de mentorat și inițiative de advocacy (campanii de conștientizare, acțiuni de lobby pentru politici echitabile și programe de educare a comunității pentru a combate stereotipurile și discriminarea), SLA oferă cadrul necesar pentru schimbul de bune practici și inovații în educația STEM.

În lumina agendei de inovare finalizate de CE la Strasbourg în iulie 2022, se profilează în vara anului 2024, un alt eveniment de prestigiu și anume Summitul STEM Leadership Alliance, ca o punte esențială între inovația din Europa și obiectivele globale de dezvoltare durabilă ale Organizației Națiunilor Unite (ONU) (United Nations, 2018).

Având în vedere accentul care se pune pe inovația STEM, summitul oferă o platformă internațională, unde lideri, experți și profesioniști din domeniul educației

BUPT

din întreaga lume pot explora împreună vârful inovației în domeniul STEM. Într-un mod coerent cu agendele de inovare europene, evenimentul axează și pe integrarea inteligenței artificiale în educație, punând accentul pe educația tehnică și profesională dintr-o perspectivă de diversitate și incluziune.

Acest summit transcende granițele naționale, oferind participanților ocazia de a contribui activ la discuția globală privind viitorul educației și inovației. În contextul mai larg al obiectivelor de dezvoltare durabilă ale ONU, evenimentul se aliniază cu inițiativele globale de a oferi o educație STEM accesibilă și incluzivă pentru tinerii din medii diverse, contribuind astfel la reducerea decalajelor și la promovarea unui viitor sustenabil (STEM Leadership Alliance, 2024d).

În contextul global actual, implementarea educației STEM integrate reprezintă o prioritate vitală pentru pregătirea viitoare a tinerilor în fața provocărilor unei economii în schimbare și a unei lumi tot mai interconectate. În acest sens, SLA se impune ca un parteneriat esențial între organizații STEM de renume, lideri și experți în educație, precum și întreprinderi și fundații, pentru a transforma și revoluționa metodele tradiționale de predare și învățare în domeniile STEM (STEM Leadership Alliance, 2024e).

Evenimentele recente, precum agenda de inovare a CE și obiectivele ONU privind dezvoltarea durabilă, subliniază importanța aducerii STEM în centrul sistemelor de învățământ pentru a pregăti viitoarea forță de muncă globală.

În cadrul educațional actual identificăm faptul că disciplinelor STEM li se acordă adesea o atenție fragmentată în cadrul sistemelor educaționale, cu predarea matematicii și științelor desfășurându-se în compartimente separate de tehnologie și inginerie. Această separare poate fi considerată a fi o formă de fragmentare sau segmentare. SLA propune o schimbare radicală în această paradigmă, avansând spre o abordare integrată a educației STEM care să ofere elevilor abilitățile esențiale pentru a se adapta la mediul profesional în evoluție (STEM Leadership Alliance, 2024a). Printre țările care experimentează sau adoptă această abordare integrată se numără Statele Unite ale Americii (SUA), Canada, Australia, Marea Britanie, etc.

Prin colaborarea strânsă cu lideri educaționali, întreprinderi și organizații non-guvernamentale, SLA se angajează să elimine decalajul dintre educație și industrie. Abordând experiențele STEM pentru educatori și elevi, SLA vizează pregătirea viitoarelor generații pentru cerințele complexe ale pieței globale (STEM Leadership Alliance, 2024b). Acest demers nu numai că răspunde cerințelor actuale ale forței de muncă, dar și anticipează nevoile viitoare, contribuind astfel la dezvoltarea durabilă la nivel mondial (Dlouhy & Froidevaux, 2024; El-Deghaidy & Mansour, 2015; Harry Firman, 2020; Kanadli, 2019; Kiazad ș.a., 2024; Noppeney ș.a., 2024).

SLA reprezintă un element-cheie în integrarea educației STEM la nivel mondial, aducând în prim-plan o viziune disruptivă și revoluționară. Prin adoptarea unei abordări integrate, SLA oferă un model pentru educația STEM care nu doar pregătește elevii pentru viitor, dar și contribuie la atingerea obiectivelor de dezvoltare durabilă la nivel global (STEM Leadership Alliance, 2024c).

Este important să subliniem însă că nu există o singură instituție care să dețină monopolul sau să fie considerată „cea mai importantă” în ceea ce privește integrarea STEM în educație. Există o diversitate de organizații și entități, la nivel local, național și internațional, care contribuie la acest efort comun. De exemplu, National Science Foundation (NSF) în Statele Unite, European Schoolnet în Europa și alte organizații similare la nivel global, au avut și continuă să aibă roluri semnificative în promovarea și facilitarea educației STEM.

BUPT

Contribuțiile organizațiilor în integrarea STEM în educație au un impact semnificativ atât la nivel academic, cât și practic. Prin finanțarea cercetării în domeniul educației STEM, crearea de resurse educaționale inovatoare și facilitarea schimbului de experiență între cadrele didactice, aceste organizații contribuie la îmbunătățirea calității și relevanței educației STEM în diverse contexte (*2024 Trends Report: Trends and Predictions That Are Defining STEM in 2024 - Beyond100K*, n.d.; Bongomin ș.a., 2020; Brandaõ Santana ș.a., 2015; Demirel, 2023; Palmié ș.a., 2020; World Economic Forum, 2023).

Prin promovarea colaborării între stakeholderii din sectorul educațional, industrie și alte organizații relevante, se facilitează dezvoltarea unor programe de învățare orientate către nevoile pieței muncii și cerințele sociale emergente. Astfel, ele contribuie la pregătirea elevilor și studenților pentru a deveni cetățeni activi și competenți într-o lume marcată de inovație și schimbare continuă (Dlouhy & Froidevaux, 2024; El-Deghaidy & Mansour, 2015; Kiazad ș.a., 2024; Noppeney ș.a., 2024).

Integrarea STEM în educație reprezintă un proces complex și dinamic, care implică eforturi și contribuții din partea mai multor organizații și actori din întreaga lume. Deși există numeroase organizații care au jucat și continuă să joace un rol semnificativ în acest domeniu, am remarcat mai sus că nu există o instituție universal recunoscută ca fiind „cea mai importantă”. Prin colaborare și schimb de bune practici, organizațiile contribuie la dezvoltarea unei educații STEM relevante și transformative pentru elevi și studenți, pregătindu-i pentru a fi lideri și inovatori în societatea de mâine.

Inovarea tehnologică generată de un număr tot mai mare de start-up-uri inovative din UE are potențialul de a stimula inovarea în întreaga economie și societate. Acest lucru va schimba peisajul comercial al UE și al piețelor conexe și va contribui la abordarea celor mai presante provocări sociale, inclusiv la atingerea obiectivelor de dezvoltare durabilă ale ONU[1].

Startup-urile deep-tech și inovațiile legate de transferul tehnologic trebuie să aibă acces la o sursă puternică de cunoștințe în domeniul STEM, precum și la o ofertă completă și complexă în ceea ce privește resursa umană, cu abilități, aptitudini și competențe antreprenoriale. Întreprinderile conexe aderă la cele mai înalte valori și principii rezultate din procesele inovative din cercetare și dezvoltare.

Europa găzduiește unele dintre cele mai bune instituții de învățământ superior și instituții de cercetare din lume, iar importanta lor contribuție la agenda UE pentru educație, cercetare, inovare și transfer tehnologic continuă să fie consolidată.

Este dificil să se facă o clasificare absolută a celor mai bune instituții, deoarece aceasta poate varia în funcție de criteriile de evaluare utilizate și de domeniile de cercetare considerate (Abo-Khalil, 2024; Hazelkorn, 2023; Kohvakka & Nevala, 2024). Cu toate acestea, instituțiile de învățământ superior și de cercetare din Europa, recunoscute la nivel mondial pentru excelența lor (precum cele prezentate mai jos), sunt adesea nucleul cercetării și inovației în domeniile STEM. Ele oferă programe academice de înaltă calitate și infrastructură avansată, susținând astfel dezvoltarea și progresul. Aceste instituții atrag cercetători și studenți din întreaga lume, consolidându-și astfel statutul lor global în acest domeniu.

[1] https://sdgs.un.org/goals

BUPT

- ✓ **University of Oxford,** din Regatul Unit, este recunoscută ca una dintre cele mai venerabile și prestigioase instituții de învățământ superior din lume, datorită excelenței sale în domeniile științei, umaniste și sociale;
- ✓ **University of Cambridge**, tot din Regatul Unit, este o altă instituție de învățământ superior de renume, distinsă pentru cercetarea de vârf și pentru tradiția academică solidă pe care o promovează;
- ✓ **ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) – Zürich**, (în limba engleză **Swiss Federal Institute of Technology)**, din Elveția, se evidențiază ca una dintre cele mai prestigioase universități tehnice la nivel mondial, datorită excelenței sale în domenii precum ingineria, științele naturale și tehnologia informației;
- ✓ **University College London**, din Regatul Unit, se numără printre cele mai mari și reputate instituții de învățământ superior din lume, recunoscută pentru cercetarea interdisciplinară și inovarea dintr-o varietate de domenii academice;
- ✓ **Ludwig Maximilian University of Munich**, din Germania, este una dintre cele mai vechi și prestigioase universități din Europa, remarcându-se prin excelența sa în domenii precum științele, medicina și studiile umaniste.

Este important de menționat că există multe alte instituții de învățământ superior și de cercetare din Europa care sunt recunoscute la nivel mondial pentru contribuțiile lor semnificative în domeniile lor de specialitate (QS, 2023).

Un clasament ca QS World University Rankings este foarte important în ceea ce privește educația STEM din mai multe motive. În primul rând, oferă o perspectivă globală asupra calității și performanței universităților în domeniile științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii, ajutând studenții să facă alegeri informate în privința instituțiilor la care doresc să studieze. În al doilea rând, clasamentele precum acestea stimulează competiția și încurajează universitățile să își îmbunătățească standardele academice și să aspire la excelență în cercetare și educație. De asemenea, ele pot influența deciziile de finanțare și investiții, atât în sectorul privat, cât și în cel public, contribuind la dezvoltarea infrastructurii educaționale și a resurselor pentru domeniile STEM. Un clasament ca QS World University Rankings este necesar pentru a promova excelența în educația STEM și pentru a ghida deciziile strategice în domeniul învățământului superior și al cercetării (Hazelkorn, 2023).

În era actuală a tehnologiei există o legătură strânsă între rankingul universităților și digitalizare. Clasamentele universitare, precum QS World University Rankings, nu sunt doar o modalitate de a evalua performanța instituțiilor de învățământ superior, ci și un instrument important în promovarea și încurajarea adoptării tehnologiilor digitale în educație și cercetare. Universitățile care ocupă poziții fruntașe în astfel de clasamente sunt adesea cele care investesc în infrastructura digitală, oferă cursuri și programe inovatoare online și promovează colaborarea digitală și cercetarea interdisciplinară. Astfel, digitalizarea devine un factor primordial în menținerea și consolidarea pozițiilor universităților în clasamentele internaționale, iar universitățile care se adaptează și adoptă cu succes tehnologiile digitale sunt în avantaj într-o lume din ce în ce mai interconectată și digitalizată.

Societatea umană a fost obligată să reevalueze digitalizarea și să redefinească *Era Digitală* din fostele percepții generale cunoscute ca și: *„Caracterizată prin tehnologia care crește viteza și amploarea cifrei de afaceri, a*

BUPT

cunoștințelor în cadrul economiei și societății" (Crawford și Butler-Henderson, 2021) sau mai simplu, ca termen folosit pentru a descrie ceea ce se întâmplă în prezent, era în care tehnologiile digitale sunt utilizate în aproape fiecare aspect al vieții (Eshet, 2012; Cattaneo ș.a., 2017).

În ultimii ani, societatea umană a promovat și susținut în mod constant procesul de digitalizare al comunicației și informației, ceea ce a generat o explozie de date. Pandemia de Covid-19 a impus adoptarea unor măsuri de distanțare socială și practicarea teleworking-ului, determinând astfel un număr semnificativ de indivizi să își desfășoare activitățile profesionale de la domiciliu. În domeniul educației, criza pandemică a impus adoptarea unui model hibrid de învățare, adaptat în funcție de regulile și restricțiile impuse la momentul respectiv. Conform analizei lui Lemke și Brenner (2015), această perioadă de digitalizare marchează tranziția de la faza a doua către începutul celei de-a treia etape a Erei Digitale. Această tranziție este accelerată, iar Internetul Obiectelor (IoT) recunoscut deja ca o tehnologie matură, este urmat de integrarea perfectă a lumii fizice și digitale prin intermediul tehnologiilor precum realitatea virtuală, realitatea augmentată, inteligența artificială etc., precum și prin inovațiile din domeniul tehnologiilor mobile, cum ar fi smartphone-urile (Haleem ș.a., 2022; Stoian ș.a., 2022; Zeeshan ș.a., 2022).

Omenirea se confruntă cu provocări diverse și foarte complexe de natură economică, socială și psihologică, inclusiv cu toate aceste tehnologii noi și emergente. Trecerea (evoluția) de la o economie industrială, axată pe producție, la o societate fundamentată pe cunoaștere, în care serviciile joacă un rol predominant, este atât rezultatul, cât și motorul schimbărilor din procesele de muncă, care sunt strâns legate de dinamica cerințelor de competențe (Haleem ș.a., 2022). Mai mult, dezvoltarea rapidă a erei digitale (legată de utilizarea extinsă a tehnologiilor emergente, globalizarea, schimbarea structurală a societății și extinderea necesității de a utiliza noile abilități digitale) a redefinit și a transformat educația, profesiile au fost metamorfozate prin stilul de învățare on-line sau mixt și s-au schimbat și procesele de lucru (OCDE, 2023).

Au apărut astfel cerințe ridicate (atât din punct de vedere cantitativ dar, în mod deosebit, din punct de vedere calitativ) de specialiști, mai ales pe zona de resursă umană bazată pe producție (ingineri, maiștri, tehnologi, etc.), de fapt un plus valoare adăugată în toată zona de STEM (Cech & Blair-Loy, 2019; Dlouhy & Froidevaux, 2024; Kiazad ș.a., 2024b; Lee & Riach, 2024; Noppeney ș.a., 2024).

Clarificarea conceptului de educație STEM a devenit o necesitate mai evidentă în ultimele decenii, odată cu creșterea recunoașterii importanței domeniilor STEM în societatea contemporană. Acest concept a început să fie din ce în ce mai discutat și promovat în sistemele de învățământ și în politicile educaționale din întreaga lume, pe măsură ce nevoile și cerințele pieței muncii au evoluat către un accent tot mai mare pe competențe și cunoștințe în domeniile STEM. La nivel internațional, atât cercetătorii ai universităților (spre exemplu, Falloon ș.a., 2020, Li ș.a., 2022), cât și instituții sau organizații guvernamentale, din Australia (Departamentul pentru Industrie, Științe și Resurse al Guvernului Australiei, Raport 2020), din Statele Unite ale Americii (National Science Foundation – NSF, Raport 2020, Planul Strategic Federal pentru Educația STEM, Raport 2020), Marea Britanie (STEM Learning Organisation – Impact și evaluare, 2021), oferă prin studiul lor, informații despre posibilitatea de înțelegere a valorii educației STEM în construirea și dezvoltarea capacităților și abilităților tinerilor pentru a fi competitivi și productivi pe piața muncii.

O atenție deosebită se acordă resurselor umane implicate în domenii STEM

BUPT

(OECD, 2021) și competențelor în domeniu (Biroul Internațional al Educației – UNESCO, 2019). Se argumentează faptul că, întreprinderile bazate pe inovare, duc lipsă de profesioniști calificați, astfel că este necesară o schimbare, care să conducă la eficientizare și prin promovarea educației STEM (European commission, 2024b). Există o creștere a conștientizării în ceea ce privește importanța abordării interdisciplinare în educație, care încurajează integrarea conceptelor și metodelor din diferite domenii STEM pentru a rezolva probleme complexe din lumea reală. De aceea clarificarea și promovarea conceptului de educație STEM a devenit o prioritate pentru a asigura o pregătire adecvată a tinerilor pentru provocările și oportunitățile viitorului.

În cadrul peisajului european, s-a ajuns la convingerea că, pentru a răspunde colectiv provocărilor cu care se confruntă participanții din domeniul educației STEM din țările UE și pentru a se asigura că elevii din întreaga Europă dobândesc competențele necesare, partenerii din proiectele finanțate vor colabora în dezvoltarea taberelor STEM și/sau STEAM (Știință, Tehnologie, Inginerie, Artă și Matematică) împreună cu profesori de sprijin. Acești profesori vor implementa această metodă inovatoare și eficientă pentru a aborda direct subperformanța în abilitățile de bază în matematică, știință și competențe de lectură și scriere, explorând aceste concepte prin interacțiune, intervenție și relații de calitate, având la bază interesele și abilitățile specifice ale elevilor într-o varietate de contexte (Hopfenbeck ș.a., 2018; Sjøberg & Jenkins, 2022; Teig ș.a., 2022; Zheng ș.a., 2024).

Parlamentul European subliniază necesitatea de a include oportunități de învățare și carieră în domeniul STEM care țin cont de gen în planurile și politicile naționale de dezvoltare pentru sectorul educației, tehnologia informației și comunicațiilor (TIC) și știință prin adoptarea Rezoluției Parlamentului European din 10 iunie 2021 privind promovarea egalității de gen în educația și cariera în STEM (Garbuz, 2023; Jergins, 2023).

Este necesar să evidențiem în această introducere boom-ul inteligenței artificiale (AI), un aspect cu adevărat semnificativ în transferul tehnologic și în inovarea din perspectiva educației STEM, deoarece oferă oportunități unice de îmbunătățire a proceselor de învățare și de dezvoltare a competențelor relevante pentru lumea tehnologică actuală și viitoare (Xuejiao, 2024).

Un aspect important în ceea ce privește evoluția și impactul AI este lansarea în anul 2015 de către OpenAI (o organizație de cercetare și dezvoltare în domeniul inteligenței artificiale, fondată cu scopul de a promova și dezvolta inteligența artificială într-o manieră deschisă și transparentă, astfel încât să beneficieze întreaga omenire) a produselor sale (de exemplu: GPT-3 în luna iunie a anului 2020). Lansarea unor tehnologii precum GPT-3 marchează puncte de cotitură în dezvoltarea AI și în aplicarea sa în diverse domenii, influențând modul în care oamenii interacționează cu tehnologia și schimbând paradigmele în educație, comunicare, cercetare și alte domenii. Acronimul GPT-3 se referă la "Generative Pre-trained Transformer 3" și este cea de-a treia versiune a unei serii de modele de limbaj dezvoltate de OpenAI. Este un model de învățare automată extrem de avansat, capabil să genereze texte de înaltă calitate într-o varietate de stiluri și domenii, fiind utilizat în diverse aplicații, precum completarea automată a textului, generarea de conținut și multe altele. Următoarele versiuni sunt îmbunătățiri sau extinderi ale acestui model, care aduc noi caracteristici, capacitate de învățare sau performanțe îmbunătățite. Acestea sunt ajustate pentru a gestiona anumite tipuri de sarcini sau pentru a rezolva anumite probleme cu eficiență și precizie. Totodată, au o arhitectură complexă și o capacitate mare de procesare pentru a gestiona

BUPT

volume mari de date și pentru a aborda cerințele din ce în ce mai complexe ale aplicațiilor de limbaj natural (Barkoczi ș.a., 2024; Cao ș.a., 2023).

Boom-ul inteligenței artificiale reprezintă o tendință semnificativă în evoluția tehnologică contemporană, caracterizată de o creștere rapidă și extensivă în adoptarea și dezvoltarea tehnologiilor AI într-o varietate de domenii. Acest fenomen este susținut de mai multe aspecte cheie:

În primul rând, tehnologiile AI sunt tot mai prezente și utilizate în diverse sectoare, inclusiv sănătatea, finanțele, comerțul, transportul și educația. De la sistemele de asistență medicală bazate pe AI până la automobilele autonome și asistenții virtuali, AI devine un element omniprezent în societate (Graziani ș.a., 2023).

În al doilea rând, investițiile masive în cercetare și dezvoltare în domeniul AI sunt semnificative. Companiile mari de tehnologie și startup-urile atrag finanțări substanțiale pentru a inova și a aduce noi produse și servicii AI pe piață (Ahmed ș.a., 2023; Zahlan ș.a., 2023).

În al treilea rând, boom-ul AI are un impact considerabil asupra pieței muncii, generând schimbări în cererea de forță de muncă și în cerințele de competențe. Unele locuri de muncă sunt automatizate sau reconfigurează modul în care sunt efectuate, în timp ce altele necesită noi competențe legate de utilizarea și dezvoltarea tehnologiilor AI (Chowdhury ș.a., 2023; Gafni ș.a., 2024; Rigotti & Fosch-Villaronga, 2024). Munca la distanță (remote) este unul dintre aspectele care necesită o atenție deosebită în ceea ce privește această reconfigurare a sistemului (*Virtual EDU*, n.d.).

În final, dar nu în ultimul rând, creșterea utilizării tehnologiilor AI ridică preocupări legate de etică și reglementare. Confidențialitatea datelor, bias-ul algoritmilor, responsabilitatea socială și impactul asupra drepturilor omului devin subiecte de dezbatere din ce în ce mai importante (Dieterle ș.a., 2022; du Boulay, 2022, 2023; Nguyen ș.a., 2023).

Aceste tendințe conturează un peisaj complex și dinamic al evoluției tehnologiei AI, cu implicații semnificative asupra societății și economiei. Înțelegerea acestor aspecte este esențială pentru a cunoaște contextul mai amplu în care se desfășoară dezvoltarea și impactul tehnologiilor AI în societate.

Toate aceste perspective internaționale oferă o imagine amplă asupra evoluției educației STEM și a inovațiilor tehnologice. Este esențial să privim, în continuare, și contextul național pentru a înțelege modul în care aceste tendințe se reflectă și se adaptează la nevoile și cerințele specifice ale societății noastre.

În cadrul contextului național, educația STEM poate juca, de asemenea, un rol fundamental în pregătirea viitoarei forțe de muncă, în promovarea inovației și competitivității economice și în abordarea provocărilor locale și regionale.

1.1.2. Contextul național

În contextul global al educației STEM, în care inovația și transferul tehnologic reprezintă pilonii fundamentali ai progresului, fiecare țară își adaptează și dezvoltă propriul sistem educațional pentru a răspunde provocărilor și oportunităților specifice.

În contextul global al educației STEM, în care inovarea și transferul tehnologic reprezintă pilonii fundamentali ai progresului, fiecare țară își adaptează

BUPT

și dezvoltă propriul sistem educațional pentru a răspunde provocărilor și oportunităților specifice.

Pentru a înțelege mai bine modul în care aceste concepte sunt integrate în sistemul educațional din România, este esențial să explorăm mai întâi definițiile și rolul inovării și al transferului tehnologic în contextul STEM. Astfel, putem observa modul în care aceste aspecte sunt implementate și valorificate în procesul de predare și învățare în școlile românești și să evaluăm impactul lor asupra pregătirii elevilor pentru cerințele societății actuale și viitoare.

În tabelul 1.1 de mai jos sunt prezentate informații despre aceste concepte.

Tabelul 1. 1 Inovarea și transferul tehnologic: Definiții și rolul lor în educația STEM

Nr.crt.	**Concept și explicații**	
1.	**Inovarea:**	
	Definiție:	Inovarea implică introducerea de noi idei, metode sau tehnologii pentru a îmbunătăți procesele existente sau pentru a crea ceva complet nou.
	Rol în educație:	Inovarea în educație se referă la dezvoltarea și aplicarea unor metode noi de predare și învățare. Aceasta poate include utilizarea tehnologiilor emergente, crearea de programe de studiu inovatoare sau adaptarea strategiilor de predare la nevoile elevilor.
2.	**Transferul tehnologic:**	
	Definiție:	Transferul tehnologic este procesul prin care cunoștințele, tehnologiile sau metodele dezvoltate într- un domeniu sunt aplicate în alt domeniu sau context.
	Rol în educație:	Transferul tehnologic în educație implică aducerea tehnologiilor și practicilor din industrie sau cercetare în sala de clasă. Acesta poate îmbunătăți procesele de învățare și poate pregăti elevii pentru cerințele pieței muncii.
3.	**Educația STEM:**	
	Definiție:	Educația STEM se concentrează pe dezvoltarea competențelor în știință, tehnologie, inginerie și matematică. Aceasta promovează abordări interdisciplinare și aplicate.
	Rol în inovare și transferul tehnologic:	Educația STEM oferă elevilor cunoștințe și abilități necesare pentru a înțelege și aplica tehnologiile emergente. Prin educația STEM, elevii pot deveni inovatori și contribuitori la transferul tehnologic.

- ✓ **Inovarea** și **transferul tehnologic** sunt două concepte esențiale în domeniul educației, în special în ceea ce privește **STEM.**
- ✓ **Educația STEM** joacă un rol fundamental în inovare și transferul tehnologic, pregătind viitoarele generații de profesioniști să abordeze provocările tehnologice ale societății actuale și viitoare.

BUPT

În România, ca și în alte țări, Legea educației este un element central în definirea cadrului legal și regulamentar al sistemului educațional, influențând calitatea și eficiența procesului de învățare și pregătind tinerii pentru provocările și oportunitățile societății moderne (*Legea Invatamantului in 2024*, 2024; Ministerul Educației, 2024).

Astfel, în timp ce contextul internațional oferă îndrumare și perspectivă asupra tendințelor și practicilor educaționale la nivel global, este esențial să analizăm și să înțelegem specificitățile și nevoile proprii ale sistemului educațional din România. Vom explora, în continuare, în acest sens, modul în care Legea educației și alte politici și inițiative relevante își găsesc locul în eforturile de a promova inovația și transferul tehnologic în educația STEM, contribuind astfel la eficientizarea și îmbunătățirea sistemului de învățământ din țară (Banabic, 2024; Popescu ș.a., 2024).

Această analiză își propune să ofere o perspectivă cuprinzătoare asupra modului în care România abordează educația STEM în contextul său național, evidențiind atât aspectele pozitive, cât și provocările cu care se confruntă în promovarea unei educații de calitate și relevante pentru tinerii săi.

În țara noastră Planul de Redresare și Reziliență al României (PNRR) include un total de 29,2 miliarde de euro sub formă de granturi și împrumuturi, din care peste 10% sprijină măsuri legate de educație și competențe.

Mecanismul de Recuperare și Reziliență stabilește o viziune pentru dezvoltarea educației și formării până în anul 2030 și va sprijini diverse reforme anunțate în proiectul ***„România Educată”*** (Administrația Prezidențială, 2021) care vor asigura o restructurare majoră a educației și formării sistemului educațional. Pachetul legislativ care garantează implementarea proiectului România Educată, adoptat în trimestrul trei al anului 2023, cuprinde mai multe domenii prioritare. Acestea includ digitalizarea, reziliența (respectiv: mecanisme precum adaptarea rapidă la situații de criză, îmbunătățirea calității serviciilor în zonele defavorizate, reziliența studenților etc.), carierele didactice, managementul și guvernarea educației, finanțarea educației, infrastructura educațională, curriculum și evaluare, promovarea educației incluzive, a alfabetizării funcționale și a educației ȘTI(A)M (știință, tehnologie, inginerie, arte și matematică, STEM-STE(A)M). De altfel, acesta este primul document oficial al țării noastre care se referă la integrarea STEM în educație.

Reformele și investițiile cuprinse în PNRR vizează toate nivelurile de învățământ, cu măsuri pentru îmbunătățirea educației timpurii, reducerea abandonului timpuriu, îmbunătățirea calității educației și formării și îmbunătățirea infrastructurii educaționale.

Planul sprijină dezvoltarea competențelor digitale pentru elevi și profesori, precum și reforma administrației și managementului în educație. Conform Monitorului educației și formării, 2021, care poate fi accesat pe pagina oficială a Comisiei Europene[2], în țara noastră este în vigoare structura sistemului de învățământ prezentată în Figura 1.2, prezentată de către Oficiul pentru Publicații al Uniunii Europene, cu participarea Eurydice, 2021.

Sunt reprezentați (pe niveluri) și indicatorii naționali privind educația, conform Clasificării Internaționale Standard a Educației (ISCED), astfel:

- ✓ ISCED nivel 0 – Educația timpurie
- ✓ ISCED nivel 1 – Învățământ primar

[2] https://op.europa.eu/webpub/eac/education-and-training-monitor-2021/ro/romania.html

BUPT

- ✓ ISCED nivel 2 – Învățământ gimnazial
- ✓ ISCED nivel 3 – Învățământ liceal
- ✓ ISCED nivel 4 – Învățământ postliceal
- ✓ ISCED nivel 5 – Învățământ superior de scurtă durată
- ✓ ISCED nivel 6 – Licență sau nivel echivalent
- ✓ ISCED nivel 7 – Master sau nivel echivalent
- ✓ ISCED nivel 8 – Doctorat sau nivel echivalent

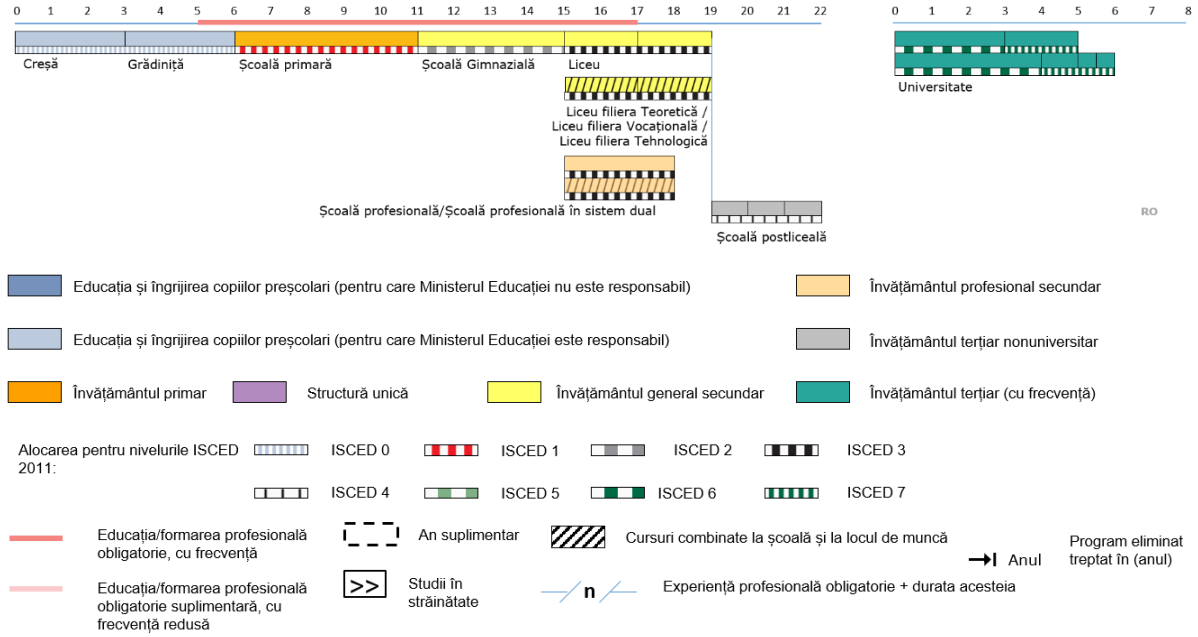


Figura 1. 2 Structura sistemului de învățământ din România. Diagrame schematice (Monitorul educației și formării, 2021 al Comisiei Europene)

Structura sistemului de învățământ din România este importantă pentru educația STEM din următoarele motive:

- ✓ Prezentarea detaliată a structurii sistemului de învățământ oferă o înțelegere mai profundă a modului în care educația STEM este integrată în cadrul sistemului educațional românesc. Acest lucru permite identificarea punctelor forte și a slăbiciunilor din sistem și oferă un cadru pentru dezvoltarea și implementarea programelor și politicilor educaționale.
- ✓ Cunoașterea structurii sistemului de învățământ ajută la identificarea oportunităților și a provocărilor specifice legate de implementarea educației STEM. Aceasta include evaluarea modului în care materiile STEM sunt integrate în programele de studiu, disponibilitatea resurselor și infrastructurii necesare pentru predarea și învățarea STEM, precum și gradul de pregătire a cadrelor didactice.
- ✓ O înțelegere profundă a structurii sistemului de învățământ permite elaborarea unor strategii și planuri de acțiune eficiente pentru promovarea și îmbunătățirea educației STEM în România. Aceste strategii pot viza diversificarea și îmbunătățirea programelor de studiu, creșterea accesului la resurse și formare pentru cadrele didactice, precum și promovarea parteneriatelor între instituții educaționale, industrie și alte organizații relevante.

BUPT

Structura actuală a sistemului de învățământ din România oferă o fundație solidă pentru dezvoltarea și implementarea politicilor și programelor educaționale eficiente în acest domeniu. În decursul ultimilor 30 de ani, sistemul educațional din România a cunoscut numeroase transformări și se confruntă și în prezent cu provocări majore. Această perioadă a fost caracterizată de tranziția de la sisteme de învățare rigide, centralizate și bazate pe memorare, către sisteme mai flexibile, orientate spre dezvoltarea abilităților și competențelor elevilor.

În contextul integrării europene, România a trebuit să adapteze sistemul educațional la cerințele și standardele Uniunii. A fost introdusă învățarea limbii engleze, iar programele educaționale au fost implementate pentru a pregăti elevii pentru piața globală a muncii. Cu toate acestea, sistemul educațional românesc se confruntă, în continuare, cu provocări semnificative. Finanțarea școlară este adesea insuficientă, iar salariile profesorilor rămân relativ mici, ceea ce afectează negativ calitatea educației. Infrastructura școlară este deseori învechită și inadecvată, iar resursele didactice sunt limitate. Disparitățile regionale și sociale în accesul la educație și calitatea acesteia rămân probleme nerezolvate. Îngrijorările privind atenția excesivă acordată examenelor și lipsa evaluărilor comprehensive ale elevilor sunt, de asemenea, aspecte importante care necesită atenție. În plus, alinierea curriculumului cu nevoile reale ale pieței muncii și dezvoltarea abilităților pentru secolul al XXI-lea reprezintă alte provocări majore.

În ultima decadă, educația STEM a devenit un subiect central în discuțiile despre transformarea sistemelor educaționale din întreaga lume, inclusiv în România. Într-un context marcat de schimbări socio-politice, economice și demografice semnificative, integrarea eficientă a educației STEM în sistemele de învățământ la toate nivelurile devine primordială pentru pregătirea unei forțe de muncă competente și pentru stimularea inovației și dezvoltării economice.

De aceeea, obiectivele ***„României Educate”*** sunt orientate pentru a **îmbunătăți calitatea sistemului educațional** și pentru a asigura o **educație de calitate pentru toți tinerii români** (*România Educată - Proiect al Președintelui României*, 2021). Aceste obiective reprezintă un angajament important pentru viitorul educației din România și pentru dezvoltarea tinerilor care vor contribui la societate. Conectând aceste obiective cu implementarea educației STEM integrate, putem observa cum abordarea STEM poate să contribuie la realizarea următoarelor scopuri:

1) ***Creșterea accesului la educație:*** Educația STEM poate fi implementată în toate școlile, indiferent de locație, oferind astfel oportunități egale de învățare pentru toți elevii.
2) ***Modernizarea infrastructurii școlare:*** Implementarea educației STEM necesită dotarea școlilor cu echipamente moderne și laboratoare bine echipate, ceea ce poate contribui la modernizarea infrastructurii educaționale.
3) ***Dezvoltarea competențelor digitale:*** Educația STEM implică utilizarea tehnologiei și a instrumentelor digitale în procesul de învățare, contribuind astfel la dezvoltarea competențelor digitale ale elevilor.
4) ***Formarea și dezvoltarea profesională a cadrelor didactice:*** Implementarea educației STEM implică pregătirea și sprijinirea cadrelor didactice în utilizarea metodelor și a abordărilor specifice STEM, contribuind astfel la dezvoltarea lor profesională.
5) ***Promovarea învățării pe tot parcursul vieții:*** Abordarea STEM încurajează gândirea critică, rezolvarea problemelor și învățarea

BUPT

continuă, pregătind elevii pentru un mediu în care învățarea pe tot parcursul vieții este esențială.

6) ***Echitate și incluziune:*** Educația STEM poate să ofere oportunități egale pentru toți elevii, indiferent de sex, origine etnică sau statut socio-economic, contribuind astfel la promovarea echității și incluziunii în sistemul educațional.
7) ***Colaborare între instituții și parteneri:*** Implementarea educației STEM necesită o colaborare strânsă între școli, universități, companii și alte organizații, contribuind la îmbunătățirea calității sistemului educațional prin schimbul de resurse, expertiză și bune practici.

Prin integrarea educației STEM în sistemul educațional, România poate să-și consolideze angajamentul pentru îmbunătățirea calității educației și pentru pregătirea tinerilor pentru cerințele unei societăți din ce în ce mai digitale și tehnologizate.

Deși cu pași mărunți, potrivit celor de mai sus, se poate sublinia că, în ultimii ani, România a manifestat un interes crescând pentru promovarea educației STEM, recunoscând importanța acesteia în dezvoltarea economică și socială a țării. Cu toate acestea, implementarea efectivă a educației STEM este influențată de diverși factori, inclusiv resurse financiare limitate, infrastructură educațională învechită și lipsa cadrelor didactice specializate în domeniu. Politicile educaționale din România sunt orientate către îmbunătățirea accesului la educația STEM și încurajarea participării elevilor în activități și proiecte STEM. Cu toate acestea, eforturile au fost adesea împiedicate de instabilitatea politică și de schimbările frecvente în conducerea ministerelor responsabile de educație.

În contextul național al României, preocupările și eforturile pentru îmbunătățirea sistemului educațional, inclusiv în ceea ce privește educația STEM, se înscriu într-o panoramă globală în care educația este recunoscută tot mai mult ca un pilon esențial al dezvoltării socio-economice și tehnologice (Karvounaraki & Stevenson, 2023). Într-o lume interconectată, în care schimbul de cunoștințe și inovație transcende granițele naționale, România se află într-o poziție favorabilă pentru a beneficia de tendințele și bunele practici internaționale în domeniul educației STEM.

Afirmația că România se găsește într-o poziție avantajoasă pentru a valorifica tendințele și bunele practici internaționale în domeniul educației STEM, este argumentată de aspectele specifice ale contextului național actual, care includ următoarele:

Resurse tehnologice și de cercetare: Țara dispune de resurse tehnologice și de cercetare importante, care pot fi folosite pentru a implementa tehnologii avansate în educația STEM și pentru a sprijini activitățile de cercetare și inovare în acest domeniu.

- ✓ **Parteneriate internaționale:** România are o rețea solidă de parteneriate internaționale în domeniul educației și cercetării, care facilitează schimbul de cunoștințe, experiențe și bune practici între instituțiile de învățământ și cercetare din țară și din străinătate.
- ✓ **Angajamentul pentru modernizare și inovare:** Guvernul român și alte organizații relevante manifestă un angajament pentru modernizarea și inovarea în domeniul educației STEM, promovând inițiative și programe care să sprijine îmbunătățirea calității și relevanței învățământului STEM.
- ✓ **Adaptabilitatea la schimbare:** România demonstrează o capacitate de adaptare la schimbările și evoluțiile din domeniul educației STEM, fiind

BUPT

deschisă să îmbrățișeze noile idei și practici care vin din afara țării și să le integreze în sistemul educațional național.

Prin capitalizarea acestor avantaje și prin angajamentul continuu pentru colaborare și schimb de experiență la nivel internațional, România poate să se poziționeze ca un actor important în promovarea educației STEM și în adaptarea sistemului educațional la cerințele și provocările care vor urma (Comisia Europeană/Reprezentanța în România, 2024).

La nivel global, educația STEM a devenit un punct central în strategiile de dezvoltare și competitivitate economică (AlDaajeh ș.a., 2022; Bouwer ș.a., 2023; M. Li, 2023; Muna ș.a., 2023; Pudryk ș.a., 2023; Shahat ș.a., 2024; H. Yu ș.a., 2023).

Numeroase țări au adoptat politici și programe menite să promoveze o mai bună integrare a disciplinelor STEM în curriculumul școlar și să încurajeze participarea elevilor în activități extracurriculare și proiecte STEM (Carayannis & Morawska-Jancelewicz, 2022; M. M. H. Cheng, 2022; Huang ș.a., 2022; Ibrahim ș.a., 2022; Ku ș.a., 2022; Kumano, 2022; Zhong ș.a., 2022). În același timp, evoluțiile tehnologice accelerate și schimbările din mediul economic au generat cerințe noi și diverse pentru forța de muncă, subliniind necesitatea unei educații STEM de calitate pentru toți elevii (Wells, 2024; World Economic Forum, 2023a; Yannier ș.a., 2020).

Tendințele internaționale în educația STEM subliniază importanța integrării tehnologiei și a abordărilor inovatoare în procesul de învățare, pregătind elevii pentru cerințele unei lumi digitale și tehnologizate (Darmawansah ș.a., 2023; KAVAK, 2023; Tytler, 2020). Astfel, colaborarea cu parteneri internaționali devine obligatorie pentru România în vederea schimbului de experiențe, metodologii și resurse educaționale pentru a îmbunătăți calitatea și relevanța educației STEM. Prin conectarea la tendințele internaționale, România poate să se alinieze la standardele și cerințele globale, să stimuleze inovația și să dezvolte capitalul uman necesar pentru a răspunde provocărilor și oportunităților într-o economie tot mai orientată spre cunoaștere și tehnologie (Draghici ș.a., 2015) .

Integrarea în contextul internațional și adoptarea tendințelor în educația STEM reprezintă o oportunitate esențială pentru România de a-și consolida sistemul educațional, de a-și spori competitivitatea și de a-și pregăti tinerii pentru succesul într-o lume în continuă schimbare și evoluție (*2024 Trends Report: Trends and Predictions That Are Defining STEM in 2024 - Beyond100K*, n.d.).

Explorarea și integrarea celor două perspective prezentate - internațională și națională - pot oferi o viziune mai cuprinzătoare și mai contextualizată asupra rolului și impactului educației STEM în societatea noastră, aspecte pe care le dezvoltăm în continuare.

1.1.3. Perspectivele educației STEM în context național și internațional

Interconectarea dintre contextul național și internațional joacă un rol foarte important în evoluția și implementarea educației STEM integrate, atât în România cât și în alte țări. În perioade de schimbare rapidă și incertitudine, este fundamental ca politicienii, decidenții și practicienii din domeniul educației să fie conștienți de influențele sociale, politice, economice și demografice care pot afecta eficacitatea politicilor și practicilor în domeniul STEM.

De asemenea, este imperativ să se adopte o abordare integrată și colaborativă la nivel național și internațional pentru a promova o educație STEM

BUPT

de calitate, accesibilă pentru toți elevii. Această abordare implică o colaborare strânsă între diferitele niveluri ale sistemului educațional, între instituții de învățământ, organizații guvernamentale și non-guvernamentale, precum și între actorii din industrie și cercetare. Prin această colaborare, se pot identifica mai bine nevoile elevilor, se pot adapta programele educaționale și se pot oferi resurse și suport adecvat pentru a depăși provocările și perturbările generate de evenimente precum pandemiile, conflictele armate și schimbările climatice dramatice. Mai mult, trebuie să luăm în considerare și evoluția rapidă a pieței muncii, în contextul tehnologiilor emergente, precum inteligența artificială. Considerăm că este esențială o abordare integrată și colaborativă nu doar pentru că ajută la soluționarea problemelor existente, dar și deoarece creează un cadru puternic pentru a anticipa și a răspunde eficient la provocările viitoare.

În lumina acestor interconexiuni între contextul național și tendințele internaționale, nu putem ignora impactul schimbărilor socio-politice, economice și climatice asupra educației STEM. Ultimii zece ani au fost martori ai unor evenimente de amploare considerabilă socio-politică și economică, inclusiv pandemii și conflicte armate (Azzouz, 2024), dar și la schimbări climatice dramatice, care au avut și continuă să aibă un impact semnificativ, generând perturbări în procesul de învățare, modificând necesitățile de competențe și evidențiind importanța adaptării sistemului educațional la provocările actuale și viitoare (Aktar ș.a., 2021; Belitski ș.a., 2022; Ben Hassen & El Bilali, 2022; Hu ș.a., 2023; Karmaker ș.a., 2023; Mudaly & Chirikure, 2023; Tsutsunashvili ș.a., 2024).

Pandemia de COVID-19 a provocat mari perturbări în procesul educațional, obligând instituțiile de învățământ de pretutindeni să se adapteze rapid la mediul online și să găsească soluții inovatoare pentru a asigura continuitatea învățării (Yu ș.a., 2022; Zhou ș.a., 2022). Această criză a evidențiat atât vulnerabilitățile existente în sistemele educaționale, cât și oportunitățile de inovare și transformare, inclusiv în domeniul educației STEM, dar la nivel global, nu a fost singura. Epidemia de Ebola, începută în 2018, din Republica Democrată Congo (RDC) a fost a doua cea mai mare din istorie și a afectat mai multe regiuni din RDC, provocând sute de decese (Kapiriri & Ross, 2020). Epidemia de virus Zika (2015-2016) a afectat în special America de Sud și America Centrală, provocând îngrijorări legate de complicațiile grave asociate cu infecția la femeile însărcinate și nou-născuți (Sayres & Hughes, 2020).

Acestea sunt doar câteva exemple de pandemii și epidemii majore care au avut un impact semnificativ în ultimul deceniu, care au fost subiect de îngrijorare globală în această perioadă. Educația STEM reprezintă un răspuns pozitiv și eficient la provocările și dificultățile cu care se confruntă în prezent sistemele de învățământ în contextul pandemiilor și al altor crize similar, deoarece:

- ✓ Poate fi livrată și accesată în mare parte online sau prin intermediul tehnologiei, oferind astfel un cadru flexibil care poate fi adaptat la nevoile individuale și la circumstanțele diferite ale elevilor. Acest lucru poate ajuta la eliminarea unor bariere de acces și la asigurarea continuității educației în situații de criză, precum și în comunități izolate sau defavorizate;
- ✓ Pune un accent puternic pe dezvoltarea abilităților practice, cum ar fi gândirea critică, rezolvarea problemelor, creativitatea și colaborarea. Aceste competențe nu numai că sunt esențiale pentru succesul în domeniile științei și tehnologiei, dar sunt și transferabile într-o varietate

BUPT

de domenii și situații de viață, inclusiv în gestionarea crizelor și adaptarea la schimbările neprevăzute;

- ✓ Încurajează elevii să abordeze probleme complexe și să găsească soluții inovatoare pentru acestea. În contextul pandemiilor și al altor crize, această abordare poate fi deosebit de valoroasă, contribuind la identificarea și implementarea de soluții eficiente pentru problemele de sănătate publică, infrastructură, tehnologie și altele;
- ✓ Prin abordarea STEM, elevii învață să fie adaptați la schimbări și să se adapteze rapid la noile condiții și provocări. Această capacitate de adaptare și reziliență este esențială în fața pandemiilor și a altor crize, ajutându-i pe elevi să facă față și să se adapteze la situații neprevăzute și incerte;
- ✓ Poate oferi un răspuns pozitiv și constructiv la provocările actuale ale sistemelor de învățământ în contextul pandemiilor și al altor crize similare, contribuind la accesibilitatea, flexibilitatea și relevanța educației.

De asemenea, conflictele armate și tensiunile geopolitice au repercusiuni asupra accesului la educație și investițiilor în infrastructura educațională, afectând în mod direct implementarea educației STEM în țările afectate (Tsutsunashvili ș.a., 2024).

Schimbările climatice dramatice din ultimii ani au exercitat un impact semnificativ asupra sistemului educațional în general și asupra educației STEM în special. Întrucât schimbările climatice aduc cu sine consecințe precum fenomene meteorologice extreme, degradarea mediului și pierderea biodiversității, curriculumurile educaționale trebuie să răspundă prin integrarea acestor aspecte în învățare (Karsgaard & Davidson, 2023; McGimpsey ș.a., 2023; Ojala, 2023).

Educația STEM este direct afectată de aceste schimbări, deoarece solicită o înțelegere profundă a fenomenelor științifice și tehnologice asociate cu schimbările climatice, precum și dezvoltarea soluțiilor inovatoare pentru a face față provocărilor actuale și viitoare. Mai mult decât atât, schimbările climatice pot influența și structura programelor educaționale STEM, impunând accentul pe aspectele legate de sustenabilitate, conservare și adaptare la mediu. Prin urmare, educația STEM trebuie să răspundă prompt și eficient la schimbările climatice, pregătind generațiile viitoare pentru a deveni cetățeni informați, responsabili și capabili să contribuie la soluționarea problemelor legate de mediul înconjurător.

Prin înțelegerea dinamicelor complexe dintre contextul național și internațional și influențele acestora asupra educației STEM, se poate construi fundația pentru un sistem educațional mai rezilient, care să răspundă nevoilor societății și să stimuleze inovația și progresul.

Am afirmat că evaluarea impactului și orientarea evoluției educației, inclusiv a educației STEM, necesită o înțelegere profundă a condițiilor sociale, economice și politice. În plus, considerăm că există alte aspecte și alți factori care pot influența semnificativ educația și integrarea STEM. Enumerăm mai jos câteva:

1) **Inovarea și transferul tehnologic:** Progresele tehnologice continue au un impact profund asupra modului în care este livrată și experimentată educația. Accesul la tehnologii avansate, cum ar fi realitatea virtuală, învățarea bazată pe jocuri sau platformele online de învățare, poate influența modul în care se predă și se învață STEM.
2) **Globalizarea și interconectivitatea:** Într-o lume tot mai interconectată, educația trebuie să pregătească elevii pentru a deveni cetățeni globali și pentru a naviga într-un mediu intercultural și

BUPT

globalizat. Integrarea STEM poate juca un rol important în dezvoltarea competențelor necesare pentru a aborda probleme globale complexe.

3) **Schimbările demografice:** Creșterea populației, migrația și noile paradigme urbane (de exemplu: „smart-city" – orașul inteligent), pot influența cerințele și nevoile educaționale. Educația STEM trebuie să fie adaptată pentru a răspunde diversității culturale, lingvistice, religioase și socio-economice a elevilor.
4) **Sustenabilitatea și protecția mediului:** În această eră în care preocupările legate de schimbările climatice și de protecția mediului sunt tot mai intense, educația STEM deține un rol vital în modelarea elevilor ca cetățeni responsabili și inovatori. Prin concentrarea pe sustenabilitate și conștientizarea impactului asupra mediului înconjurător, educația STEM îi pregătește pe tineri să devină agenți ai schimbării și să dezvolte soluții creative și viabile pentru provocările complexe legate de mediu.
5) **Evoluția pieței muncii:** Cerințele pieței muncii se schimbă rapid, iar educația STEM trebuie să răspundă acestor schimbări. Evoluția rapidă a pieței muncii aduce cu sine apariția unor noi domenii și meserii care nu au fost încă concepute. Educația STEM trebuie să fie pregătită să răspundă acestei provocări prin adaptarea constantă a curriculumului și promovarea spiritului antreprenorial și a competențelor de adaptabilitate. Prin aceasta, elevii vor fi pregătiți pentru un mediu profesional în schimbare rapidă și vor fi încurajați să identifice și să valorifice oportunitățile emergente de carieră.
6) **Inegalitățile sociale și economice:** Aceste aspecte pot influența accesul la educație de calitate și la o educație STEM echitabilă. Abordarea acestor inegalități și promovarea accesului egal la educație ar trebui să fie prioritare în eforturile de integrare a STEM în sistemul de învățământ.
7) **Cercetarea și inovația:** Progresul în domeniul cercetării și inovației este semnificativ pentru dezvoltarea educației STEM. Promovarea cercetării și a colaborării între mediul academic, sectorul privat și guverne este esențială pentru a asigura relevanța și actualizarea curriculumului STEM.

Luând în considerare toți acești factori în planificarea și implementarea educației STEM, se poate contribui la dezvoltarea unui sistem educațional care să răspundă nevoilor și provocărilor societății contemporane. Însă, pe lângă aceștia, este important să luăm în considerare și evoluția tehnologică accelerată, diversitatea culturală și socială a elevilor, precum și necesitatea de a promova competențele socio-emoționale și abilitățile de gândire critică și rezolvare de probleme. Prin abordarea holistică a acestor factori, se poate construi un cadru educațional care să ofere elevilor instrumentele și cunoștințele necesare pentru a deveni cetățeni activi, adaptați și angajați în societatea și economia acestui secol.

În contextul necesității de a construi o societate mai reziliență după perioade de conflict și criză, educația STEM devine un instrument esențial în abordarea acestei provocări. Abordarea STEM nu numai că oferă elevilor cunoștințe și abilități tehnice fundamentale, dar îi învață și să gândească critic, să rezolve probleme și să colaboreze - abilități esențiale pentru a face față și a depăși dificultățile cu care se confruntă comunitățile post-conflict.

În proiectul ***România Educată***, această perspectivă este centrală. Integrarea educației STEM în curriculumul școlar îmbogățește experiența educațională a elevilor și le oferă și instrumentele necesare pentru a deveni cetățeni activi și adaptați la schimbările și provocările societății. Prin concentrarea

BUPT

pe STEM, elevii învață nu doar concepte și teorii, ci și aplicarea lor practică în soluționarea problemelor reale cu care se confruntă comunitățile lor.

Pe lângă aspectele practice, educația STEM contribuie și la dezvoltarea gândirii critice și analitice, astfel încât elevii să poată evalua și să propună soluții eficiente pentru problemele complexe cu care se confruntă societatea post-conflict. În plus, educația STEM încurajează spiritul inovator și creativitatea, calități esențiale pentru construirea unei societăți progresiste și reziliente.

Prin urmare, promovarea și extinderea educației STEM în cadrul proiectului ***România Educată*** nu este doar o investiție în viitorul economic al țării, ci și o investiție în construirea unei societăți mai puternice, mai unite și mai pregătite să facă față provocărilor viitoare, inclusiv consecințelor conflictelor și crizelor.

În contextul internațional, despre educația pentru reziliență s-a vorbit tot mai mult în ultimii ani, pe măsură ce conștientizarea globală cu privire la impactul devastator al conflictelor și războaielor asupra sistemelor de educație a crescut. Într-adevăr, Smith (2010) a subliniat această creștere a conștientizării, evidențiind rolul substanțial pe care îl joacă educația în reconstrucția societăților după conflicte. În timp ce multe țări au recunoscut importanța educației în procesul de reconstrucție postbelică, s-a constatat că această reconstrucție necesită o abordare cuprinzătoare, care să ia în considerare nu doar aspectele educaționale, ci și cele legate de sănătatea fizică, psihologică și socială a indivizilor afectați (UNESCO, 2011). De asemenea, este evident că educația civică joacă un rol principal în contextul societăților care au trecut recent prin conflicte armate. Prin educația civică, elevii pot înțelege mai bine complexitățile și dificultățile cu care se confruntă societățile postbelice și pot contribui activ la procesul de reconstrucție și reconciliere.

Suhonen ș.a. (2023) au sugerat că educația tehnică și profesională pot avea un impact semnificativ în pregătirea cetățenilor pentru a face față problemelor globale controversate și pentru a contribui la soluționarea conflictelor. Prin abordarea practică și aplicată a educației tehnice și profesionale, indivizii pot dezvolta abilități și competențe esențiale pentru a face față provocărilor dintr-un context de conflict (Suhonen ș.a., 2023).

Mai mult decât atât, Shah ș.a. (2020) au subliniat importanța concentrării pe reziliență în educația în situații de urgență și în procesul de construire a păcii în comunitățile afectate de conflicte. Abordarea educațională care pune accentul pe reziliență poate ajuta indivizii să-și depășească traumele și să se adapteze mai bine la schimbările și provocările cu care se confruntă (Shah ș.a., 2020).

Educația pentru reziliență reprezintă nu doar o necesitate în societățile afectate de conflicte și războaie, ci și unul din elementele importante în procesul de reconstrucție și reconciliere. Integrarea acestei perspective în sistemul educațional poate contribui semnificativ la dezvoltarea unei societăți mai puternice, mai unite și mai pregătite să facă față provocărilor viitoare (Mahgoub ș.a., 2024; Salha ș.a., 2024; Shah ș.a., 2020; Suhonen ș.a., 2023).

În lumina proximității geografice a României față de conflictul dintre Ucraina și Rusia, și având în vedere statutul său de membru al NATO, este deosebit de importantă acordarea unei atenții speciale pregătirii tinerilor pentru a face față și a gestiona situațiile de conflict și criză într-un mod eficient și rezilient. Educația STEM poate juca un rol esențial în acest sens.

Prin integrarea educației STEM în curriculumul școlar, România poate asigura că tinerii săi dobândesc nu doar cunoștințe teoretice, ci și abilități practice care să îi pregătească pentru provocările contemporane. De exemplu, învățând despre tehnologii avansate, cum ar fi tehnologiile de comunicație și de informație, elevii

BUPT

pot înțelege mai bine natura și impactul conflictelor armate și pot contribui la dezvoltarea soluțiilor tehnologice care să sprijine eforturile de securitate și pace.

De asemenea, educația STEM încurajează gândirea critică, rezolvarea de probleme și colaborarea, abilități esențiale pentru a identifica și a implementa soluții eficiente în situații de criză. Prin implicarea activă a elevilor în proiecte și activități STEM relevante pentru contextul actual, ei pot dezvolta capacitatea de a analiza și de a răspunde la provocările și amenințările din mediul lor înconjurător.

Integrarea educației STEM în acest context poate contribui la formarea unei generații de tineri mai bine pregătiți să gestioneze și să contracareze amenințările și provocările din mediul lor de trai, consolidând în același timp angajamentul României față de valorile și obiectivele alianței NATO. Prin investiția în educația STEM, România poate consolida nu doar securitatea sa națională, ci și contribuția sa la stabilitatea și pacea regională și globală.

În domeniul educației STEM, accentul se pune pe inovație și inovare, ca elemente principale pentru progresul și dezvoltarea continuă. Inovarea reprezintă procesul prin care sunt introduse idei, concepte, tehnologii sau practici noi în sfera educațională, având drept scop eficientizarea și îmbunătățirea procesului de învățare și predare. Acest proces poate implica crearea de noi metode de predare și învățare, dezvoltarea de materiale didactice inovatoare sau implementarea tehnologiilor avansate în procesul educațional. Pe de altă parte, inovația reprezintă rezultatul acestui proces, constând în implementarea efectivă a ideilor noi sau a practicilor îmbunătățite în mediul educațional. Inovația poate fi materializată în programe educaționale inovatoare, tehnologii educaționale avansate sau abordări pedagogice revoluționare. Prin promovarea inovării și a inovației în educația STEM, se urmărește nu doar îmbunătățirea procesului de învățare și predare, ci și pregătirea studenților pentru a deveni cetățeni activi, adaptați și inovatori într-o lume în continuă schimbare și evoluție.

În lumina contextului național și internațional al educației STEM, poate că este important să ne oprim și să reflectăm și asupra evoluției personale a autoarei, evoluție care a avut un rol substanțial și a condus la alegerea temei de cercetare pentru această lucrare, iar pentru fluidizarea textului cercetării, aceste aspecte pot fi parcurse în Anexa 1.

1.2. Obiectivele cercetării și modul de atingere a acestora. Structura tezei de doctorat

Lucrarea de față, prin cercetările științifice interdisciplinare realizate și rezultatele obținute, se aliniază tendințelor actuale privind interdisciplinaritatea, încadrându-se în spațiul complex și dinamic al ingineriei și managementului.

Generarea rezultatelor de cercetare propuse este prezentată printr-un model vizual, inspirat de conceptul „cutiei negre” (Nichici, 2010), adaptat contextului educației STEM. Figura 1.3 ilustrează cum resursele de cunoaștere, materiale, umane și financiare contribuie la inovarea și transferul tehnologic, în vederea eficientizării educației în STEM. Feedback-ul joacă un rol central în iterarea și perfecționarea obiectivelor, activităților și rezultatelor cercetării și susține activitatea publicistică și de diseminare.

BUPT

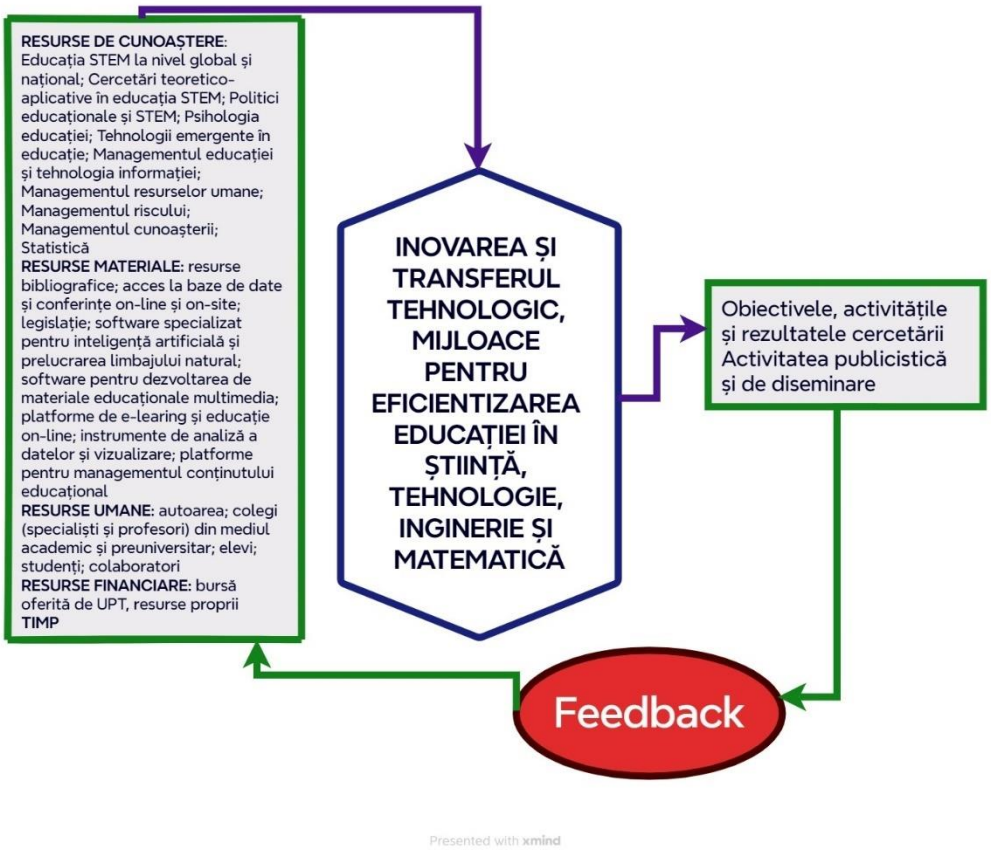


Figura 1. 3 Modelul vizual de tip „cutie neagră”, adaptat contextului educației STEM

Tema de cercetare doctorală este ilustrată în Figura 1.4 și are ca obiectiv central integrarea și implementarea educației STEM prin inovare și transfer tehnologic. În cadrul acestei cercetări, educația STEM este abordată ca o „meta-disciplină”, urmărindu-se identificarea, caracterizarea și fundamentarea metodologică, experimentală și aplicativă a unor strategii pentru eficientizarea educației. Aceste strategii sunt centrate pe procesul de inovare, identificarea surselor de inovare și facilitarea transferului tehnologic în context educațional.

Figura 1.4 prezintă schematic tema de cercetare, detaliind principalele componente și direcții de studiu.

BUPT

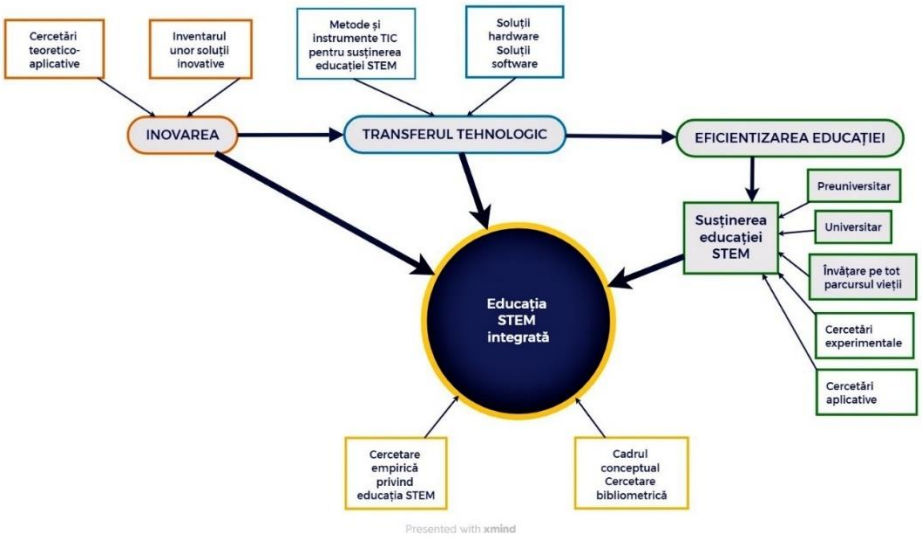


Figura 1. 4 Schematizarea temei de cercetare

Teza de doctorat totalizează 338 pagini (inclusiv 12 anexe care oferă detalii semnificative privind cercetărilor realizate, exemple de aplicare a relațiilor de calcul propuse și documente justificative), structurată într-un capitol introductiv, 4 capitole dedicate analizei și dezvoltării problematicii de cercetare, și 2 capitole finale: unul dedicat concluziilor cercetărilor privind educația STEM în România, cu referire la strategii, reușite și provocări, iar cel de al doilea dedicat contribuții personale și direcții viitoare de cercetare. Lucrarea cuprinde 81 de figuri (din care 63 incluse în capitolele tezei, iar 18 în Anexe) și 50 de tabele (din care 29 sunt incluse în capitolele tezei), precum și o listă cu 532 de titluri bibliografice consultate și citate (figura 1.5 arată structura generică a tezei de doctorat).

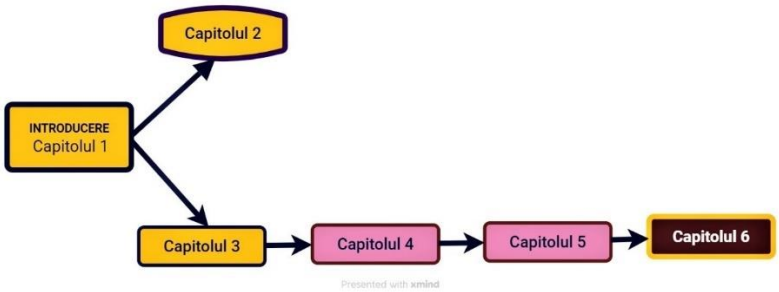


Figura 1. 5 Logica demersului de cercetare

Figura 1.6 evidențiază interacțiunile esențiale dintre componentele sistemului educațional și mediul extern și subliniază modul în care acesta se auto-definește în raport cu obiectivele sale principale. Diagrama ilustrează corelația dintre resursele disponibile și acțiunile de transfer tehnologic, mai ales în contextul transformării digitale accelerate. Aceste interacțiuni contribuie la direcționarea resurselor spre domeniile științifice inovative, asigurând utilizarea lor optimă și maximizarea eficienței, în concordanță cu nevoile pieței muncii și cerințele economice globale. Astfel, sistemul educațional devine un vector

BUPT

important în formarea unei forțe de muncă calificate și adaptabile la dinamica economică actuală.

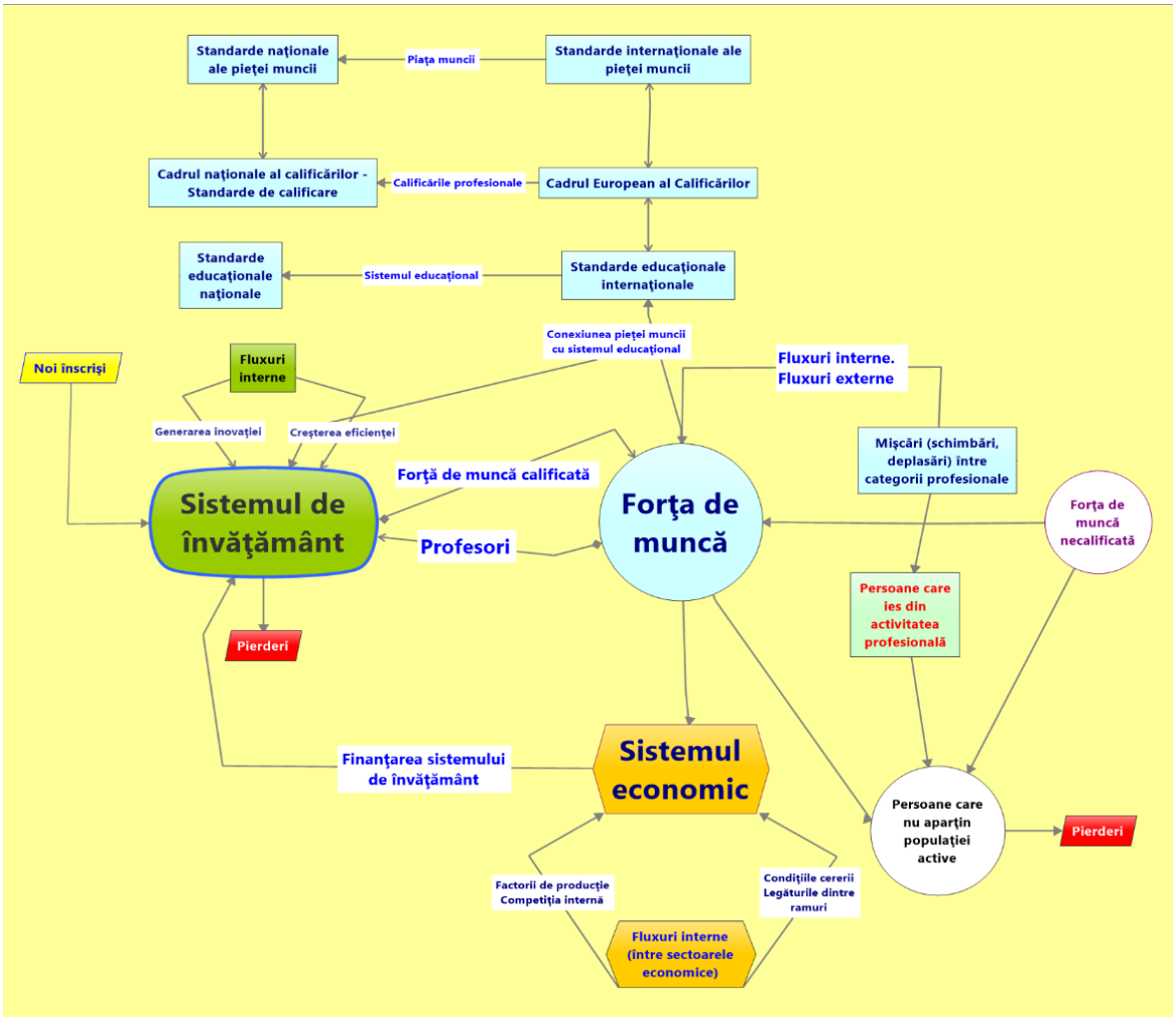


Figura 1. 6 Interacțiunea sistemului educațional cu piața muncii și economia în contextul transformării digitale

Educația integrată STEM a fost identificată ca o platformă de dezvoltare a competențelor profesionale, dar și a celor personale (soft skills), care includ cercetarea, rezolvarea problemelor, gândirea critică și creativă, antreprenoriatul, colaborarea, munca în echipă și comunicarea.

Mai mult Falloon ș.a. (2020) argumentează potențialul educației STEM de a implica comunitatea și întreprinderile (prin parteneriate public-private), astfel încât relația elev-profesor-maistru (sau altă resursă umană din procesul de formare profesională) să conducă la sprijinirea proiectelor și proceselor de afaceri sau din industrie. Premisele cercetării doctorale sunt relevate de faptul că, în timp ce interdisciplinaritatea este considerată ca atribut dominant al educației STEM din prezent, există puncte de vedere diferite cu privire la modul în care disciplinele STEM ar trebui poziționate și prioritizate în cadrul programelor aferente domeniilor STEM (Padua, 2017; Bybee, 2010; Falloon ș.a., 2020). Astfel, domeniul de cercetare abordat își propune să analizeze importanța dezvoltării unui sistem educațional inovator, la toate nivelurile de învățământ, a capacității lui de perfecționare, a direcției sale de dezvoltare și presupune definirea și măsurarea eficientizării educaționale, din perspectiva educației integrate STEM.

BUPT

Un proverb spune că *„Este nevoie de un sat pentru a crește un copil”,* (Farlex Dictionary of Idioms, 2015), o idee care a inspirat în România comunități dedicate integrării educaționale prin STEM. Aceste comunități, adesea sprijinite de fundații, își concentrează eforturile prin proiecte menite să sublinieze importanța educației ca responsabilitate colectivă.

De exemplu, inițiative precum Comunitatea Republica, având ca membru fondator pe Cristian Tudor Popescu (2019), sau Academia de Leadership și Pedagogie prin Teach for Romania și Community Immersion (2020), sunt reprezentative în acest sens.

Această responsabilitate colectivă devine și mai evidentă în contextul integrării educației STEM, având în vedere specificul generației Z – nativi digitali care s-au născut și au crescut în era tehnologiei. Într-o epocă marcată de transformări accelerate, adaptabilitatea constantă este esențială pentru a supraviețui și a prospera. Nativii digitali sunt astfel pregătiți pentru viitorul muncii, unde competențele digitale sunt esențiale pentru peste 93% din joburile actuale (European Political Strategy Center, 2019).

Influența tehnologiei este profundă și are un impact esențial pe piața muncii. Așa cum afirmă Frey și Osborne, *„Pe măsură ce tehnologia avansează, impactul său asupra pieței muncii este vast și inevitabil”* (Frey & Osborne, 2017). Această observație subliniază relevanța durabilă a progresului tehnologic în modelarea și definirea viitorului muncii în diverse industrii, în special în acele domenii unde automatizarea și instrumentele digitale sunt indispensabile. Astfel de perspective accentuează importanța adaptării continue a competențelor și abilităților pentru a rămâne competitivi într-un peisaj tehnologic în continuă schimbare.

Din figura 1.7. se desprind următoarele idei privind transformările și tendințele actuale din educație:

Se subliniază transformările semnificative în educație, care reflectă trecerea de la abordări tradiționale, centrate pe standardizare și expertiză limitată, către metode moderne, individualizate și integrate în era digitală. În timp ce trecutul a fost marcat de o educație riguroasă, orientată spre conformism și disciplină, viitorul propune un sistem educațional flexibil, centrat pe competențe complexe, gândire critică și învățare continuă pe tot parcursul vieții. De asemenea, este foarte important rolul tot mai pronunțat al mașinilor și al inteligenței artificiale, care completează și transformă procesul educațional. Această tranziție evidențiază necesitatea unei reforme educaționale care să pregătească atât educatorii, cât și elevii pentru provocările și oportunitățile aduse de era industrială și de schimbările rapide ale pieței muncii. În esență, educația viitorului trebuie să fie adaptabilă, colaborativă și orientată către dezvoltarea de competențe esențiale pentru succesul în viața profesională și personală[3].

Inovarea deschisă și colaborativă, realizată prin parteneriate public-private și fundamentată pe experiențele anterioare (inclusiv soluții hardware și software validate în contexte educaționale diverse), reprezintă un domeniu esențial pentru optimizarea procesului educațional în STEM. Astfel, prin intermediul cercetărilor teoretice și aplicative, se urmărește dezvoltarea unui scenariu de succes pentru educația STEM integrată în România.

[3] European Commission: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, (2019). *Key competences for lifelong learning*, Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2766/569540

BUPT

TRECUT	**Peste 50% din copii din Europa nu au acces la o educație timpurie**	**1**	**Educație timpurie, cu cât mai devreme, cu atât mai bine**	VIITOR
	Mai puțin de 11% din europenii între 25 și 64 de ani sunt angrenați într-o formă de training	2	Cheia reușitei în cariera profesională este învățarea pe tot parcursul vieții	
	Proces de alfabetizare pentru competențe matematice, de scriere și citire	3	Noi forme de alfabetizare, inclusiv competențe STEM (digitale)	
	Cei care pot învața sunt numai oamenii	4	În noua era industrială (Industry 5.0) mașinile învață mai rapid ca niciodată	
	Metode de învățare bazate pe standardizare	5	Metode de învățare individualizate	
	Educație centrată pe arii curriculare și discipline de expertiză	6	Educație bazată pe proiecte, e-Learning și centrată pe competențe complexe	
	Educație bazată pe cunoștințele unui număr restrâns de furnizori (spre exemplu: statul, biserica)	7	Educație bazată pe diversificarea furnizorilor și pe formarea de parteneriate, pentru toate părțile interesate (stakeholder group)	
	Educația - garanția pentru angajare	8	Tranziția dificilă de la școală la viață activă	
	Educația este axată pe ascultare și supunere, obedienț și conformism	9	Gândirea critică - competență complexă a viitorului	
	Instituțiile de învățământ superior din Europa, pe primele locuri din lume	10	Concurență și competiție globală acerbă între universitățile din întreaga lume	

Figura 1. 7 Tendințe care transformă educația

Obiectivul tezei de doctorat este realizarea de cercetări bibliografice, teoretice și aplicative (în diferite contexte educaționale de la nivel preuniversitar, universitar sau învățare pe tot parcursul vieții) pentru eficientizarea educației STEM, ca urmare a concepției și implementării unor soluții inovative și/sau prin transfer tehnologic, pentru susținerea transformării digitale accelerate.

Obiective operaționale urmărite pe parcursul tezei sunt:

OP1. Cercetarea și construirea unei sinteze bibliografice pe tema eficientizării, inovării și a transferului tehnologic, ca mijloace și soluții pentru integrarea educației STEM în învățământul de toate gradele, care să constituie un fundament nu doar pentru actuala teză de doctorat, ci și pentru cercetările ulterioare în domeniu;

OP2. Fundamentarea teoretică privind demersul de eficientizare al educației STEM în învățământ;

OP3. Propunerea unui demers teoretico-aplicativ (a unei scheme, a unui scenariu și/sau a unei rețete de succes) sau a unei soluții inovative, pentru eficientizarea educației STEM;

OP4. Modelarea concepției - implementării unor soluții inovative și/sau prin transfer tehnologic, pentru facilitarea transformării digitale accelerate;

OP5. Testarea, validarea și transpunerea în formă operațională a metodologiei de cercetare, a soluțiilor propuse;

OP6. Realizarea unei analize comparative între inițiativele STEM la nivel global și național pentru a identifica modele de succes și a propune strategii adaptate contextului românesc;

BUPT

OP7. Investigarea impactului tehnologiilor emergente, inclusiv a inteligenței artificiale, asupra eficienței și accesibilității educației STEM și propunerea unor modele de integrare a acestora în curriculum;

OP8. Adaptarea și testarea unor modele educaționale, cum ar fi modelul Nadler-Tushman, în contextul educației STEM, pentru a evalua eficiența acestora în sprijinirea transformării digitale;

OP9. Extinderea cercetării aplicative privind eficientizarea educației STEM la nivel național, pentru a obține o imagine mai detaliată și reprezentativă asupra implementării acesteia în diverse contexte educaționale.

Atingerea obiectivului general și a obiectivelor operaționale a fost realizată sistematic și gradual, demonstrat prin cercetările științifice descrise în fiecare capitol al tezei de doctorat.

Capitolul 1, INTRODUCERE. PERSPECTIVE COMPARATIVE ASUPRA INIȚIATIVELOR STEM LA NIVEL GLOBAL ȘI INTERNAȚIONAL descrie cadrul apariției și dezvoltării temei de cercetare, precum și motivarea și importanța acesteia. Este identificat domeniul de cercetare și enunțate obiectivul principal și obiectivele operaționale asociate demersului de cercetare adoptat. Totodată, este realizată panoramarea conținutului fiecărui capitol, în dorința de a demonstra modul în care a fost atins obiectivul tezei de doctorat.

În **Capitolul 2, CERCETARE BIBLIOGRAFICĂ PRIVIND EDUCAȚIA STEM** se prezintă o sinteză a cercetărilor asupra referențialului bibliografic actual.

Totodată, au fost realizate clarificări aferente conceptelor de educație, sistem de învățământ, eficientizare, inovare, transfer tehnologic, educație STEM și au fost identificate tendințe și/sau abordări ale managementului acestora.

În următoarele capitole ale tezei de doctorat s-a realizat testarea și validarea metodologiei propuse, pe *secvențe* ale acesteia.

Capitolul 3, cu titlul **CERCETĂRI TEORETICO-APLICATIVE ASUPRA SUSȚINERII EDUCAȚIEI STEM PRIN MIJLOACE ALE TEHNOLOGIEI INFORMAȚIEI ȘI COMUNICĂRII,** explorează modul în care tehnologia informației și comunicațiilor poate susține educația STEM și analizează impactul transformărilor tehnologice, precum și rolul digitalizării în evoluția educației și integrarea acesteia în procesele educaționale.

În **Capitolul 4, CERCETĂRI TEORETICO-APLICATIVE PRIVIND CARACTERIZAREA ȘI ÎMBUNĂTĂȚIREA UNOR ASPECTE CHEIE ALE EDUCAȚIEI STEM**, se abordează metode și strategii de îmbunătățire a educației STEM, cu accent pe transferul tehnologic și integrarea platformelor digitale. Sunt analizate tendințele globale, inclusiv în țări competitive, precum și perspectivele din diverse regiuni ale lumii. Acest capitol este dedicat cercetării aplicative și analizei aprofundate a metodelor de îmbunătățire a educației STEM și evidențiază elementele esențiale pentru integrarea tehnologiilor emergente în sistemul educațional. Se explorează metode și instrumente de transfer tehnologic, care au un rol cheie în dezvoltarea competențelor necesare într-o societate digitalizată. Secțiunea cu privire la identificarea metodelor și instrumentelor de transfer tehnologic în educația STEM, oferă o analiză detaliată a modului în care tehnologiile emergente, precum inteligența artificială, realitatea augmentată și platformele educaționale integrate, pot sprijini educația STEM și facilitează conectarea teoriei cu practica. Sunt examinate diverse platforme educaționale și strategii pentru integrarea cu succes a educației STEM în învățământul preuniversitar și universitar. În ceea ce privește aspectul de interconectare a platformelor și educația STEM, acesta subliniază importanța interconectării platformelor tehnologice, necesară

BUPT

pentru facilitarea unui transfer tehnologic eficient între instituțiile de învățământ și mediul de afaceri. Analiza comparativă a diverselor platforme folosite în țări competitive (precum cele din Asia, regiunea MENA, și țările extrem de competitive) contribuie la înțelegerea factorilor de succes în integrarea STEM în diverse contexte culturale și educaționale.

Tot în acest capitol este prezentat contextul cercetării aplicative desfășurate în România, cu accent pe adaptarea metodologiei la realitățile locale. Cercetarea a inclus colectarea datelor prin intermediul chestionarelor bazate pe modelul PISA și analiza nevoilor de dezvoltare a competențelor esențiale pentru munca la distanță în contextul educației STEM. În această secțiune se prezintă structura și dinamica competențelor necesare în educația preuniversitară din România și modul în care acestea sunt influențate de noile tehnologii.

De asemenea, în acest capitol se realizează o analiză integrată a competențelor dobândite în educația STEM și munca la distanță, pornind de la datele colectate prin chestionare. Analiza cantitativă și calitativă evidențiază importanța competențelor esențiale pentru adaptarea la noile realități digitale și soluțiile de dezvoltare profesională în contextul educației la distanță, cu comparații între mediile universitar și preuniversitar.

Capitolul se încheie cu concluzii importante privind eficientizarea educației STEM în România și identificarea direcțiilor viitoare de cercetare, inclusiv în privința adaptării educației la munca la distanță și digitalizare și sunt discutate și implicațiile pentru implementarea strategiilor STEM și îmbunătățirea competențelor educaționale în viitor.

Capitolul 5. CONSIDERAȚII ȘI PERSPECTIVE PRIVIND EDUCAȚIA STEM ÎN ROMÂNIA. STRATEGII, REUȘITE ȘI PROVOCĂRI

Acest capitol discută originalitatea și impactul educației STEM în România, realizând o evaluare comparativă cu alte sisteme educaționale internaționale. De asemenea, sunt prezentate provocările și reușitele în implementarea strategiilor educaționale în acest domeniu.

Capitolul 6. CONTRIBUȚII PERSONALE. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE. CONCLUZII

Capitolul prezintă contribuțiile personale în domeniul educației STEM, inclusiv propuneri inovative de eficientizare educațională și adaptări ale conceptului STEM pentru educația la distanță. Sunt discutate direcțiile viitoare de cercetare și concluziile privind rolul educației STEM în contextul provocărilor globale.

Cercetările efectuate în cadrul programului doctoral au fost valorificate prin publicarea unui număr de 18 lucrări științifice, din care: 4 articole indexate în baza de date Web of Science (WoS), iar celelalte articole fiind indexate în alte baze de date.

Timișoara, Aprilie 2025 ing. Nicoleta MIREA

BUPT

2. CERCETARE BIBLIOGRAFICĂ PRIVIND EDUCAȚIA STEM

În ultimii ani, literatura de specialitate și practica educațională au furnizat suficiente argumente privind valoarea educației STEM pentru „construirea” de cunoștințe relativ la științe (discipline de studiu) și pentru dezvoltarea de capacități, competențe și aptitudini, aliniate nevoilor tinerilor. Ideea de bază a acestor argumente este legată de modul în care tinerii își vor exercita profesiile în mod productiv și etic, într-un mediu viitor de muncă care este puternic dependent de tehnologie, dinamic, complex și plin de provocări sociale și politice. Această combinație de argumente a constituit baza definirii curentului de „alfabetizare STEM” și este proiectată ca un rezultat dorit în urma parcurgerii unor programe de educație STEM.

Cu toate acestea, cunoștințele sunt limitate în ceea ce privește modul în care acest lucru poate fi dezvoltat în unitățile de învățământ primar și secundar. Se introduce un cadru care conceptualizează natura integrată a caracteristicilor educației STEM și oferă orientări practice pentru planificarea și punerea în aplicare a educației STEM în școli.

Se vor prezenta rezultate ale cercetărilor asupra referențialului bibliografic actual, relativ la cadrul conceptual al tezei de doctorat definit de educația STEM. În figura 2.1. este prezentată harta conceptuală a acestui capitol.

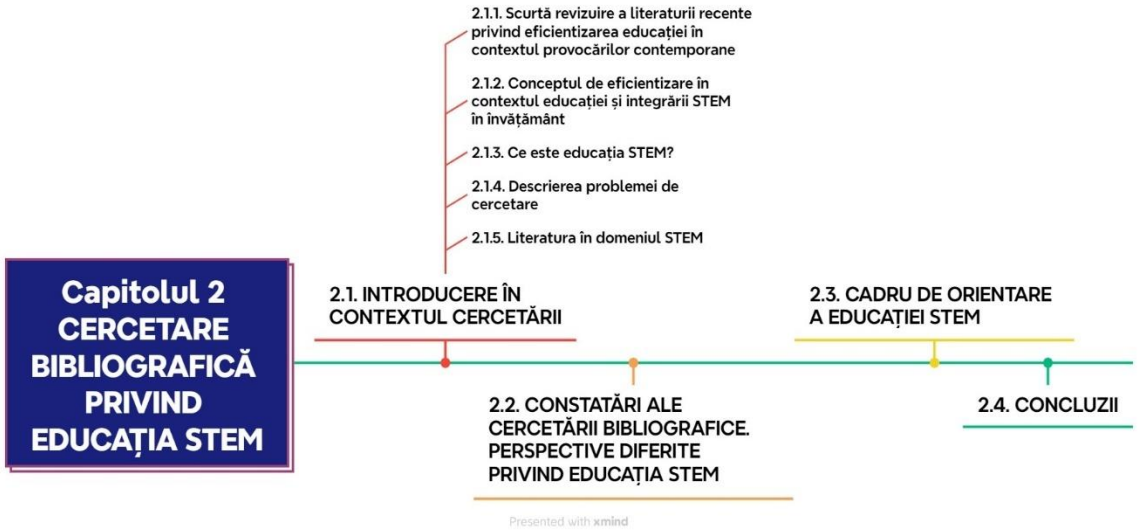


Figura 2.1 Harta conceptuală a capitolului 2

Cercetările prezentate sunt convergente pe atingerea obiectivului operațional:

OP.1 Cercetarea și construirea unei sinteze bibliografice pe tema eficientizării, inovării și a transferului tehnologic. Mijloace și soluții pentru integrarea educației STEM în învățământul de toate gradele, care să constituie un fundament nu doar pentru actuala teză de doctorat, ci și pentru cercetările ulterioare în domeniu.

BUPT

2.1. Introducere în contextul cercetării

Cererile de îmbunătățire a capacității STEM prin eficientizarea educației în STEM sunt o temă comună în discursul educațional, economic și politic (de exemplu, Caprile ș.a., 2015; Marginson ș.a., 2013). Aceste solicitări provin frecvent din partea angajatorilor preocupați de lipsa unor profesioniști calificați la locul de muncă - pentru a ocupa pozițiile actuale și emergente, în special în întreprinderile bazate pe inovare. Unii arată cu degetul spre educație, susținând că *„lipsa capacității de inserție profesională este atribuită curriculum-ului învechit și lipsei de inovare (în școli)"* (Moore ș.a., 2014, p.3). Alți autori citează probleme cu dezinteresul multor studenți față de știință și tehnologie, comentând că predarea precară și lipsa de relevanță au generat atitudini negative care sunt greu de dislocat (Bissaker, 2014; Newhouse, 2017; Roberts, 2012).

În prezent, în România, eficientizarea educației, reclamă, ca modalitate majoră, reproiectarea acesteia. Acest demers strategic este nu numai necesar, ci și oportun, imprimarea unor caracteristici de disciplină, inovare, digitizare, digitalizare, transfer tehnologic și integrarea lor într-un concept STEM, fiind o consecință firească a refacerii radicale a proceselor de învățământ.

Câteva din întrebările la care se caută, se cer răspunsurile corecte și conduc la obiectivele cercetării sunt:

- *De ce este importantă eficientizarea unor procese educaționale prin integrarea în sistem a educației STEM, cu sprijinul inovării și al transferului tehnologic?*
- *Ce este eficientizarea și cum se interpretează?*
- *Cum poate fi elaborată o rețetă de succes în acest domeniu, astfel încât să conducă la eficientizarea proceselor educaționale?*

O primă elucidare terminologică o reprezintă definiția oferită de Dicționarul Explicativ al Limbii Române, care explică din punct de vedere etimologic, cuvântul ***eficient*** provine din limba franceză (*efficient*, DEX, 2019) și limba latină (*efficiens, -ntis*, DEX, 2019), astfel că, ***eficientizare*** provine, prin derivare, din verbul ***a eficientiza***. Este substantiv, feminin, sensul său variază în funcție de contextul în care apare. Ca sens, cuvântul poate numi acțiunea de a eficientiza și rezultatul ei, a face să fie eficient. Ca urmare, eficient/eficace[4], ambii termeni se confundă, în DEX (2019), primul sinonim pentru eficient este eficace, dar nu și invers și sunt explicați la fel: *care produce efect (așteptat).* Eficacitatea se referă la gradul de succes, în timp ce eficiența se referă la obținerea rezultatelor într-o manieră optimă. Aceasta este principala diferență dintre eficacitate și eficiență. Într-o interpretare simplă, eficacitate înseamnă a face ceea ce trebuie, iar eficiența

[4] În limba engleză (Oxford English Dictionary, 2022; www.bing.com) explicațiile sunt:

Eficace = effective = successful in producing a desired or intended result, *synonyms* successful · effectual · efficacious · productive · constructive · fruitful
Respectiv, succes în producerea unui rezultat dorit sau urmărit, cu sinonimele: de succes, eficace, prolific, productiv, constructiv, rodnic;

Eficient = efficient = (of a system or machine) achieving maximum productivity with minimum wasted effort or expense, *synonyms* well organized · methodical · systematic · structured · well planned. Respectiv, (a unui sistem sau a unei mașini) atingerea productivității maxime cu efort sau cheltuieli minime irosite, cu sinonimele: bine organizat, metodic, sistematic, structurat, bine planificat.

BUPT

înseamnă a face lucrul corect. În Figura 2.2 sunt prezentate explicații despre aceste diferențe.

Cele mai cunoscute sensuri ale ***eficienței*** sunt cele din fizică și economie.

În fizică eficiența reprezintă randamentul utilizării energiei (randamentul este cu atât mai mare cu cât energia pierdută între intrare și ieșire este mai mică).

Din punct de vedere economic, este bine cunoscut că se discută despre *eficiență economică sau varianta echivalentă eficacitate. Eficiența economică este un concept structural, calitativ, care pune în legătură eforturile și efectele economico-financiare*. Și are o valoare, deci putem discuta și despre o varianta *cantitativă.* Aduce în discuție un raport dintre câștigul economic și costurile prin care acesta a fost obținut (cu cât costurile sunt mai mici, iar câștigurile sunt mai mari, eficiența este mai ridicată).

În sociologie, teoria organizațională și managementul organizațional, analiza eficienței este mai dificilă decât în fizică și economie, în principal din cauza dificultății de a compara intrările (de orice fel de resurse) și ieșirile (de orice fel de produse), care au unități diferite de măsurare. Prin urmare, eficiența înseamnă maximizarea rezultatelor și reducerea costurilor. Cu alte cuvinte, eficiența este raportul dintre eficacitate (inclusiv măsura în care un obiectiv declarat este atins) și cost (cheltuielile cu resursele și impactul negativ al activităților).

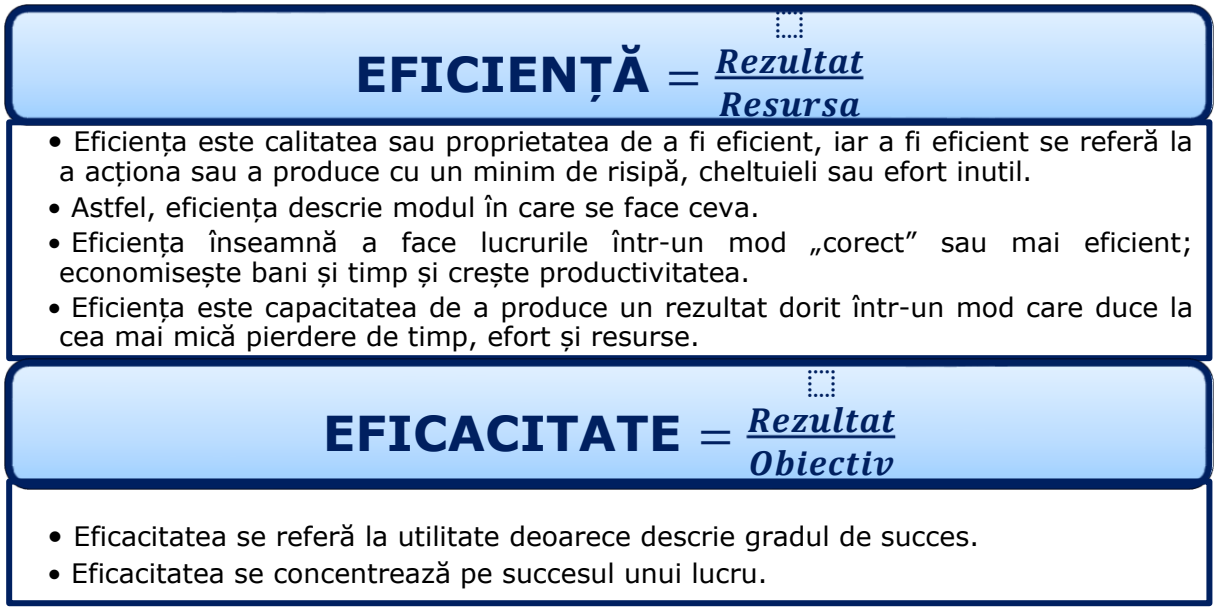


Figura 2. 2 Diferențe eficiență – eficacitate

Totuși, așa cum vom dezvolta subiectul în secțiunile următoare (2.1.1. și 2.1.2.), deși conceptele de *eficiență* și *eficacitate* sunt esențiale pentru evaluarea proceselor educaționale, ele nu sunt și suficiente pentru a acoperi în mod cuprinzător complexitatea procesului de eficientizare. În secțiunea 2.1.2. este introdus un al treilea concept, și anume *efectivitatea*.

BUPT

2.1.1. Scurtă revizuire a literaturii recente privind eficientizarea educației în contextul provocărilor contemporane

Pentru a dezvolta o trecere în revistă resurselor bibliografice recente despre eficientizarea educației, am identificat câteva articole relevante și recente. În cele ce urmează, vom descrie pe scurt câteva dintre aceste resurse.

În anul 2018, Poproski și Greene au realizat un studiu cuprinzător la Georgia Tech, care oferă perspective valoroase asupra evaluării performanței didactice, utilizând diverse măsuri și metrici pentru a evalua eficiența și eficacitatea predării. Lucrarea lor subliniază importanța utilizării unor metode riguroase pentru a îmbunătăți practicile educaționale (Poproski & Greene, 2018).

Centrul pentru Cercetarea Politicilor Educaționale de la Universitatea Harvard (CEPR) a publicat cercetări esențiale privind eficacitatea profesorilor și impactul practicilor didactice asupra rezultatelor elevilor. Aceste studii au demonstrat cum eficacitatea profesorilor poate influența pozitiv performanțele elevilor și au furnizat date critice pentru dezvoltarea de politici educaționale mai eficiente (CEPR Harvard University, 2020).

Un alt studiu relevant, realizat de Centrul pentru Eficacitate Educațională de la UC Davis, explorează strategiile și măsurile pentru predarea eficientă. Publicat în 2018, acest studiu pune accent pe importanța unei structuri clare a cursurilor și a unei instrucțiuni bine organizate. Cercetările lor arată că o predare structurată și clară poate crește motivația, persistența și performanțele academice ale elevilor, având un impact deosebit asupra elevilor din medii defavorizate (Center for Educational Effectiveness, 2018).

În 2020, Centrul pentru Analiza Politicilor Educaționale de la Stanford a oferit o analiză detaliată a eficacității școlilor și a impactului diferitelor practici educaționale asupra performanței elevilor. Studiile lor evidențiază cum practicile eficiente pot duce la rezultate educaționale mai bune, oferind astfel o bază solidă pentru îmbunătățirea politicilor și practicilor educaționale (CEPA Standford, 2020).

În 2020, Teräs și colaboratorii au analizat impactul tehnologiei asupra educației, evidențiind cum digitalizarea și utilizarea platformelor de învățare online au fost intensificate de pandemia COVID-19. Aceștia discută despre „dataficarea" educației și despre colectarea de date, care poate fi folosită pentru a îmbunătăți procesele educaționale, dar ridică și întrebări etice legate de proprietatea și utilizarea acestor date (Teräs ș.a., 2020).

Un studiu publicat de World Bank în 2020 a comparat 150 de intervenții educaționale folosind un nou metric, Learning-Adjusted Years of Schooling (LAYS), pentru a identifica metodele cele mai eficiente de a îmbunătăți rezultatele educaționale. Acest studiu oferă baza pentru a înțelege care sunt cele mai eficiente practici educaționale și poate fi utilizat pentru a argumenta în favoarea anumitor intervenții specifice (Angrist ș.a., 2020).

În 2022, un raport UNESCO a subliniat necesitatea transformării sistemului educațional global pentru a răspunde provocărilor contemporane, cum ar fi inegalitățile crescânde și revoluția digitală accelerată. Raportul sugerează că educația trebuie să fie reimaginată pentru a fi mai inclusivă și echitabilă, promovând învățarea pe tot parcursul vieții și adaptându-se nevoilor unei societăți în schimbare (UNESCO, 2022).

BUPT

Tot în 2022, un alt articol publicat de Springer discută despre rolul tehnologiei în educație post-pandemie și cum soluțiile tehnologice trebuie să fie evaluate critic pentru a asigura că acestea contribuie cu adevărat la îmbunătățirea educației și nu doar la generarea de profit pentru companiile de tehnologie (Mahmud ș.a., 2022).

În anul 2023 apare într-o ediție Taylor & Francis Group, cartea *„Academic Leadership"*, cu un capitol introductiv care atrage atenția asupra faptului că școlile sunt finanțate public pentru a oferi educație de calitate tuturor copiilor, ceea ce face ca eficiența școlară să fie o problemă de interes public major. Raportul James Coleman din 1966 a subliniat că statutul socio-economic al părinților influențează mai mult performanța academică a elevilor decât școlile, atrăgând astfel atenția asupra eficienței școlare. Autorul discută evoluția conceptului de eficiență școlară, factorii care o influențează și modelele existente, propunând un model de auto-împlinire, în care toți actorii implicați găsesc oportunități pentru excelență și fericire (Mukhopadhyay, 2023).

Integrarea acestor resurse bibliografice recente în analiza noastră oferă cadrul teoretic pentru interpretarea conceptului de eficientizare. Studiile și rapoartele analizate subliniază importanța adaptării sistemelor educaționale la provocările contemporane prin utilizarea eficientă a resurselor și implementarea strategiilor bazate pe dovezi.

Raportul UNESCO (2022) accentuează necesitatea transformării educației pentru a crea sisteme mai incluzive și echitabile, în timp ce studiile de la World Bank (2020) și Teräs și colaboratorii (2020) demonstrează impactul pozitiv al tehnologiei și al intervențiilor educaționale bine fundamentate. Aceste perspective susțin ideea că eficientizarea educației nu este doar o chestiune de resurse și rezultate academice, ci implică și satisfacția și auto-împlinirea tuturor actorilor implicați, conform modelului propus de auto-împlinire a eficienței școlare.

Astfel, eficientizarea educației poate fi definită ca o funcție complexă care are ca obiectiv final crearea unui mediu educațional în care toți participanții (elevi, profesori, personal și comunitate) să prospere și să se dezvolte armonios.

2.1.2. Conceptul de eficientizare în contextul educației și integrării STEM în învățământ

Eficientizarea, ca acțiune, este relativă și ține de ceea ce avem, ceea ce ne dorim să avem, cu ce facem transformarea, pentru cine o facem, ce nevoi coincid și în final, cât de abordabilă este schimbarea pentru toți. Acțiunea nu se poate realiza printr-o singură schimbare, implementată la o singură verigă a unui sistem. Ea trebuie extinsă și preluată de mai mulți exponenți, astfel încât să existe o constanță în evoluție.

Eficientizarea variază în funcție de nevoi, de mijloace, de capacitățile celui care o implementează cât și de asimilarea corectă a scopului în raport cu posibilitățile de a-l atinge. În acest sens, presupune corelarea perfectă a nevoilor cu posibilitățile de a le atinge.

Într-un contextul general, eficientizarea poate fi definită ca procesul de maximizare a rezultatelor utilizând în mod optim resursele disponibile. Acest concept este central în managementul afacerilor și în teoria organizațională, unde se caută constant modalități de a îmbunătăți performanța și de a reduce costurile. În acest sens, eficiența se referă la capacitatea de a realiza un anumit scop cu resursele minime necesare, în timp ce eficacitatea se referă la capacitatea de a

BUPT

atinge obiectivele stabilite. Eficientizarea, ca sinteză a acestor două aspecte, indică nu numai realizarea scopurilor cu resurse minime, ci și asigurarea că aceste scopuri sunt în concordanță cu obiectivele și nevoile reale. În Figura 2.3 sunt prezentate etapele generale ale unui proces de eficientizare.

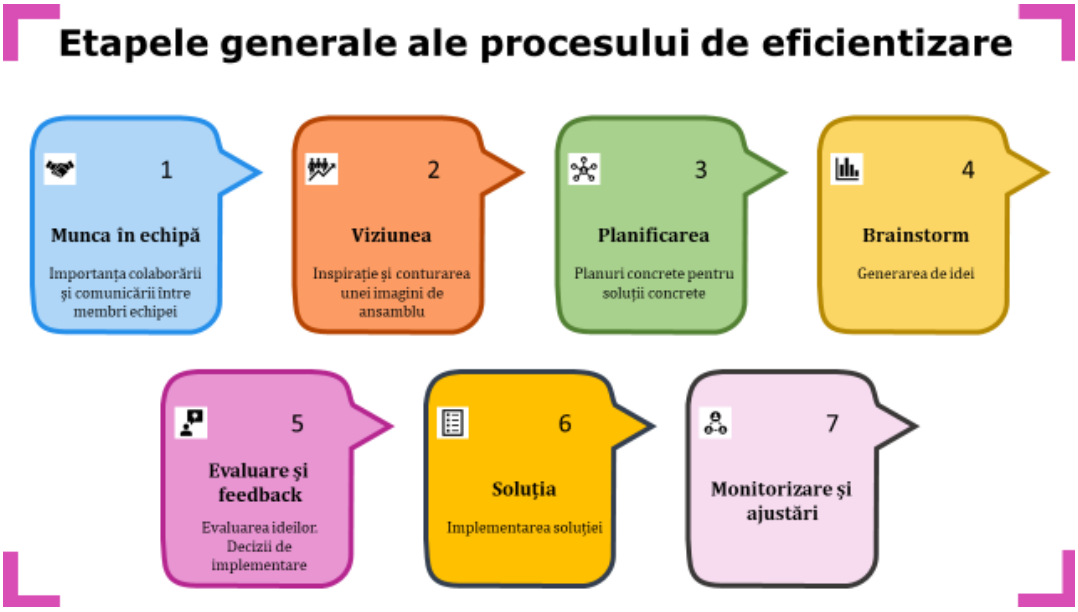


Figura 2. 3 Etapele generale ale unui proces de eficientizare

În contextul specific al educației, conceptul de eficientizare devine din ce în ce mai relevant în fața presiunilor financiare și a cerințelor de a furniza o educație de calitate. Eficientizarea în educație nu se referă doar la utilizarea eficientă a resurselor financiare și materiale, ci și la optimizarea proceselor didactice și administrative pentru a maximiza învățarea și performanța elevilor. În acest sens, eficientizarea înseamnă să facem mai mult cu mai puțin, fără a compromite calitatea educației (Alexander ș.a., 2022; Athanassopoulos & Shale, 1997; Avkiran, 2001; Barrow, 1991; Lockheed & Hanushek, 1990; Lou ș.a., 2024; Scheerens, 2015). Iar efortul trebuie să vină din mai multe părți, inclusiv de la elevi.

Integrarea educației STEM în învățământul formal este recunoscută ca fiind esențială pentru pregătirea elevilor pentru societatea și piața muncii din secolul XXI. Eficientizarea în acest context implică nu numai optimizarea resurselor pentru a oferi o educație STEM accesibilă și de calitate, dar și asigurarea că această educație își atinge obiectivele propuse, cum ar fi dezvoltarea gândirii critice, a rezolvării de probleme și a competențelor tehnologice. Astfel, eficientizarea în integrarea STEM în învățământ nu este doar o chestiune de cheltuire eficientă a fondurilor sau de utilizare a tehnologiei, ci și de proiectare și implementare eficientă a curriculumului și a metodelor de predare.

Interpretarea conceptului de eficientizare ca o sinteză între eficiență și eficacitate este relevantă și utilă în contextul educației și integrării STEM în învățământ (Lockheed & Hanushek, 1990). Așa cum am arătat mai sus, această abordare implică utilizarea optimă a resurselor disponibile (eficiență) și asigurarea că obiectivele educaționale sunt atinse în mod eficient și eficace (eficacitate). Totuși, pentru a răspunde pe deplin cerințelor societății contemporane, educația trebuie să fie nu numai eficientă și eficace, ci și ***efectivă***, adică să aibă capacitatea de a realiza efectiv obiectivele propuse. ***Efectivitatea*** devine astfel un element

BUPT

esențial în procesul de eficientizare, subliniind importanța implementării reale și a atingerii obiectivelor într-un mod tangibil.

Obiectivul operațional urmărit în această secțiune este: **OP2.** Fundamentarea teoretică privind demersul de eficientizare al educației STEM în învățământ

Prin urmare, în continuare ne vom referi la aceste trei concepte: eficiență, eficacitate și efectivitate. Așa cum este prezentat și în figurile 2.4 și 2.5, eficientizarea în educația STEM înseamnă optimizarea proceselor și a resurselor (eficiență), asigurarea atingerii scopurilor educaționale (eficacitate) și realizarea efectivă a obiectivelor stabilite (efectivitate).

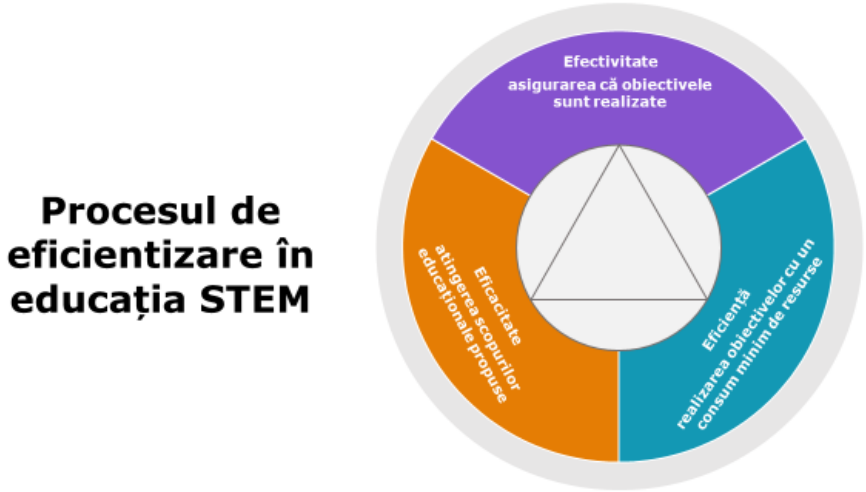


Figura 2. 4 Cei 4 „E": eficiență, eficacitate, efectivitate, eficientizare

Structura prezentată în figura 2.5. arată cele trei concepte integrate într-un mod coerent în procesul de eficientizare a educației STEM.

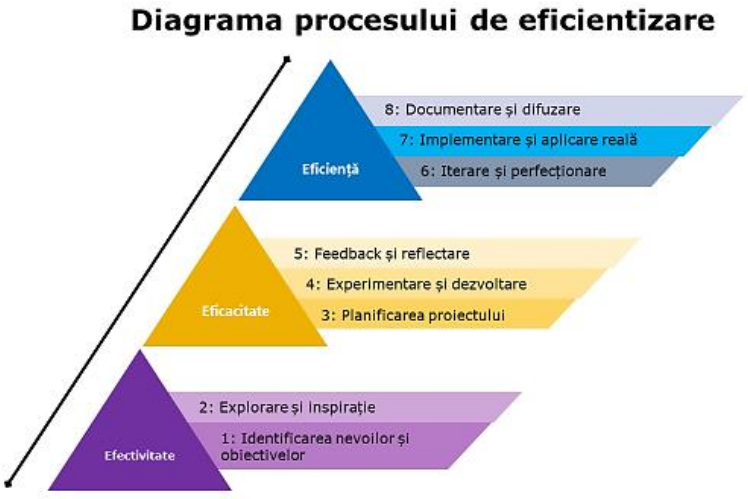


Figura 2. 5 Cele trei concepte ale procesului de eficientizare

Conceptul de eficientizare reprezintă un element esențial în discuțiile privind îmbunătățirea proceselor și rezultatelor în diverse domenii, inclusiv în educație.

BUPT

Eficiența se referă la realizarea unui obiectiv cu un consum minim de resurse (timp, bani, energie), accentuând randamentul proceselor. În domeniul educațional, eficiența poate fi măsurată prin utilizarea optimă a resurselor pentru a obține rezultatele dorite. Pe de altă parte, eficacitatea se referă la capacitatea de a atinge obiectivele stabilite, subliniind succesul în realizarea scopurilor propuse. În educația STEM, eficacitatea ar putea fi evaluată prin capacitatea unui program de a pregăti elevii pentru cerințele și provocările viitorului, asigurând că aceștia dobândesc competențele necesare. Efectivitatea, ca și concept, se referă la capacitatea de a realiza un anumit lucru. Să luăm, de exemplu, două școli care implementează un program STEM. Dacă ambele școli reușesc să își îndeplinească obiectivele și să-și finalizeze proiectele, putem spune că ambele sunt efective. Totuși, ele pot diferi în termeni de eficiență și eficacitate.

Diagrama procesului de eficientizare în educația STEM (fig. 2.5), respectiv: *1. Identificarea nevoilor și obiectivelor → 2. Explorare și inspirație → 3. Planificarea proiectului → 4. Experimentare și dezvoltare → 5. Feedback și reflectare → 6. Iterare și perfecționare → 7. Implementare și aplicare reală → 8. Documentare și difuzare*, are următoarele avantaje:

- ✓ Procesul începe și se bazează pe nevoile și interesele elevilor.
- ✓ Elevii învață făcând și experimentând, ceea ce este esențial pentru STEM.
- ✓ Feedback-ul constant și iterarea permit îmbunătățirea continuă a proiectelor.
- ✓ Elevii văd aplicabilitatea reală a cunoștințelor lor, ceea ce îi motivează și mai mult.

Acest proces poate ajuta la crearea unui mediu educațional STEM dinamic și eficient, care nu doar învață concepte teoretice, ci și dezvoltă abilități practice și inovație.

Pentru a ilustra punctul nostru de vedere și pentru a explora implicațiile unui scenariu teoretic (care nu s-a întâmplat în realitate), dar care este plauzibil și ajută la clarificarea conceptelor, iată un exemplu ipotetic:

Implementarea unui program STEM în două școli

Școala A: Aceasta reușește să implementeze un program STEM care își atinge obiectivele educaționale stabilite. Programul este finalizat la timp și în bugetul alocat. Elevii dobândesc competențele planificate și sunt capabili să aplice aceste cunoștințe în proiecte practice. Școala A este, așadar, atât eficientă (resursele au fost folosite optim), cât și eficace (obiectivele educaționale au fost atinse).

Școala B: Aceasta reușește, de asemenea, să își implementeze programul STEM, dar cu un consum mai mare de resurse. De exemplu, programul a necesitat mai multe ore suplimentare de predare și a depășit bugetul alocat. Cu toate acestea, elevii au obținut aceleași competențe și rezultate ca și elevii din Școala A. Școala B este eficace (obiectivele educaționale au fost atinse), dar nu la fel de eficientă (resursele nu au fost utilizate optim).

Acest scurt exemplu ipotetic evidențiată importanța introducerii unei abordări integrate în ceea ce privește evaluarea eficientizării educației. Deși eficiența și eficacitatea sunt factori critici, este evident că, pentru a oferi o perspectivă mai cuprinzătoare și realistă, se impune dezvoltarea unui cadru teoretic care să includă și conceptul de efectivitate, alături de noi formule care să cuantifice mai precis acest proces. În capitolul 6, se vor introduce contribuțiile personale, originale și inedite, prin propunerea unor formule avansate de eficientizare, care extind și rafinează conceptele clasice, adaptându-le la nevoile și

BUPT

provocările specifice educației contemporane. Am ales să dezvoltăm propunerile privind contribuțiile personale în capitolul final al tezei, considerând că acestea capătă relevanță și profunzime după analiza rezultatelor cercetării aplicative prezentate în capitolul 4. Acest capitol este esențial, deoarece explorează efectivitatea educației în contextul actual, caracterizat de un transfer tehnologic accelerat, retehnologizare și inovare. În acest cadru, dobândirea de competențe specifice pentru educația și munca la distanță devine vitală, mai ales în educația STEM integrată. Contribuțiile personale propuse reflectă nu doar adaptarea la aceste realități complexe, ci și rolul fundamental al acestor competențe în pregătirea pentru viitor, evidențiind astfel relevanța și originalitatea cercetării.

Din punct de vedere educațional, STEM este promovată ca un mijloc de abordare al implicării în scădere, prin accentul pus pe integrarea cunoștințelor disciplinare pentru a rezolva problemele în contexte autentice, „lume reală" (Honey ș.a., 2014). Educația STEM integrată a fost identificată ca o platformă de dezvoltare a competențelor și competențelor importante, valoroase atât personal, cât și profesional. Acestea includ cercetarea, rezolvarea problemelor, gândirea critică și creativă, antreprenoriatul, colaborarea, munca în echipă și comunicarea (English, 2016; Honey ș.a., 2014; Madden ș.a., 2013).

În plus, potențialul educației STEM de a implica comunitatea și întreprinderile în contexte pentru sprijinirea proiectelor, îi consolidează autenticitatea și scopul. Problemele și modelele de învățare bazate pe proiecte, de asemenea, reflectă procesele utilizate adesea în afaceri și industrie (Asghar ș.a., 2012; Breiner ș.a., 2012; Portz, 2015). Abilitățile de gândire în design care stau frecvent la baza ideii și dezvoltării de produse ale „lumii reale" sunt exercitate prin conceptualizare, proiectare, prototipare și evaluare a rezultatelor, artefacte și soluții. Aceste competențe, combinate cu ceea ce Hargrove (2011) descrie ca fiind natura solicitantă din punct de vedere cognitiv a proceselor de proiectare în cadrul efortului STEM, oferă un sprijin larg pentru educația STEM, conducând la completarea argumentelor economice și de afaceri (Brears ș.a., 2011). Nu în ultimul rând, trebuie să se țină seama de contextul mediului actual de afaceri, de nevoia de eficientizare a proceselor operaționale ale organizației, de faptul că antreprenorul trebuie să își gestioneze afacerea (oricare ar fi specificul și mărimea domeniul său de activitate) în baza unui management eficient. Deosebit de importante, în eficientizarea celor mai multe procese operaționale, sunt soluțiile digitale inovatoare, care permit optimizarea atât din perspectivă tehnică, dar și financiară.

De asemenea, premisele cercetării sunt relevate și de faptul că, în timp ce interdisciplinaritatea este proeminentă ca atribut al educației STEM, există puncte de vedere diferite cu privire la modul în care disciplinele STEM ar trebui eficientizate, poziționate și prioritizate în cadrul programelor interdisciplinare K-12 STEM (K-12: expresie de origine americană, prescurtare privind sistemul de învățământ gratuit, începând de la grădiniță, pentru preșcolarii între 5-6 ani, până la elevii între 17-18 ani). Cu toate acestea, în ciuda recunoașterii beneficiilor personale, societale și economice ale educației STEM și a includerii din ce în ce mai mari în programele școlare K-12, există perspective diferite cu privire la modul în care aceasta ar trebui planificată, predată și evaluată, care pot provoca confuzie în rândul celor responsabili pentru punerea sa în aplicare (Bremer ș.a., 2012; Honey ș.a., 2014; Newhouse, 2017).

Una dintre perspective, potrivit Departamentului de Educație din Statele Unite ale Americii (2021), nu produce însă, nici o confuzie. Este aceea care privește oportunitățile puse la dispoziție de educația STEM în contextul K-12. În Figura 2.6

BUPT

(comparativ sistemului de învățământ prezentat în Figura 1.2), este evidențiată și schema K-12 din Statele Unite ale Americii.

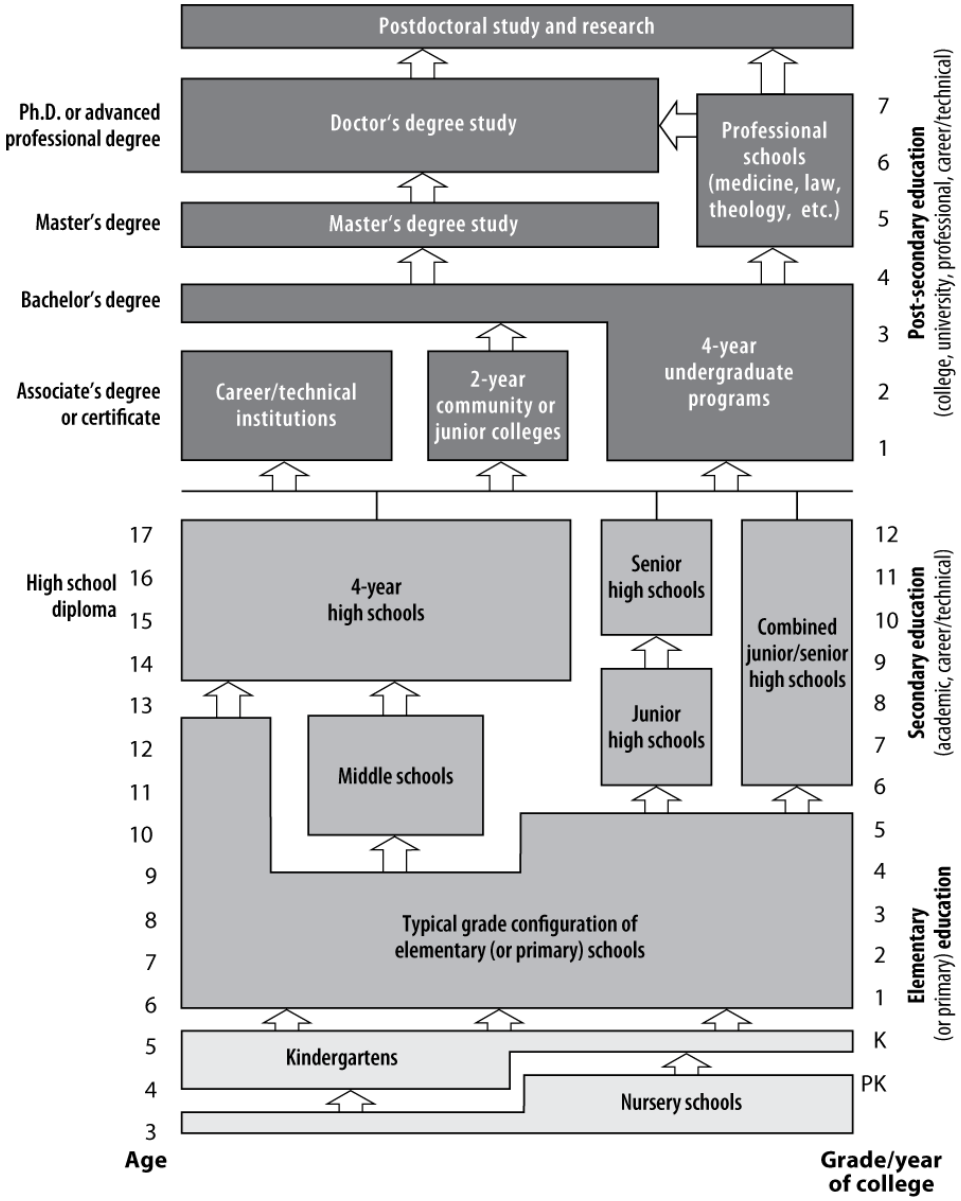


Figura 2. 6 Structura sistemului de învățământ din SUA[5] - Diagramă schematică

Toți tinerii trebuie să fie pregătiți să gândească profund și să gândească bine, astfel încât să fie în stare să-și servească țara și națiunea rezolvând chiar și cele mai presante îndatoriri. Prin educația STEM au șansă să devină tocmai acei cercetători, inovatori, educatori și bineînțeles lideri care să răspundă acestor provocări. În acest sens, ca o confirmare atât a perspectivelor cât și a oportunităților în contextul K-12, potrivit Centrului Național de Statistici pentru Educație din Statele Unite ale Americii (NCES), în toamna anului 2023 (spre exemplu) erau înmatriculați în instituții școlare publice aproximativ 49,4 milioane de elevi[6].

[5] Department of Education, National Center for Education Statistics, Annual Reports Program. https://nces.ed.gov/programs/digest/d11/figures/fig_01.asp

[6] https://nces.ed.gov/programs/digest/d23/tables/dt23_203.20.asp

BUPT

2.1.3. Ce este educația STEM?

O definiție unică, agreată, a educației STEM, care reflectă atât natura emergentă a STEM ca „meta-disciplină", cât și dezbaterea asupra modului în care subiectele individuale STEM ar trebui să fie reprezentate în curriculumul STEM de la grădiniță la clasa a XII-a (K-12) este evazivă. Cu toate acestea, educația STEM are scopul principal de a dezvolta înțelegerea conceptelor, cunoștințelor și proceselor de știință, tehnologie, inginerie și matematică *„prin eforturi de a combina unele sau toate cele patru discipline într-o singură clasă, unitate sau lecție care se bazează pe conexiunile dintre subiecte și problemele din lumea reală"* (Marrero ș.a., 2014, p. 38). Deși interdisciplinaritatea este o trăsătură proeminentă a educației STEM, există opinii diferite cu privire la modul în care subiectele STEM ar trebui să fie poziționate și prioritizate în programele interdisciplinare STEM K-12.

Spre exemplu, în anul 2009, Rețeaua Regionala Sud-Vest STEM (p. 3), explică: *„**Educația STEM** promovează o abordare interdisciplinară a învățării în care conceptele academice riguroase sunt intercalate, infuzate și integrate cu lecții din lumea reală, iar prin aplicarea științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii în contexte care realizează conexiuni între școală, comunitate, muncă și mediul global, studenții dezvoltă competențe esențiale și înțelegeri complexe, care permit progresul alfabetizării STEM și, odată cu acesta, perfecționarea abilităților necesare pentru a face față provocărilor din noua economie."* (traducerea și adaptarea reprezintă contribuția originală a autoarei)[7].

Sugerăm formularea unei definiții inovatoare pentru educația STEM, menită să contureze complexitatea și profunzimea acestui domeniu interdisciplinar. În contextul actual al educației, unde se acordă o importanță tot mai mare adaptării la schimbările sociale, tehnologice și economice, devine esențial să avem o înțelegere completă și clară a ceea ce înseamnă educația STEM. Propunerea unei definiții originale ne permite să evidențiem aspectele distinctive și valoroase ale acestui domeniu, furnizând o viziune proaspătă și inovatoare asupra modului în care acesta poate contribui la dezvoltarea elevilor și la pregătirea lor pentru provocările viitorului.

Definiția pe care o propunem ar putea fi considerată avangardistă și în trend cu educația STEM, deoarece subliniază aspectele inovatoare și interconexiunile complexe dintre diferitele discipline STEM. Într-o lume plină de provocări și oportunități, educația STEM reprezintă un pilon fundamental pentru pregătirea elevilor pentru viața reală. Biologia ne învață despre complexitatea și diversitatea vieții pe Pământ, în timp ce geografia ne dezvăluie interconexiunile și influențele care modelează mediul nostru (Brunn, 2019). Aceste discipline, împreună cu altele din cadrul educației STEM, ne oferă instrumentele și perspectivele necesare pentru a înțelege și a naviga în lumea din jurul nostru. În următoarele paragrafe, vom explora analogia între educația STEM și lumea reală, evidențiind modul în care

[7] Textul original în limba engleză: *„[STEM is] an interdisciplinary approach to learning where rigorous academic concepts are coupled with real-world lessons as students apply science, technology, engineering, and mathematics in contexts that make connections between school, community, work, and the global enterprise enabling the development of STEM literacy and with it the ability to compete in the new economy."* (https://www.britannica.com/topic/STEM-education)

BUPT

aceasta ne pregătește pentru a înțelege și a aborda provocările și oportunitățile pe care le întâlnim în fiecare zi.

Biologia este considerată a face parte din categoria științei (Rosenberg, 1985). Prin urmare, comparația educației STEM cu un lanțul trofic poate fi justificată în această lumină, deoarece biologia este o componentă esențială a STEM-ului și poate fi asociată cu alte discipline din acest domeniu, precum chimia și fizica.

Pentru a evidenția atât aspectele pozitive, cât și aspectele negative ale acestei analogii, este necesar să înțelegem mai întâi conceptul de lanț trofic. În anul 2008, Fritz și Schiefer sugerează că un lanț trofic reprezintă o succesiune de organisme într-o comunitate biologică, în care fiecare nivel trofic consumă organismele din nivelul inferior și este, la rândul său, consumat de organismele din nivelul superior. Acest concept descrie fluxul de energie și materie într-un ecosistem, de la producători (plante și alte organisme autotrofe) la consumatori primari (erbivori), la consumatori secundari (carnivori care se hrănesc cu consumatori primari), și așa mai departe, până la decompozitori care descompun materialele organice și reciclează substanțele nutritive în sol (Fritz & Schiefer, 2008).

Astfel, analogia cu lanțul trofic poate fi utilizată pentru a evidenția modul în care educația STEM furnizează fundația și susținerea necesară pentru dezvoltarea cunoștințelor și abilităților în domeniile științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii, similar cu modul în care producătorii, consumatorii primari și consumatorii secundari interacționează într-un lanț trofic pentru a menține echilibrul și funcționarea unui ecosistem. Compararea educației STEM cu lanțul trofic poate fi considerată o analogie creativă și interesantă, care poate evidenția importanța și rolul esențial al STEM-ului în contextul educațional și societal. Totuși, este important să ne asigurăm că această comparație este relevantă și coerentă în contextul în care este utilizată. Întrucât lanțul trofic ilustrează modul în care energia și materialele nutritive circulă într-un ecosistem natural, iar educația STEM implică transmiterea cunoștințelor și abilităților în domeniile științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii, analogia poate fi valabilă dacă este prezentată în mod clar și bine argumentat.

Pentru a face analogia între educația STEM și lanțul trofic să pară mai vie și să aducă în evidență aspectele dinamice și interconexiunile dintre diferitele discipline, se pot utiliza exemple care să ilustreze aceste concepte într-un mod captivant și inspirant. De exemplu, putem compara studenții și profesorii din domeniile STEM cu organismele vii dintr-un ecosistem, care interacționează și se adaptează continuu la schimbările din mediul lor înconjurător. De asemenea, putem sublinia importanța colaborării și a sinergiilor dintre diferitele discipline STEM, asemenea relațiilor simbiotice din natură, care aduc beneficii reciproce și încurajează inovația și progresul. Prin aducerea analogiei în viață în acest mod, putem evidenția că educația STEM nu este doar un set de discipline academice separate, ci un ecosistem dinamic și interconectat, care oferă oportunități nelimitate pentru explorare, descoperire, creștere personală și profesională.

Următoarea propunere de definiție reprezintă ***o interpretare originală a autoarei***:

„Într-o analogie a lanțului trofic, educația STEM poate fi comparată cu fundația vitală a ecosistemului educațional, reprezentând elementul de bază care susține și alimentează întregul sistem. Asemenea producătorilor din lanțul trofic al naturii, STEM-ul furnizează nutrienții esențiali - cunoștințe avansate în știință, tehnologie, inginerie și matematică - necesari pentru creșterea și dezvoltarea

BUPT

elevilor și a societății în ansamblu. Pe măsură ce energia și resursele sunt transferate în sus în lanțul trofic natural, STEM-ul furnizează instrumentele și abilitățile necesare pentru a propulsa progresul și inovarea în diverse domenii, de la medicină și tehnologie, la inginerie și explorarea spațiului. Prin urmare, educația STEM este vitală pentru susținerea și întărirea întregului ecosistem al cunoașterii și inovației, asigurând supraviețuirea și prosperitatea viitoare a societății."

Însă, după cum am menționat la începutul acestui subcapitol, găsirea unei definiții unice pentru educația STEM poate fi o provocare. Din acest motiv, următoarea analogie pe care o propunem ar putea fi utilă pentru a clarifica acest concept.

Educația STEM reprezintă o intersecție de domenii și discipline interconectate, care converg pentru a forma un ansamblu unitar și complex, asemănător unui lanț montan. La fel ca în cazul lanțurilor muntoase, care se caracterizează prin diversitatea lor geografică și varietatea ecosistemelor, educația STEM oferă o plajă vastă de oportunități și experiențe de învățare, adaptate la necesitățile și intereselor elevilor. De asemenea, geografia, ca o ramură semnificativă a științelor naturii, poate fi integrată în cadrul domeniului STEM (Ballatore ș.a., 2013; Janowicz ș.a., 2020). Analogia cu un lanț montan poate fi analizată din perspectivele biologiei și ale geografiei, deoarece aceasta din urmă examinează aspecte precum reliefurile terestre, clima, ecosistemele și interacțiunile dintre ele. Astfel, această analogie subliniază diversitatea și interconectivitatea domeniilor STEM, iar integrarea geografiei în educația STEM nu este o coincidență.

În plus, similar cu ascensiunea pe un munte, educația STEM poate fi privită ca un proces de explorare și descoperire, în care elevii sunt încurajați să își îmbunătățească abilitățile și cunoștințele într-o manieră progresivă și incrementală. La fel cum ascensiunea pe un munte implică efort, perseverență și dezvoltare personală, educația STEM necesită angajament și dedicare pentru a ajunge la vârfurile sale. În același timp, asemenea unui lanț montan, educația STEM poate fi privită și ca o sursă de inspirație și frumusețe, oferind elevilor o perspectivă vastă asupra lumii și a modului în care lucrurile funcționează în mod fundamental. Prin explorarea domeniilor STEM, elevii pot dezvolta nu doar abilități și competențe practice, ci și o apreciere mai profundă pentru complexitatea și diversitatea lumii în care trăim.

Ideile și propunerile din cadrul cercetărilor prezentate în această lucrare, privind definirea și înțelegerea adecvată a educației STEM, utilizând analogiile cu lanțul trofic și cu lanțul muntos, sunt folosite pentru a oferi o perspectivă nouă, inovatoare și originală asupra acestui domeniu. Prin compararea educației STEM cu conceptele din natură, precum lanțul trofic, care ilustrează interacțiunile complexe dintre diferitele elemente ale ecosistemului, și lanțul muntos, care evidențiază varietatea și adaptabilitatea în mediile naturale, putem obține o înțelegere mai profundă a complexității și a interconexiunilor din cadrul educației STEM.

Atât lanțul trofic, cât și lanțul montan fac parte din lumea naturală, reală, a mediului înconjurător în care trăim.

Ambele analogii oferă perspective unice și relevante asupra educației STEM. Pe de o parte, analogia din punct de vedere geografic, subliniază diversitatea și complexitatea educației STEM, comparând-o cu un lanț montan format din diferite domenii și discipline interconectate. Această analogie evidențiază ideea că întregul din care este alcătuit educația STEM cuprinde o varietate de componente care se completează reciproc și care pot fi explorate în mod progresiv. Pe de altă parte,

BUPT

analogia cu lanțul trofic relevă aspectul interdependenței și relațiilor din cadrul educației STEM, comparând-o cu fluxul de energie și nutrienți într-un ecosistem. Această analogie subliniază importanța interacțiunilor și legăturilor dintre diferitele domenii STEM și relevanța lor în contextul mai larg al educației și societății. Ambele analogii sunt relevante și pot fi utile în explicarea și înțelegerea educației STEM, iar alegerea între ele depinde de perspectiva și contextul specific în care sunt folosite.

Într-un mod avangardist, putem încerca să combinăm aspectele distinctive ale fiecăreia într-o analogie hibridă. De exemplu, putem să ne gândim la educația STEM ca la un ***„ecosistem al cunoașterii”***, în care diferitele discipline și domenii STEM sunt asemănătoare cu diversele specii și elemente dintr-un ecosistem. În acest ecosistem, fiecare disciplină STEM reprezintă o entitate distinctă, similară cu o specie într-un ecosistem natural, iar interacțiunile și relațiile dintre acestea sunt comparabile cu interdependența și conexiunile dintr-un lanț trofic. Totodată, diversitatea și complexitatea acestui ecosistem pot fi asemănate cu varietatea și complexitatea unui lanț montan, în care fiecare vârf și creastă reprezintă un domeniu sau o disciplină STEM distinctă. Această analogie hibridă ar putea să ofere o perspectivă originală și creativă asupra educației STEM, evidențiind atât interdependența și relațiile dintre diversele domenii STEM, cât și diversitatea și complexitatea acestui domeniu, similare cu cele ale unui ecosistem natural sau ale unui lanț montan.

Începând cu analogia lanțului trofic, se evidențiază aspectele pozitive ale educației STEM, cum ar fi interdependența și fluxul de cunoștințe între diversele domenii STEM, dar și aspectele negative sau provocările, cum ar fi posibilele dezechilibre sau competiția excesivă între diferitele discipline (Seitz, 2023). Apoi, trecerea la analogia cu un lanț montan poate oferi o perspectivă nouă și interesantă, evidențiind diversitatea și complexitatea educației STEM, similară cu varietatea și complexitatea unui lanț montan, precum și importanța colaborării și integrării între diversele domenii și discipline. Combinarea celor două analogii poate oferi o abordare holistică și integrată a educației STEM, evidențiind atât aspectele pozitive, cât și cele negative, și subliniind diversitatea și complexitatea acestui domeniu.

Într-o lume plină de provocări și oportunități, educația STEM reprezintă un pilon fundamental pentru pregătirea elevilor pentru viața reală. Biologia ne învață despre complexitatea și diversitatea vieții pe Pământ, în timp ce geografia ne dezvăluie interconexiunile și influențele care modelează mediul nostru (Choi, 2021; Solem, 2023). Aceste discipline, împreună cu celelalte din cadrul educației STEM, ne oferă instrumentele și perspectivele necesare pentru a înțelege și a naviga în lumea din jurul nostru. Analogia între educația STEM și lumea reală, evidențiază modul în care aceasta ne pregătește pentru a înțelege și a aborda provocările și oportunitățile pe care le întâlnim în fiecare zi.

Educația STEM poate fi comparată cu o fabrică de inovație, unde cunoștințele, creativitatea și abilitățile elevilor sunt prelucrate și transformate în soluții inovatoare pentru problemele din lumea reală.

Educația STEM este un domeniu vast și dinamic care își găsește rădăcinile în patru discipline fundamentale: știință (Science), tehnologie (Technology), inginerie (Engineering) și matematică (Mathematics). Această abordare holistică a învățării se concentrează pe cultivarea competențelor și a gândirii critice necesare pentru a aborda provocările complexe ale lumii moderne.

Acronimul „STEM” provine de la primele litere ale acestor patru domenii cheie, oferind un termen simplu și eficient pentru a descrie acest tip de educație

BUPT

integrată. Prin abrevierea STEM, se face referire la acest concept și se subliniază importanța unei abordări interdisciplinare în educație, care să încurajeze gândirea creativă și inovatoare.

A fost inventat oficial în 2001 de către Fundația Națională pentru Știință din SUA (NSF), care a dezvoltat mișcarea STEM ca răspuns la îngrijorările tot mai mari cu privire la faptul că studenții nu sunt suficient de pregătiți pentru locurile de muncă de înaltă tehnologie ale secolului XXI. A devenit astfel esențială integrarea educației STEM în învățământul de toate gradele, începând cu K-12, atât pentru zona de inovare și transfer tehnologic, cât și pentru rezolvarea problemelor și necesităților din viața reală.

În procedura de identificare a dezvoltării de variante ale acronimului STEM am analizat informații atât în vederea explicării înțelesului acronimului propriu-zis, cât și a variantelor sale de abreviere STEM. *Abbreviation Finder* (2022)[8].

Abrevierile STEM demonstrează că trebuie să integrăm înțelesul acronimului în contextul cercetării căreia se adresează. În tabelul 2.1. sunt identificate următoarele abrevieri, conform: STEM. *Acronym Finder.* (2022)[9].

Tabelul 2. 1 Variante pentru abrevierea acronimului STEM

Nr. crt.	**Variante pentru abrevierea acronimului**	**Înțelesul / Explicația abrevierii (limba engleză)**	**Categorii, Domenii de definiție**	**Frecvența de utilizare a definiției acronimului**
Navigarea agendelor și dezbaterilor actuale STEM este complexă și provocatoare.				
1.	STEM	**Science, Technology, Engineering, and Mathematics**	Tehnologia informației (IT) și calculatoare Știință, medicină, inginerie	Această definiție este folosită foarte frecvent
2.	STEM	**Science, Technology, Engineering, and Maths**	Tehnologia informației (IT) și calculatoare Știință, medicină, inginerie Afaceri, finanțe Organizații, ONG-uri, școli, universități	Această definiție este folosită foarte frecvent
3.	StEM	**Standard Evaluation Material**	Societatea Americană a Cinematografilor, testarea imaginilor digitale DCI (Statele Unite ale Americii) Tehnologia informației (IT) și calculatoare	Această definiție este folosită oarecum frecvent

[8] https://www.abbreviationfinder.org/ro/acronyms/stem.html
[9] https://www.acronymfinder.com/STEM.html

BUPT

			Afaceri, finanțe	
4.	STEM	**Secure Telephon Enabled Middlebox**	Tehnologia informației (IT) și calculatoare Știință, medicină, inginerie	Această definiție este folosită rar
5.	STEM	**Systems Telecommunications Engineering Manager**	Tehnologia informației (IT) și calculatoare	Această definiție este folosită rar
6.	STEM	**Science and Technology Enterprise Management**	Știința și tehnologia militară Tehnologia informației (IT) și calculatoare	Această definiție este folosită rar
7.	STEM	**Strategic Traffic Enforcement Measures**	Știința și tehnologia militară Armată și Guvern (Canada)	Această definiție este folosită rar
8.	STEM	**System Trainer and Exercise Module**	Știința și tehnologia militară Armată și Guvern	Această definiție este folosită extrem de rar
9.	STEM	**Special Telemetry-Equipped Missile**	Știința și tehnologia militară Armată și Guvern	Această definiție este folosită extrem de rar
10.	STEM	**Science, Technology, Engineering, And Medicine**	Știință, medicină, inginerie Organizații, ONG-uri, școli, universități	Această definiție este folosită foarte frecvent
11.	STEM	**Six Through Eight Mathematics**	Educație Știință, medicină, inginerie Organizații, ONG-uri, școli, universități	Această definiție este folosită oarecum frecvent
12.	STEM	**Studiecentrum Technologie Energie Milieu (Dutch: Technology, Energy and Environment Study)**	Știință, medicină, inginerie Organizații, ONG-uri, școli, universități	Această definiție este folosită rar
13.	STEM	**Short-Term Evangelical Mission**	Organizații, ONG-uri, școli, universități	Această definiție este folosită rar
14.	STEM	**Shaped Tube Electrolytic Machining**	Știință, medicină, inginerie Afaceri, finanțe	Această definiție este folosită rar

BUPT

15.	STEM	**Space, Time, Energy, Mass**	Argou, Cultură populară	Această definiție este folosită rar
16.	STEM-CAP	**Science, Technology, Engineering and Mathematics - Collaborative Action Plan**	Știință, medicină, inginerie Organizații, ONG-uri, școli, universități	Această definiție este folosită foarte frecvent

Totuși, meritul denumirii revine unei entități educaționale și anume Institutul STEM care a fost inițiat în 1992 cu sprijinul Administrației Naționale a Aeronauticii și Spațiului (NASA - National Aeronautics and Space Administration) și Centrului pentru Avansarea Hispanicilor în Educația pentru Știință și Inginerie (CAHSEE - Center for the Advancement of Hispanics in Science and Engineering Education) pentru a se asigura că hispanicii americani, femeile și alți studenți minoritari subreprezentați ating excelența academică prin intermediul unui sprijin continuu în timpul anilor de pre-colegiu, licență și absolvire[10].

STEM devine un program de vară, de îmbogățire academică, provocator pentru a încuraja latinii talentați, femeile și elevii de liceu dezavantajați și minoritari subreprezentați, înscriși în clasele a 9-a, a 10-a și a 11-a, să urmeze cariere în domeniul ingineriei, informaticii, științei, managementului afacerilor, antreprenoriat și matematică. Programul funcționează și în prezent, gratuit.

De-a lungul timpului, acronimul a dezvoltat variante, în ultimii câțiva ani, a fost adăugat „A” de la „Arte” transformându-se în „STEAM”. Apoi „R” pentru „Reading” (lectură, citire) sau „Robotics” (robotică), a fost adăugat la STEAM pentru a avea „STREAM”. Alte variante ale acronimului STEM, cum ar fi „STEMLE” (Știință, Tehnologie, Inginerie, Matematică, Drept și Economie), „METALS” (STEAM + Logic) și „STREM” (Știință, Tehnologie, Robotică, Inginerie și Multimedia) sunt prezentate în Anexa 4: Tipologia educației STEM.

Educația STEM este o zonă de interes interdisciplinar global, un punct cheie în pregătirea tinerelor generații pentru viitor și trebuie să ne aliniem acestui trend la nivel național, întrucât atât industria, companiile cât și societatea au ajuns în mare criză de profesioniști din domeniul real și nu poate funcționa fără ei.

Educația STEM devine astfel și o zonă de interes național, iar în Planul național de redresare și reziliență se are în vedere ca 10% din totalul de 29,2 miliarde de euro (granturi și împrumuturi) să sprijine măsurile privind educația și competențele[11].

Pachetul de legislație pentru asigurarea implementării proiectului „România Educată” (2021) adoptat în trimestrul trei al anului 2023, acoperă mai multe domenii prioritare.

Acestea includ digitalizarea, reziliența (adică mecanisme de adaptare rapidă la situațiile de criză, îmbunătățirea calității serviciilor în zonele defavorizate, rezistența studenților, etc.), carierele cadrelor didactice, managementul și guvernarea educației, precum și finanțarea educației, infrastructura educațională, curriculum și evaluare; educație incluzivă, alfabetizare practică și promovarea educației STI(A)M (știință, tehnologie, inginerie, arte și matematică).

[10] https://stem.ccny.cuny.edu/

[11] https://op.europa.eu/webpub/eac/education-and-training-monitor-2021/ro/romania.html

BUPT

În proiectul România Educată (2021), în capitolul V. Domenii prioritare se include astfel un subcapitol dedicat disciplinelor STE(A)M (p. 98-103), arta fiind opțiunea cea mai recentă de integrare în predarea lor.

Proiectul pleacă de la premisa rezultatelor slabe obținute până în prezent în domeniul științelor de elevii români, în cadrul testelor internaționale PISA (Programme for International Student Assessment) și TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) și cere inițierea unui „demers strategic național" care să conducă la creșterea profilului științelor, atât în educație, cât și în societate.

Raportul susține că acest demers strategic trebuie luat în considerare de la vârste timpurii, începând inclusiv cu educația preșcolarilor, aspect prezentat și în figura 1.4 din capitolul Introducere. De asemenea, important de subliniat pentru acest subcapitol dedicat educației STEAM, este că vine în continuarea celui dedicat alfabetizării funcționale a elevilor, care are ca prim obiectiv, cu măsurile aferente: „Susținerea și promovarea alfabetizării funcționale, la toate nivelurile și sub toate formele sale: literație, alfabetizare matematică, științifică, media, digitală și socială".

2.1.4. Descrierea problemei de cercetare

În orice domeniu, este importantă cunoașterea și înțelegerea tendințelor de inovare și dezvoltare pentru ca domeniul respectiv să fie susținut și implementat corespunzător. Acest lucru se aplică și educației STEM, combinația disciplinelor individuale (Figura 2.7) într-o aplicație multidisciplinară conduce la contextul care ajută elevii să realizeze conexiunile atât de necesare dintre viața într-o sală de clasă și viața cu lumea din jurul lor.

Această combinație provoacă profesorii care deseori își revizuiesc convingerile despre predarea și învățarea la disciplinele STEM, către abordări multidisciplinare și/sau interdisciplinare care implică rezolvarea de probleme, plasate în contextul „lumii reale".

Pentru a ghida profesorii în planificarea și implementarea educației STEM și în acest sens am procedat la o revizuire a literaturii care a identificat conceptele și caracteristicile cheie ale planificării și predării STEM, precum și modalități de a încorpora aceste concepte în curricula STEM.

Revizuirea literaturii de specialitate prezintă mai întâi diferite perspective asupra educației STEM, înainte de a explica conceptele și caracteristicile acesteia. Diferitele caracteristici sunt apoi descrise în ceea ce privește relevanța lor pentru curricula și pedagogia STEM, înainte de a le ilustra printr-un cadru care propune modul în care pot fi integrate în abordările de învățare. STEM .

BUPT

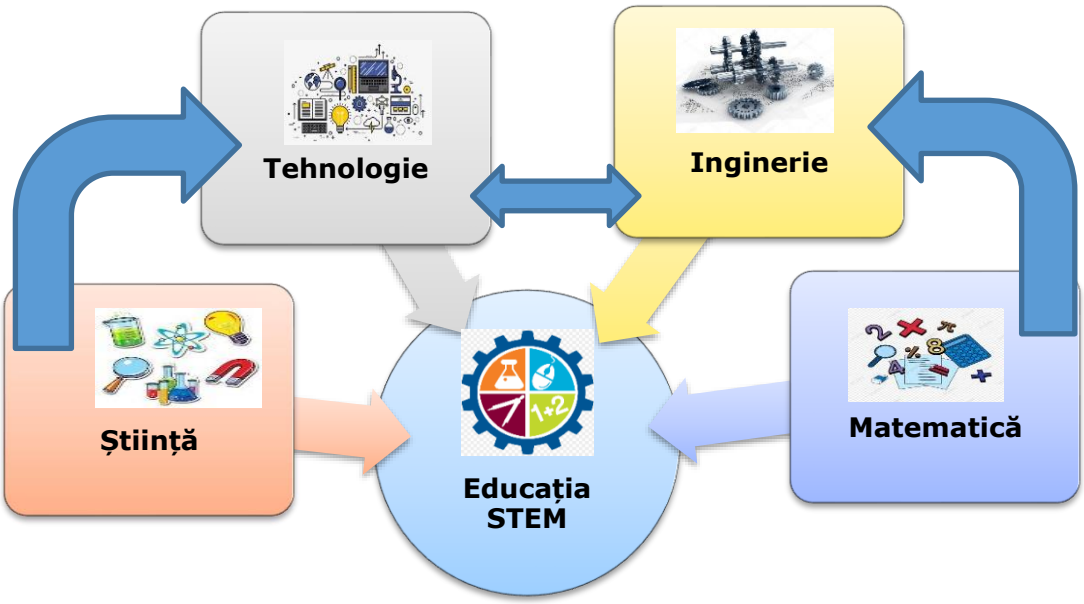


Figura 2. 7 Combinație a domeniilor STEM într-o aplicație interdisciplinară

2.1.5. Literatura în domeniul STEM

Căutările în bazele de date academice au identificat literatura care oferă informații despre conceptele cheie asociate educației STEM. Am selectat atât cele mai recente dar și cele mai relevante publicații din literatura domeniului STEM.

În anul 2020, Li ș.a., gestionează un inventar de 798 de articole publicate în 36 de reviste și jurnale, între începutul anului 2000 și sfârșitul anului 2018, care analizează tendințele în ceea ce privește susținerea la nivel internațional a dezvoltării și integrării educației STEM. Acesta este studiul care documentează cele mai numeroase dar și importante publicații pe acest subiect (Y. Li, Wang, Xiao, Froyd, ș.a., 2020b).

În introducerea articolului autorii semnalează faptul că, la o simplă căutare pe Google, a acronimului „STEM", a conceptului de „educație STEM" sau a termenului de „cercetarea educației STEM", răspunsul este extrem de voluminos, toate adunate depășind 450.000.000 de rezultate. În același articol (Li ș.a., 2020), in introducere se face referire la un studiu anterior al autorilor, cu referire la perioada august 2014 și sfârșitul anul 2018 și cu o identificare a literaturii despre conceptele cheie asociate educației STEM, dar publicate într-un singur jurnal (IJ-STEM), cu un inventar de 144 de publicații (Li, Froyd & Wang, 2019).

Tot în anul 2020, o altă echipă de cercetători, Falloon ș.a., într-un articol publicat în Springer Nature, ajunge la concluzia că: *„au identificat patru concepte ca puncte de plecare care ar putea oferi informații despre înțelegerea, focalizarea și abordarea educației K-12 STEM".*

Aceste patru concepte sunt evidențiate astfel :

1. Cunoștințe (disciplina), competențe, competențe și capacități;
2. Perspectivele și abordările în ceea ce privește planificarea educației STEM;
3. Înțelegerea curriculumului și pedagogiei STEM;
4. Înțelegerea alfabetizării STEM (Falloon, ș.a., 2020).

BUPT

Inițial, în urma căutării în bazele de date de resurse academice după cuvintele cheie (cuvintele cheie care s-au limitat la cele specifice alfabetizării și planificării STEM școlare, predării și învățării în școala K-12 STEM) autorii au luat în considerare un număr de 91 de publicații, dar după o analiză aprofundată s-au îndreptat spre 50 de documente cuprinzând 3 cărți, 7 capitole, 11 rapoarte, 1 articol de conferință și 28 de articole. Nu este însă specificată o perioadă privind încadrarea acestor documente în timp, totuși din parcurgerea referințelor bibliografice se pot aprecia anii 2005-2018.

Studiul lui Falloon este concret și cuprinde informații despre educația K-12 STEM la nivel global, fiind accesate următoarele baze de date: ProQuestSTEM, Scopusdisciplinar, Taylor and Francis Competențe, Web of Science (Social Science), Salvie, Springer, JSTOR, GALE, ERIC.

La nivel European, în anul 2018, sub îndrumarea autorilor Haesen și Van de Put, se realizează o analiză până la nivelul anului 2017, concretizată în studiul a 111 articole, dar reținându-se în atenție sintagma *STEAM*, cu referire și la artă, raportul se va axa în final pe 45 de articole (Haesen, Van de Put, 2018).

Mai recent, în anul 2022, lucrarea *„O revizuire sistematică a educației STEM cercetare în țările CCG: tendințe, lacune si bariere”*, (Kayan-Fadlelmula, ș.a., 2022), prezintă rezultatele unei revizuiri sistematice efectuate pe cercetarea educației STEM în țările Gulf Cooperation Council (Consiliul de Cooperare al Golfului, CCG). Revizuirea urmărește să contribuie la îmbunătățirea informațiilor privind literatura STEM, explorează factorii care influențează participarea studenților la STEM și identifică lacunele în cercetarea educației STEM în acele țări (Arabia Saudită, Bahrain, Emiratele Arabe Unite, Kuwait, Oman, Qatar).

Autorii remarcă 68 de lucrări, selectate din 3 baze de date (Academic Search Ultimate, Pro Quest Central și Taylor and Francis Online), dar reține doar 18 pentru a fi profund analizate, încadrate ca publicare în perioada anilor 2011-2020.

Afirmația *„STEM School este acea Școala cu o strategie clară STEM”* aparține unui alt grup de autori (Iglesias ș.a., 2018), în raportul lor publicat de European Schoolnet Brussels, care conține *„elemente și criterii cheie ale școlii STEM”*. Informațiile furnizate în acest raport se bazează pe o analiză a literaturii și pe consultări cu patru grupuri de părți cheie, interesate de educația STEM: școlile, profesorii STEM, Ministerele Educației și industriile STEM.

Prezentarea acestor criterii este deosebit de importantă deoarece definește în mod clar și concis elementele de eligibilitate necesare pentru a deveni o școală cu o educație integrată STEM. Concluziile acestui studiu pun bazele eligibilității etichetării ca și școală STEM, această propunere de etichetă fiind posibilă doar după îndeplinirea unor anumite standarde (condiții) și demonstrarea unei strategii STEM clară (Figura 2.8).

Trebuie remarcat faptul că toate standardele menționate nu funcționează individual, ci sunt interdependente.

Când ne referim la o *„Școală STEM”*, aceste standarde ar trebui să fie întotdeauna asociate cu educația STEM. Când standardele sunt îndeplinite la toate disciplinele și la nivelul școlii, școala devine *„Lider STEM”*. Prin urmare, este important de luat în considerare că procesul/procedura de eligibilitate pentru eticheta școlară STEM este un instrument deschis pentru furnizarea de idei și îndrumări, dar care permite și flexibilitate în criteriile de evaluare. În același timp, aceste elemente și standarde cheie pot fi, de asemenea, utilizate pentru a încuraja alte școli și instituții să dezvolte strategii de management al schimbării STEM în contextele lor specifice. Această etichetă ar trebui să aibă, de asemenea, efecte diferite asupra școlilor, inclusiv:

BUPT

- Promovarea parteneriatelor între școli și centre de învățământ;
- Dezvoltarea și partajarea resurselor între părțile interesate din educație;
- Implicarea școlilor într-o rețea europeană STEM, cu posibilitatea de a evolua printr-un proces de mentorat.

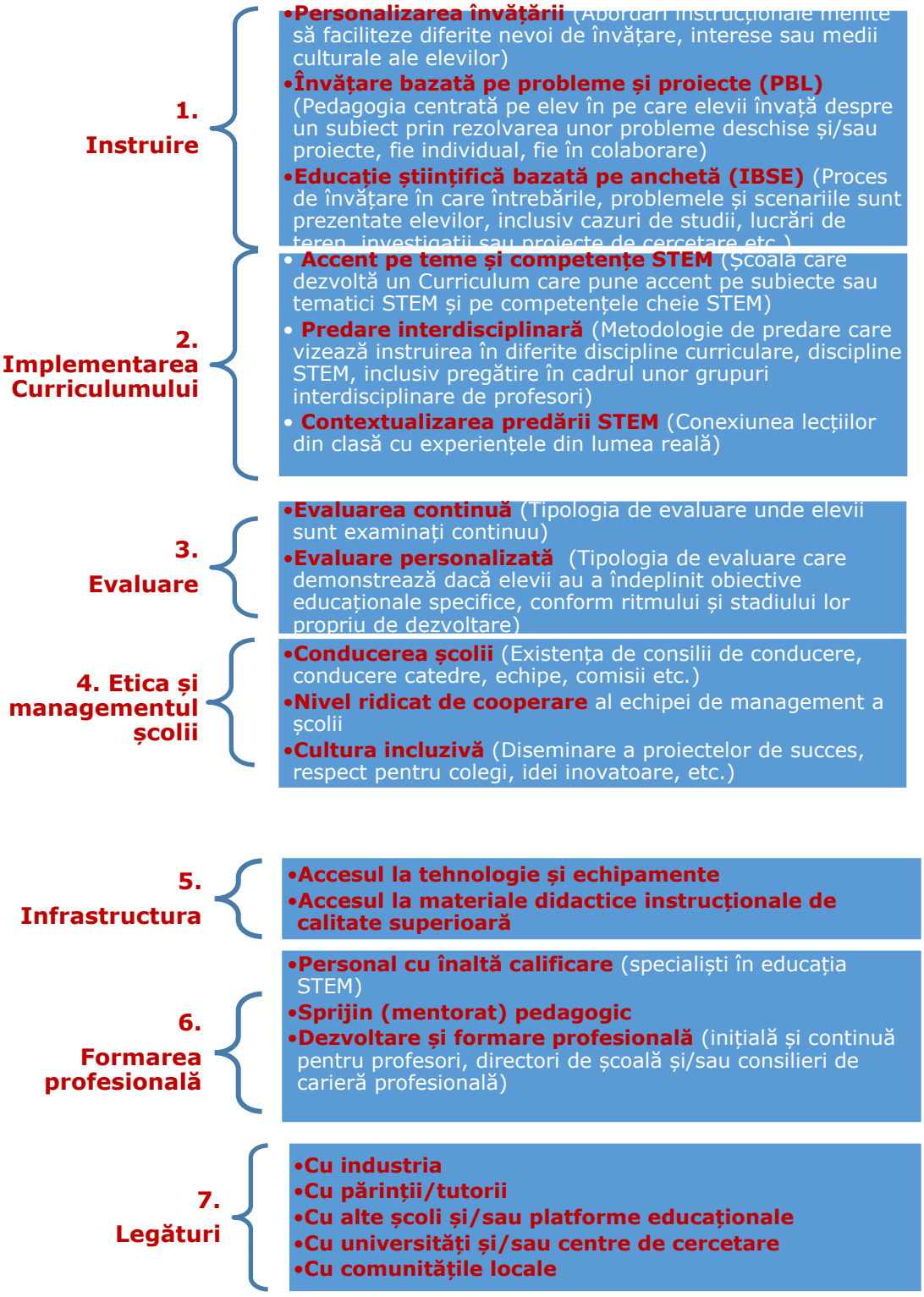


Figura 2. 8 Etichetarea „Școală STEM” (Iglesias ș.a., 2018)

BUPT

2.2. Constatări ale cercetării bibliografice. Perspective diferite privind educația STEM

Această secțiune prezintă principalele constatări ale cercetării bibliografice și conduce către interconectarea obiectivelor operaționale **(OP1) și (OP6)**, deoarece această sinteză bibliografică poate fi folosită ca fundament pentru realizarea unei analize comparative:

> **OP1.** Cercetarea și construirea unei sinteze bibliografice pe tema eficientizării, inovării și a transferului tehnologic, ca mijloace și soluții pentru integrarea educației STEM în învățământul de toate gradele, care să constituie un fundament nu doar pentru actuala teză de doctorat, ci și pentru cercetările ulterioare în domeniu;
>
> **OP6.** Realizarea unei analize comparative între inițiativele STEM la nivel global și național pentru a identifica modele de succes și a propune strategii adaptate contextului românesc

În primul rând, contextul este oferit de o discuție cu privire la natura emergentă a educației STEM, reflectată în literatura de specialitate care a indicat perspective diferite cu privire la ceea ce cuprinde educația STEM și la modul în care aceasta ar trebui planificată, predată și evaluată. Acest lucru este necesar pentru a poziționa analiza caracteristicilor în ceea ce privește domeniul încă în curs de dezvoltare, reflectând opinii diverse asupra formei și compoziției curriculumului STEM.

Bybee (2010) descrie educația STEM, „ca o etichetă generică pentru orice eveniment, politică, program sau practică care implică una sau mai multe discipline STEM" (p. 30). Cu toate acestea, literatura de specialitate sugerează că înțelegerea motivației educației STEM și a implicațiilor sale pentru predare și învățare nu sunt bine înțelese și variază în funcție de perspectivele diferitelor părți interesate (de exemplu: Breiner și colab., 2012; Holmlund și colab., 2018; Honey și colab., 2014; Newhouse, 2017; Sanders, 2012). Mai mult, Techakosit și Nilsook (2018) comentează că guvernele care alocă fonduri substanțiale în școli STEM, în general, fac acest lucru cu o așteptare de valoare economică pe termen lung, prin stabilirea unei „linii" care să producă angajați gata de muncă, inovatori și oameni de știință, capabili să dezvolte produse și servicii noi, de mare valoare.

Cu toate acestea, studii precum cele prezentate de Timms ș.a. (2018) și Zollman (2012) evidențiază un fenomen interesant în rândul profesorilor de la clasă responsabili de implementarea programelor STEM, care se străduiesc să înțeleagă cum arată educația STEM și cum ar trebui să fie planificată, de ce și cum ar trebui revizuite metodele vechi de predare, precum și cum ar trebui evaluate și raportate rezultatele elevilor. Mai mult, Breiner și colaboratorii (2012) sugerează că părinții pot pune la îndoială ceea ce ei percep a fi pedagogii și programe de studiu (curriculum) „neconvenționale" asociate cu STEM bazate pe proiecte, interpretând posibil acest lucru ca o „devalorizare" a rigorii academice asociate abordărilor tradiționale care se bazează pe disciplină.

Deși există o înțelegere tacită a faptului că motorul educației STEM K-12 poate face față provocărilor curente, unii autori subliniază pericolele adoptării de abordări tehnocratice care duc la instruire „în izolare", cu un accent strict pe rezultatele tehnice (de exemplu: Asghar și colab., 2012; Breiner și colab., 2012;

BUPT

engleză, 2016; Salam ș.a., 2017). Acești autori pledează pentru o viziune mai largă - promovarea rezultatelor personale și sociale pozitive în timp ce se implică la locul de muncă. Zollman (2012) descrie acest lucru astfel: *„a învăța să cunoști și să înveți să faci, dar și să înveți să trăiești împreună și să înveți să fii*" (p. 15). Cu toate acestea, această viziune necesită conceptualizarea educației STEM nu ca o singură disciplină, ci ca o meta-disciplină - una care integrează cunoștințe diverse într-un întreg nou (Becker și Park, 2011; Kelley și Knowles, 2016; Morrison și Bartlett, 2009).

Înțelegerea STEM în acest fel deschide posibilitatea proiectelor care reflectă mai pe deplin perspectiva educației STEM de a dezvolta abilitățile sociale, emoționale și cognitive ale elevilor, precum și o înțelegere mai profundă a cunoștințelor subiectului.

La nivel de clasă, unii autori au subliniat că STEM interdisciplinar permite profesorilor să planifice și să predea folosind pedagogii care reproduc mai îndeaproape procesele din „lumea reală" (de exemplu: Bennett și Monahan, 2013; Portz, 2015; Grupul operativ STEM, 2014; Techakosit și Nilsook, 2018; Top și Sahin, 2015). Acestea includ modele bazate pe proiecte care integrează discipline și sprijină competențele, abilitățile și colaborarea studenților STEM prin *„activități semnificative legate de problemele din lumea reală*" (Capraro și Jones, 2013, p. 52).

Khan (2015) a remarcat că proiectele autentice interdisciplinare STEM oferă oportunități valoroase de a dezvolta conștientizarea și preocuparea pentru dimensiunile morale și etice ale dezvoltării STEM. Autorul a sugerat că o abordare interdisciplinară oferă studenților posibilitatea de a critica și evalua efectul și impactul eforturilor proprii și ale altora în STEM, luând în considerare nu numai *„ce poate face STEM, ci și ce ar trebui și ce nu ar trebui să facă STEM*" (Khan, 2015, p. 151).

Perspectivele privind cunoașterea disciplinelor STEM variază, de asemenea, influențând percepțiile asupra modului în care ar trebui furnizată educația STEM. De exemplu, Oanh ș.a. (2018) susțin că există riscul în STEM interdisciplinar ca *„motivația de a produce artefacte să aibă prioritate față de dezvoltarea conceptelor științifice*" (p 1290), în timp ce alții susțin că *„elevii implicați într-o expunere integrativă, demonstrează o performanță superioară (în STEM)*" (Becker și Park, 2011, p 31)

Literatura de specialitate arată perspective diferite asupra cunoștințelor subiectului, care se reflectă în diferitele abordări ale predării STEM K-12.

STEM interdisciplinar este văzut ca o provocare pentru diviziunile disciplinare istorice și pentru modurile tradiționale de predare și evaluare a curriculumului (Holmlund și colab., 2018; Marrero și colab., 2014; Roberts, 2012), luând în considerare în același timp abordările mono- sau bidisciplinare compatibile (Hokland, 2014; Vasquez, 2014).

Roberts (2012) subliniază că diviziunile de subiecte ajută adesea educația STEM *„să identifice disciplinele individuale care o alcătuiesc*" (p 1), anulând viziunea sa asupra beneficiilor mai holistice ale unei abordări interdisciplinare Cu toate acestea, Vasques ș.a., (2013) arată că există un „punct de intrare" multidisciplinar la fel de valabil în educația STEM, acești autori poziționează cunoștințele disciplinare pe un continuum, plecând de la o singură direcție disciplinară, trecând prin muncă multidisciplinară (concepte studiate separat, dar reunite într-un proiect) și muncă interdisciplinară (concepte învățate prin integrarea disciplinelor, rezolvarea de probleme reale).

BUPT

Progresul de-a lungul continuumului sugerează o mai mare interdependență și interconexiune între discipline. Interesant este că alte publicații au identificat interdisciplinarul ca fiind interdisciplinar, sugerând că există dezbateri cu privire la terminologia utilizată pentru a descrie abordări similare (de exemplu, Asghar și colab., 2012; Honey și colab., 2014; Laforce și colab., 2014; Roberts și colab., 2014; Roberts și colab., 2012).

O serie de publicații consideră evaluarea educației STEM K-12 problematică (de exemplu, Asghar și colab., 2012; Honey și colab., 2014; Mohr-Schroeder și colab., 2015). Mai precis, evaluarea între discipline este dificilă deoarece abordările actuale se concentrează în primul rând pe predarea și evaluarea înțelegerii conceptuale într-o singură disciplină, cu puțin accent pe aplicarea cunoștințelor sau modul în care cunoștințele diferite se integrează și contribuie la rezolvarea problemelor reale.

Honey și colab. au comentat, de asemenea, că evaluările interdisciplinare STEM provoacă competențele și expertiza profesorilor, și au ridicat întrebarea dacă profesorii individuali „trebuie să fie responsabili pentru (și să posede) expertiză în mai multe domenii de conținut STEM" (2014, p. 120), chiar dacă au strategii pedagogice care sprijină implicarea studenților într-o experiență de învățare integrată. Deși există un acord general că evaluarea educației STEM K-12 necesită o abordare echilibrată care include abordări formative, ad-hoc și sumative, există puține modele sau exemple despre cum se poate îndeplini acest lucru la clasă.

Honey și colaboratorii au mai accentuat că „analizele suplimentare bazate pe clase ale programelor STEM integrate pot dezvălui oportunități suplimentare de evaluare" (2014, p. 130), și că având în vedere un accent sporit pe educația K-12 STEM, cercetarea în acest domeniu ar trebui să fie prioritizată.

În concluzie, literatura de specialitate arată diferențe în interpretarea și argumentarea educației STEM și cum ar trebui predată și evaluată în școli. Deși capacitatea de utilizare la locul de muncă este proeminentă, prioritățile pentru aceasta variază, mai mulți autori susținând o perspectivă mai largă, care să reflecte rezultate mai cuprinzătoare în ceea ce privește abilitățile personale, emoționale și sociale. Opiniile despre cum să se predea educația STEM K-12 variază de la abordări similare cu abordările existente orientate pe disciplină până la integrarea completă a disciplinelor în modele bazate pe proiecte în care cunoștințele sunt dezvoltate și aplicate după cum este necesar de proiect. Aceste perspective sunt reflectate în diferite abordări ale planificării curriculumului STEM și în diferite programe de predare.

În timp ce literatura susține în general STEM interdisciplinar și susține că abordarea este mai favorabilă dezvoltării alfabetizării generale STEM, nu există un consens cu privire la modul în care acest lucru ar trebui să fie planificat și predat în clasă. Dezbaterea se concentrează pe rolul cunoștințelor subiectului, care influențează „punctul de intrare" și designul curriculum-ului STEM și, într-o măsură mai mică, metodele de predare care susțin abilitățile, caracterul și competențele STEM.

2.3. Cadru de orientare a educației STEM

Deși există diferențe în orientarea cunoașterii disciplinei, toată literatura argumentează importanța implicării mai multor discipline la un moment dat, precum și a localizării curriculumului STEM în contexte autentice axate pe

BUPT

rezolvarea problemelor, nevoilor sau oportunităților. Elementele de gândire a designului, inclusiv cercetarea, specificarea problemelor/definirea și ideația au fost proeminente și au fost frecvent asociate cu integrarea disciplinei dincolo de STEM. Deși a existat un acord larg cu privire la oportunitatea pedagogiei centrate pe studenți și că acestea au fost, în general, mai compatibile cu competențele și dispozițiile STEM, a existat recunoașterea faptului că profesorii au un rol esențial în educația K-12 STEM ca experți în materie și în dezvoltarea curriculumului și a mediilor de învățare care optimizează oportunitățile de construire a capacităților STEM.

Atât cadrul teoretic cât și de punerea lui în practică, privind importanța disciplinelor STEM și alfabetizarea STEM, la toate nivelele de învățământ, preocupă cercetători din toate colțurile lumii (Fomunyam, 2019). Spre exemplu, în anul 2019 atrage atenția asupra acestui aspect, un educator în științele educaționale din Zimbabwe (Mpofu, 2019), care pornește de la ideea că o educație STEM eficientă este mijlocul de dezvoltare în rândul studenților a competențelor mult dorite din secolul XXI și propune un cadru teoretic practic în cinci nivele (Figura 2.9). De asemenea, cercetători din Thailanda (Techakosit, Srisakuna, 2019) propun următoarele șase elemente ale alfabetizării STEM, prezentate în Figura 2.10, iar cei din Turcia (Donmez, 2020) propun următoarele șapte dimensiuni, prezentate în Figura 2.11.

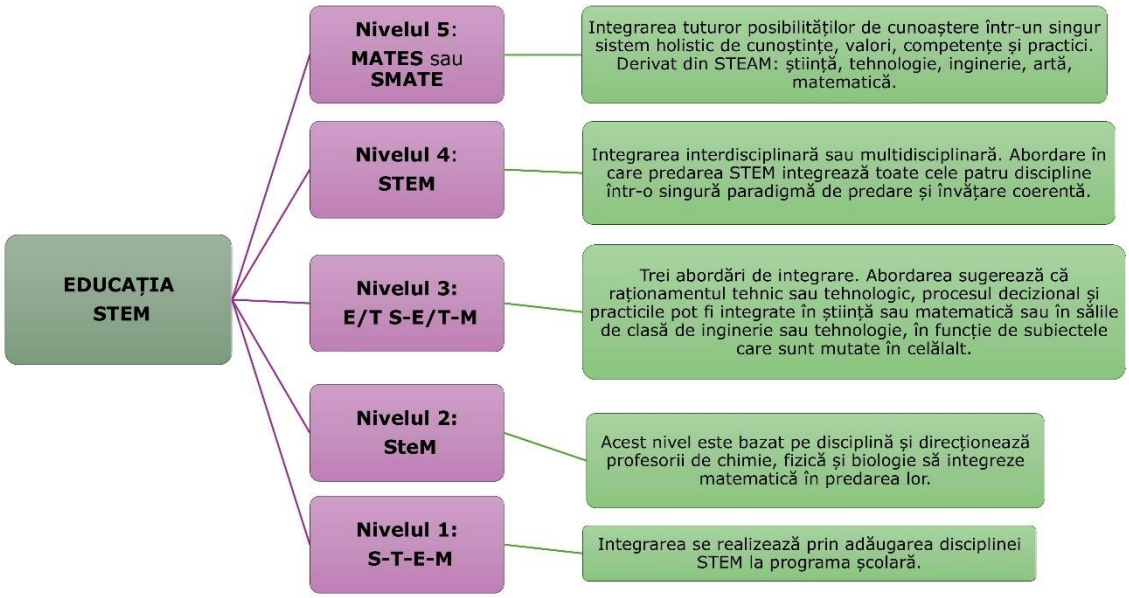


Figura 2. 9 Cadru teoretic în cinci nivele (adaptare după Mpofu, 2019)

Includerea unor cercetători mai puțin cunoscuți, precum Mpofu, Fomunyam, Techakosit, Srisakuna și Donmez, în studiul despre alfabetizarea STEM nu este doar validă, ci și relevantă, deoarece evidențiază caracterul global al acestui domeniu. Această abordare arată că discuțiile despre alfabetizarea STEM au loc în diverse regiuni și contexte, reflectând o varietate de provocări și soluții educaționale. Această perspectivă lărgește orizonturile asupra educației STEM, demonstrând că practicile și inovațiile vin din toate colțurile lumii, nu doar din partea cercetătorilor sau țărilor cel mai frecvent citate.

Pentru actualizări, revista *International Journal of STEM Education* a devenit o platformă importantă pentru cercetări influente în acest domeniu, incluzând articole care sunt larg accesate și citate. Un trend notabil în ultimii ani este

BUPT

diversitatea internațională crescândă în rândul autorilor, ceea ce indică relevanța și implicarea globală a discuțiilor despre alfabetizarea STEM. Ideea principală este că alfabetizarea STEM este o prioritate educațională la nivel mondial.

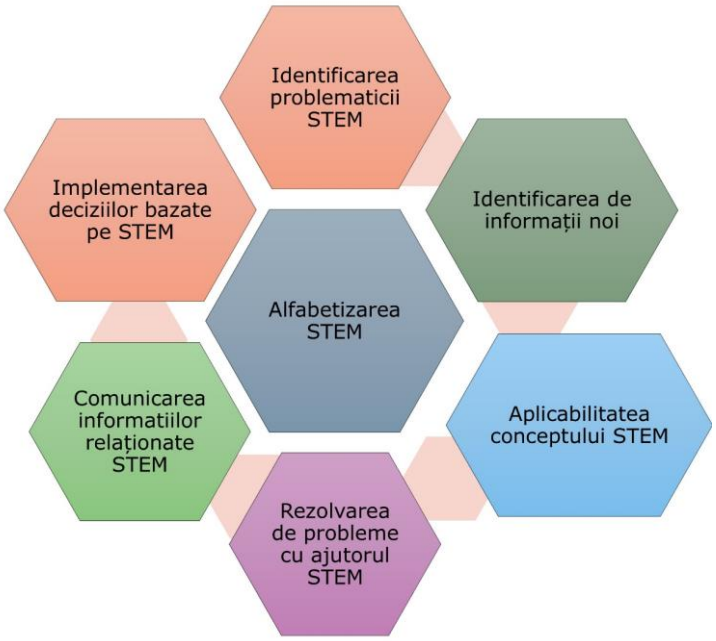


Figura 2. 10 Elementele alfabetizării STEM (adaptare după Techakosit, Srisakuna, 2019)

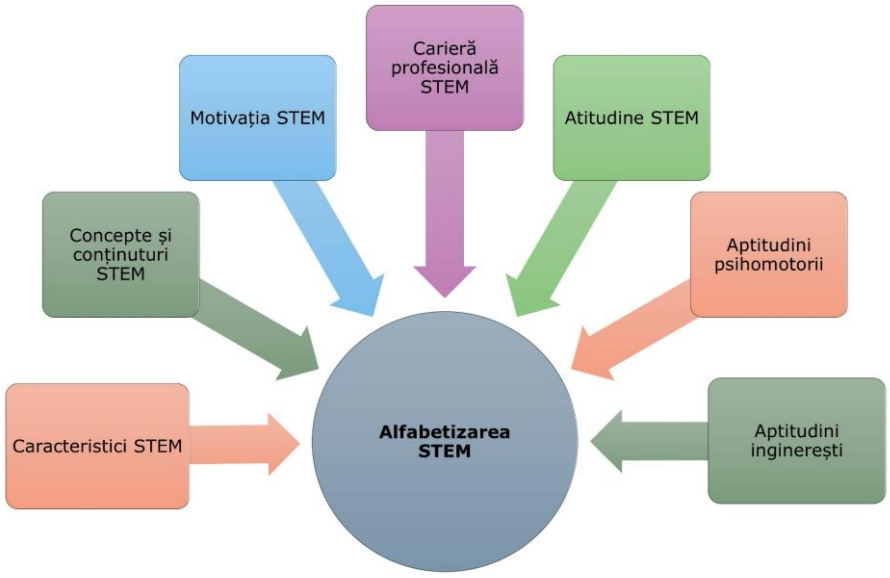


Figura 2. 11 Dimensiunile alfabetizării STEM (adaptare după Donmez, 2020)

2.4. Concluzii

Cadrele teoretice prezentate în exemplele de mai sus încearcă să conceptualizeze caracteristicile educației STEM și să le integreze în moduri diferite în programele școlare care se concentrează pe dezvoltarea alfabetizării STEM a elevilor și încurajează luarea în considerare a diferitelor abordări, strategii și roluri determinate de adaptarea scopului.

BUPT

Cu toate acestea, implementarea cadrului în mediul școlar de astăzi nu este lipsită de provocări (Bybee, 2010). Există, de asemenea, tensiuni cu politica și curriculumul național, în care profesorii sunt încurajați să exploreze metode interdisciplinare, devreme ce, în același timp, se așteaptă să raporteze cu privire la realizările studenților STEM ca discipline separate, folosind adesea teste standardizate rigide (Tims ș.a, 2018).

În pofida acestor provocări, apar exemple de STEM inovatoare și interdisciplinare și raportează rezultate pozitive, concretizate actualmente și prin proiecte (de exemplu: Becker și Park, 2011; Madden și colab., 2013; Morrison și colab., 2015; Newhouse, 2017; Roberts 2012; Sleap, 2018; National Science Foundation, 2021-2022, Missouri STEM Literacy Project).

Acestea ilustrează faptul că schimbarea către educația interdisciplinară K-12 STEM este posibilă în mediile educaționale existente și că acest lucru poate aduce beneficii semnificative pentru dezvoltarea holistică a alfabetizării STEM.

În concluzie, pentru a înțelege mai bine complexitatea și provocările asociate cu implementarea educației STEM integrate, este util să comparăm percepțiile comune cu realitatea practică. Diagramele de mai jos ilustrează această diferență fundamentală: Prima diagramă (figura 2.12) evidențiază concepția simplificată pe care mulți o au despre educația STEM integrată, văzută adesea ca o simplă predare a științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii.

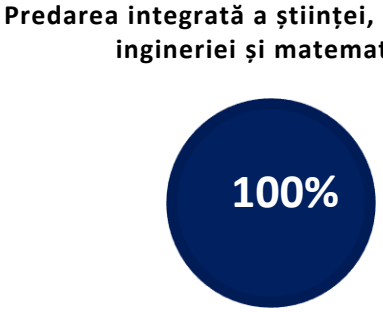


Figura 2. 12 Ce cred oamenii că este educația STEM integrată

În contrast, a doua diagramă (figura 2.13) dezvăluie complexitatea reală a acestei abordări educaționale, subliniind multiplele componente esențiale care contribuie la dezvoltarea alfabetizării STEM, inclusiv gândirea critică, aplicarea practică a cunoștințelor, utilizarea tehnologiei digitale, colaborarea interdisciplinară și adaptarea la nevoile individuale ale elevilor.

BUPT

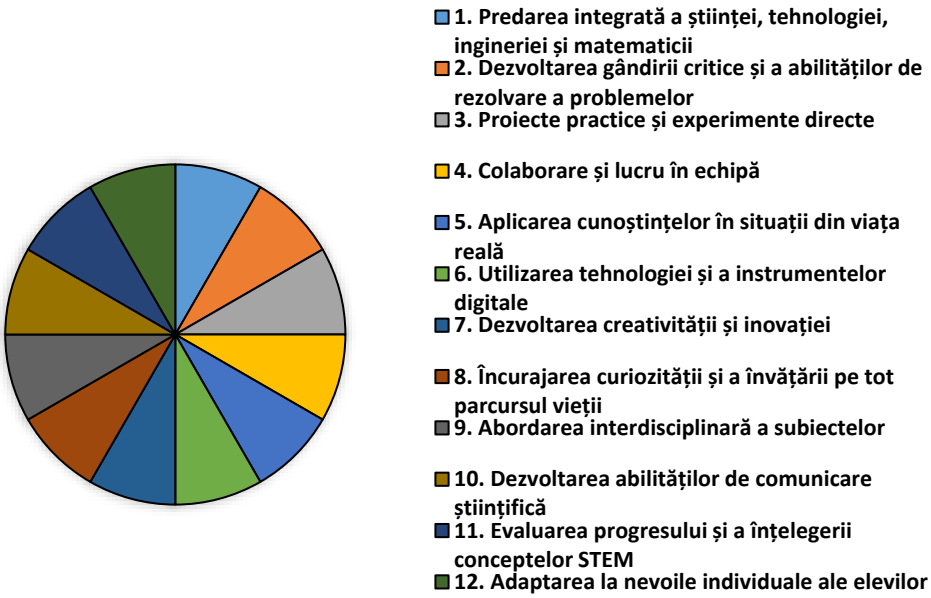


Figura 2. 13 Ce este (de fapt) educația STEM integrată

Aceste diagrame servesc ca un memento al necesității de a privi educația STEM integrată drept o abordare educațională holistică, menită să pregătească elevii pentru provocările complexe ale lumii moderne. În plus, cercetările recente în domeniul educației aplicative subliniază importanța dezvoltării competențelor esențiale pentru munca la distanță, un context din ce în ce mai prevalent în economia globală actuală. Pandemia globală a accelerat tranziția către modele de muncă hibride și complet la distanță, ceea ce a pus în lumină nevoia de a integra competențe digitale avansate, abilități de auto-gestionare și colaborare virtuală în cadrul educației STEM.

Educarea elevilor în aceste domenii, atât prin tehnici tradiționale, cât și prin metode aplicative și experiențe directe în medii virtuale, pregătește viitoarea forță de muncă pentru provocările unui mediu de lucru aflat într-o schimbare continuă. De asemenea, încurajarea deprinderii competențelor legate de munca la distanță contribuie la adaptabilitatea și reziliența studenților, permite integrarea lor în diverse echipe globale, astfel încât să răspundă eficient cerințelor dinamice ale pieței muncii.

Astfel, educația STEM integrată oferă un fundament solid în știință, tehnologie, inginerie și matematică și devine un catalizator pentru formarea competențelor necesare într-un mediu de lucru modern, inclusiv în ceea ce privește munca la distanță și colaborarea interdisciplinară. În acest sens este important să subliniem rolul tehnologiei și al digitalizării în modelarea competențelor viitorului și a modului în care acestea influențează metodele educaționale. Studiile recente evidențiază necesitatea de a dezvolta competențe digitale puternice la profesori, esențiale pentru integrarea eficientă a educației STEM în mediile de lucru la distanță sau hibride. Cadrele de competențe precum DigComp Edu sunt deja utilizate pentru a sprijini educatorii în adaptarea la noile cerințe tehnologice, subliniind importanța unei educații care îmbină știința, tehnologia, ingineria și matematica (STEM) într-o manieră interdisciplinară și aplicativă (Kelley & Knowles, 2016; National Science Teachers Association, 2015; Tytler, 2020b).

BUPT

De asemenea, există o corelație clară între educația STEM și competențele necesare pentru munca la distanță, mai ales în contextul noilor realități ale pieței muncii. Multe studii (Kelley & Knowles, 2016; National Science Teachers Association, 2015; Spyropoulou & Kameas, 2024; Șuteu ș.a., 2024; Tytler, 2020b) subliniază faptul că dezvoltarea competențelor STEM este esențială pentru a asigura angajabilitatea în viitor, unde abilitățile digitale și capacitatea de a lucra în echipe distribuite vor deveni din ce în ce mai importante. Integrarea tehnologiei și digitalizării în educație sprijină predarea STEM și pregătește elevii pentru provocările viitorului, oferindu-le abilitățile necesare pentru a reuși într-un mediu de lucru modern și dinamic. Acest aspect face ca educația STEM să nu fie doar un set de cunoștințe teoretice, ci un element esențial în formarea unor competențe relevante pentru viitor (Mihai ș.a., 2024; Provendido ș.a., 2024).

BUPT

3. CERCETĂRI TEORETICO-APLICATIVE ASUPRA SUSȚINERII EDUCAȚIEI STEM PRIN MIJLOACE ALE TEHNOLOGIEI INFORMAȚIEI ȘI COMUNICĂRII

Într-o lume actuală, dominată de inovații tehnologice, acest capitol descrie cercetări calitative ce urmăresc să aducă în prim-plan conexiunea dintre revoluțiile industriale și progresul educației STEM. De la declanșarea revoluției Industria 1.0, care introducea utilizarea puterii aburului pentru mecanizarea producției, până la Industria 4.0, care aduce în prim plan automatizarea, inteligența artificială și internetul lucrurilor (IoT), și în continuare către perspectiva Industria 5.0, care promovează industrializarea inteligenței artificiale și a roboticii avansate, s-a produs și se produce o transformare radicală în felul în care oamenii învață, lucrează și interacționează în societate.

Harta conceptuală a capitolului este prezentată în figura 3.1.

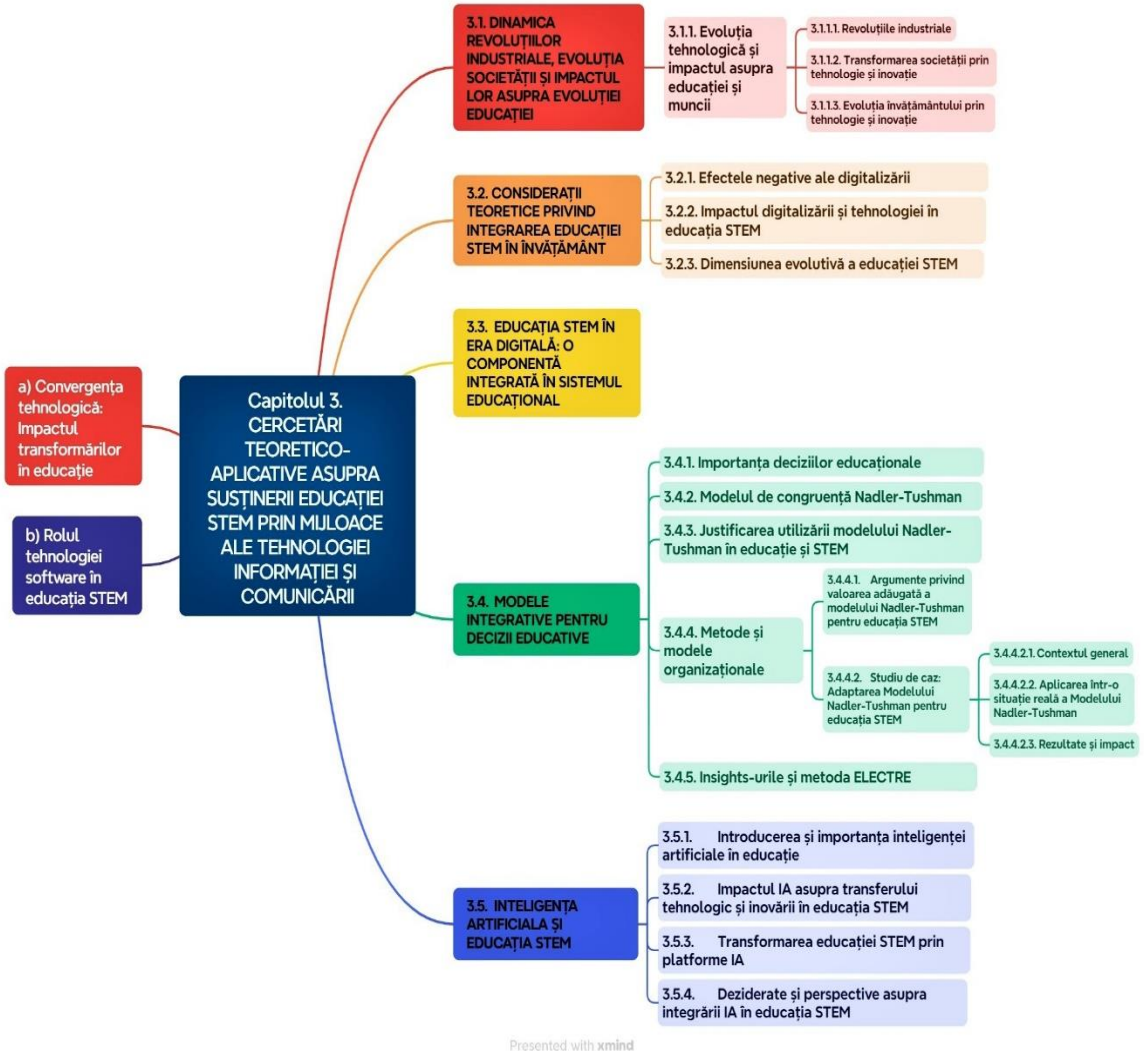


Figura 3. 1 Harta conceptuala a capitolului 3

BUPT

Educația STEM a evoluat concomitent cu revoluțiile industriale, fapt ce reprezintă o consecință directă a schimbărilor inovative și transferului tehnologic, care au remodelat societatea în profunzime. Aceste schimbări sunt vizibile pe piața muncii, unde crește cererea de profesioniști bine pregătiți în știință, tehnologie și inginerie, capabili să înțeleagă și să aplice în practică noile tehnologii.

În acest capitol se examinează soluțiile software care susțin educația STEM și se subliniază importanța funcționalităților lor în crearea unui mediu de lucru colaborativ, se prezintă modul în care este fundamentată decizia de alegere a celor mai potrivite mijloace pentru procesul de învățare, predare și evaluare, prin utilizarea metodei ELECTRE pentru decizii în condiții de certitudine.

În finalul capitolului, se investighează impactul inteligenței artificiale asupra educației STEM.

Pe fondul evoluțiilor tehnologice, cercetările prezentate în acest capitol se concentrează combinarea cadrul teoretic **(OP2)** cu impactul tehnologiilor emergente **(OP7)**, oferind o imagine completă asupra modului în care noile tehnologii pot eficientiza educația STEM. De asemenea, se concentrează pe investigarea teoretică și aplicativă a mijloacelor legate de tehnologia informației și comunicării, cu scopul de a sprijini educația STEM. Se dorește identificarea funcționalităților cheie ale acestor mijloace, din perspectiva devenirii lor drept criterii relevante în procesul de selecție a celei mai potrivite soluții pentru educație.

OP2. Fundamentarea teoretică privind demersul de eficientizare al educației STEM în învățământ.

OP7. Investigarea impactului tehnologiilor emergente, inclusiv a inteligenței artificiale, asupra eficienței și accesibilității educației STEM, și propunerea unor modele de integrare a acestora în curriculum.

a. Convergența tehnologică: Impactul transformărilor în educație

Revoluțiile industriale au modelat și remodelat societatea, iar tehnologia informației și a comunicării este motorul transformărilor și al progresului (Ban ș.a., 2023; Comission European, 2023; Hoare ș.a., 2021; Khadim ș.a., 2022; Melnyk ș.a., 2019; Xu ș.a., 2018).

Tatnall și Fluck (2022) comemorează un sfert de secol de activitate al jurnalului australian *"Education and the Information Technologies"* (EAIT). În eseurile lor introductive, ei disecă întreaga perioadă, adoptă o perspectivă retrospectivă asupra acestei publicații științifice și aplică metodele cercetării istorice pentru a evidenția tendințele în subiectele abordate. De asemenea, explorează contextul cultural în expansiune în care autorii publicați au evoluat (Tatnall & Fluck, 2022).

Redactorii australieni se referă la conceptul ***"Information Tehnology" (IT)*** respectiv ***„tehnologia informației"*** așa cum este definit în dicționarul Oxford University Press[12]: *„studierea sau utilizarea calculatoarelor, sistemelor de*

[12] "Information Tehnology: the study or use of computers, telecommunication systems, and other devices for storing, retrieving, and transmitting information", Oxford Reference, 2023, pasaj preluat din sursa originală, citat fără modificări https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/oi/authority.20110803100003879;jsessionid=6B2503928012E837A8AE89AB8649DA91

BUPT

telecomunicații și a altor dispozitive pentru stocarea, recuperarea și transmiterea informațiilor") (*Information Technology - Oxford Reference*, 2023).

De asemenea, autorii australieni atrag atenția că oamenii folosesc adesea termenul ***"Information and Communication Technology" (ICT) „tehnologia informației și comunicațiilor" (TIC)*** pentru a spune în mare parte același lucru ***(IT)*** și menționează că Dicționarul Collins English definește TIC ca *„activități sau studii care implică calculatoare și alte tehnologii electronice*" (*Indigenisation Definition and Meaning - Collins English Dictionary*, 2021).
https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/ict

Relevanța articolului *"Douăzeci și cinci de ani ai jurnalului Educație și Tehnologie Informațională: Trecut și viitor*" (Tatnall & Fluck, 2022), al celor doi redactori australieni, pentru domeniul abordat în acest capitol, este dată de accentuarea schimbărilor semnificative survenite în sfera educației și tehnologiilor informaționale în decursul celor două decenii și jumătate de existență a jurnalului. Astfel, autorii subliniază trei aspecte-cheie cu privire la dezvoltarea tehnologiei informației, aducându-le în prim-plan.

Primul punct-cheie îl constituie *creșterea semnificativă a interesului pentru cercetare în domeniul tehnologiilor informaționale în educație*, reflectată în numărul tot mai mare de articole publicate pe acest subiect în fiecare an, ceea ce indică o preocupare tot mai mare pentru înțelegerea și dezvoltarea practicilor educaționale bazate pe tehnologie.

Al doilea punct-cheie constă în *extinderea semnificativă a numărului și tipurilor de dispozitive și aplicații software utilizate în contextul educației.* Se observă o tranziție către dispozitivele conectate în rețea și mobile, care sunt din ce în ce mai prezente în rândul elevilor și se remarcă fuziunea dintre tehnologiile educaționale și managementul educațional, cu integrarea conținutului în practicile de predare online.

Al treilea punct-cheie îl reprezintă *evoluția metodelor de cercetare și analiză în domeniul tehnologiilor informaționale*. Se menționează tranziția de la cercetarea descriptivă la cercetarea detaliată și concentrată, cu utilizarea unor metode avansate precum modelarea ecuațiilor structurale și bootstrapping, care arată o dezvoltare în profunzime a înțelegerii impactului și eficacității tehnologiei în contextul educației.

Parafrazând cele arătate în (Carey, 2009), termenul ***„bootstrapping"*** se referă la procesul începerii sau dezvoltării unei afaceri sau a unui proiect, folosind resursele interne și disponibile, fără a depinde în mod semnificativ de finanțare externă sau investitori (Carey, 2009). Acest concept care provine din domeniul tehnologiei și afacerilor, poate fi aplicat în diverse alte contexte, inclusiv în educație. În esență, bootstrapping înseamnă să fii creativ și să utilizezi resursele pe care le ai la îndemână pentru a dezvolta un proiect sau o afacere, în loc să te bazezi pe finanțare externă, ***„auto-susținere"*** sau ***„auto-întreținere"***. Acest lucru poate include economisirea și gestionarea atentă a costurilor, dezvoltarea de produse sau servicii într-un mod eficient și pas cu pas, și găsirea modalităților de a genera venituri din propriul proiect sau afacere înainte de a căuta investitori externi. Sau, mai pe scurt, a avea success din aproape nimic.

Așadar, bootstrapping-ul poate aduce unele beneficii, cum ar fi păstrarea controlului asupra proiectului sau afacerii și evitarea datoriilor sau presiunilor financiare de la investitori. Conceptul este, de asemenea, provocator, deoarece te determină să te descurci cu resurse limitate și să faci alegeri strategice pentru a asigura o dezvoltare durabilă. În general, bootstrapping presupune să fii creativ,

BUPT

să fii gata să înveți din fiecare etapă a dezvoltării și să găsești modalități inovatoare de a-ți îndeplini obiectivele fără a depinde exclusiv de capital extern.

Conceptul de „bootstrapping" este folosit pe scară largă în întreaga lume în diverse domenii, inclusiv în afaceri, tehnologie, cercetare științifică, educație și dezvoltare personală. Ceea ce îl face interesant în ceea ce privește integrarea educației STEM în învățământ, este faptul că aplicare lui nu este limitată la o anumită regiune geografică sau cultură. El este aplicabil în orice context în care se urmărește dezvoltarea și avansarea folosind resurse interne disponibile. Sunt relevante în acest sens următoarele arii de aplicare:

i) Start-up-uri tehnologice: În Silicon Valley din Statele Unite sau în alte hub-uri tehnologice din întreaga lume, antreprenorii tehnologici își încep deseori afacerile prin bootstrapping, dezvoltând inițial produsele sau serviciile cu resursele limitate pe care le au și apelează la finanțare externă doar după ce își demonstrează viabilitatea și atractivitatea.

ii) Antreprenoriat global: În multe țări și regiuni din întreaga lume, antreprenorii încep afaceri prin autofinanțare sau cu alte resurse financiare limitate pe care le au la îndemână, ceea ce conduce către o abordare frecventă în dezvoltarea economiilor emergente.

iii) Educație, formare și dezvoltare personală: În acest caz contextul se referă la dezvoltarea cunoștințelor și abilităților folosind materiale și resurse gratuite sau accesibile online, fără a avea nevoie de costuri mari pentru educație formală sau cursuri costisitoare.

iv) Cercetare științifică și dezvoltare tehnologică: Bootstrapping înseamnă să dezvolți prototipuri sau să efectuezi experimente folosind resursele pe care le ai la îndemână, disponibile în laborator sau în cadrul organizației, fără a depinde de finanțare externă.

v) Artă și cultură: În lumea artei și culturii, artiștii pot începe proiecte creative sau evenimente culturale folosind resursele pe care le au la dispoziție, fără a fi nevoiți să aibă un buget mare sau sponsorizări.

În esență, bootstrapping este o abordare flexibilă și inovatoare care poate fi aplicată în orice context în care dezvoltarea și progresul sunt obiective. Aceasta încurajează găsirea de soluții creative și gestionarea eficientă a resurselor pentru a atinge obiectivele propuse (Carey, 2009).

De altfel, despre bootstrapping, putem spune că reprezintă o abordare captivantă și adaptabilă, cu un potențial remarcabil pentru integrarea educației STEM și chiar STEAM în sistemul de învățământ, în contextul în care inovația și tehnologia evoluează rapid, ideea de a începe cu resursele disponibile și de a dezvolta soluții inovatoare poate fi la fel de relevantă în educație ca și în afaceri sau tehnologie. După modul în care bootstrapping-ul încurajează dezvoltarea unei afaceri cu resursele limitate disponibile, învățământul STEM și STEAM pot fi abordate printr-o perspectivă similară. Elevii și studenții pot fi încurajați să găsească soluții creative pentru probleme complexe, folosind resursele și cunoștințele la care au acces într-un mod inovator, iar această abordare poate încuraja spiritul de inițiativă, gândirea critică și dezvoltarea abilităților practice. În contextul STEAM, care înglobează și arta în abordarea STEM (Connor ș.a., 2015), bootstrapping-ul poate contribui la crearea unui mediu educațional în care elevii nu doar că înțeleg conceptele tehnice, dar le aplică într-un mod creativ și expresiv.

De exemplu, învățând să folosească tehnologii precum imprimantele 3D sau software-ul de design (Drăghici ș. a., 2021), elevii și studenții, chiar și educatorii

BUPT

lor, pot explora modalități de a crea opere artistice și obiecte funcționale, integrând elementele tehnologice în procesul lor creativ. Bootstrapping-ul devine astfel o cale către dezvoltarea abilităților STEM, dar și a gândirii critice și a creativității, caracteristice educației STEAM.

Conceptul de bootstrapping aduce un suflu proaspăt și inovator în abordarea educației STEM și STEAM. Promovează dezvoltarea adaptabilă, soluțiile creative și învățarea practică, raportate la viața de zi cu zi, toate acestea fiind esențiale pentru pregătirea elevilor și studenților în fața provocărilor tehnologice și complexității lumii moderne[13].

b. Rolul tehnologiei software în educația STEM

Tehnologia software reprezintă coloana vertebrală a revoluției digitale. Aproape fiecare aspect al vieții moderne este influențat sau susținut de aplicații și programe software, de la interacțiunile noastre de zi cu zi la operațiunile complexe din industrii critice (Jetsadanuruk & Chansanam, 2023a). Abordări precum bootstrapping au deschis calea spre inovații tehnologice, și astfel, abordarea agilă a dezvoltării software s-a dezvoltat din dorința de a utiliza în mod eficient resursele disponibile pentru a crea produse și soluții de impact (Pleasants, 2023).

În contextul educației, aceste abordări generează reale oportunități. De la prezentări interactive la platforme de învățare online, tehnologia software îmbrățișează educația cu mâini deschise, evoluează dincolo de simpla prezentare a conținutului și este un instrument esențial pentru personalizarea și îmbunătățirea experienței de învățare.

Platformele de învățare online utilizează în prezent algoritmi de tip ***„inteligență artificială”*** (IA) și tehnici de ***„deep learning”*** pentru a analiza datele și comportamentul elevilor, permițând astfel adaptarea conținutului și a ritmului de învățare la nevoile individuale[14].

După consultarea literaturii de specialitate pe acest subiect (Kumar ș.a., 2023); (Safarov ș.a., 2023), se poate contura o posibilă percepție generală (interpretată în mod personal de autoare) pentru acest concept:

---

[13] https://www.jstor.org/stable/20027897

[14] Cambridge Dictionary explică deep learning, separat și specific pentru educație și calculatoare, conceptul fiind definit astfel:

i) pentru Education: ***”a complete way of learning something that means you fully understand it and will not forget it”*** („o modalitate completă de a învăța acel ceva pe care îl înțelegeți pe deplin și pe care nu îl veți uita niciodată”) și dă spre clarificare următoarea explicație: ”Deep learning is the kind you take with you through the rest of your life.” („Învățarea profundă este tipul de învățare pe care îl păstrezi cu tine pe tot parcursul vieții, care nu se uită niciodată”);

ii) pentru Computing: ***”a type of artificial intelligence that uses algorithms (= sets of mathematical instructions or rules) based on the way the human brain operates”*** („Tip de inteligență artificială care utilizează algoritmi (= seturi de instrucțiuni sau reguli matematice) bazate pe modul în care funcționează creierul uman”) și, de asemenea, spre clarificare: ”The company has made astonishing progress in the branch of AI called deep learning.” („Compania a înregistrat progrese uimitoare în ramura inteligenței artificiale numită deep learning”).

(https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/deep-learning)

BUPT

Deep learning este o subramură a învățării automate în cadrul inteligenței artificiale, care se concentrează pe utilizarea rețelelor neuronale artificiale cu multiple straturi, pentru a analiza și înțelege date complexe. Aceste rețele cu arhitectură profundă sunt capabile să învețe reprezentări ierarhice și caracteristici ascunse din date, permițând rezolvarea unor probleme complexe, precum recunoașterea de modele în imagini sau texte. Procesul de învățare în deep learning implică ajustarea iterativă a parametrilor rețelelor neuronale pe baza datelor de antrenament, cu scopul de a obține rezultate cât mai precise în sarcinile de analiză sau predicție.

Numele „deep learning" provine de la faptul că acești algoritmi utilizează rețele neuronale artificiale cu multiple straturi (sau niveluri) pentru a procesa și învăța din date. Dacă în rețelele neuronale tradiționale, cu un singur strat sau doar câteva straturi, procesul de învățare este mai limitat, deep learning utilizează rețele neuronale cu numeroase straturi interconectate („straturi ascunse"), care permit abordarea problemelor complexe, precum recunoașterea facială, traducerea automată, analiza datelor sau învățarea semnificațiilor ascunse din imagini, sunete sau texte.

Un exemplu de aplicare a deep learning în educație ar putea fi dezvoltarea unui ***sistem de evaluare automată a lucrărilor sau a testelor****, care poate identifica nuanțe subtile ale răspunsurilor elevilor și poate oferi feedback detaliat. De asemenea, tehnica de deep learning poate fi utilizată pentru a crea* ***asistenți virtuali educaționali*** *care pot interacționa cu elevii într-un mod mai natural și personalizat.*

Într-o lume caracterizată de schimbări rapide și cerințe tot mai complexe, educația STEM și chiar STEAM (adăugând Arta în ecuație) tinde să devină unul dintre pilonii esențiali în pregătirea viitoarelor generații. În prezent, procesele de învățare, predare și evaluare sunt strâns legate și se desfășoară simultan, rezultat care conduce la cercetări concentrate asupra creării unui mediu de lucru colaborativ optim în educație. Demersul subliniază importanța găsirii soluțiilor software care facilitează interacțiunea și cooperarea eficientă între elevi, profesori și resursele educaționale. Trebuie remarcat progresul esențial în domeniul inteligenței artificiale, în special al tehnologiei deep learning, a cărei abordare, bazată pe algoritmi care imită funcționarea creierului uman, poate juca un rol crucial în dezvoltarea soluțiilor software care să eficientizeze procesele educaționale și să ofere suport adaptat nevoilor fiecărui elev și profesor (Ban ș.a., 2023).

Așa cum am arătat în partea introductivă a acestui capitol, obiectivul cercetărilor constă și în explorarea funcționalităților cheie ale mijloacelor tehnologiei informației și comunicării, în special ale soluțiilor software, și în evidențierea importanței lor în crearea unui mediu de lucru colaborativ optim în domeniul educației (Melnyk ș.a., 2019).

Prin integrarea educației STEM, în (Bajaj & Sharma, 2018; Parusheva ș.a., 2023) se propune îmbunătățirea procesului de învățare și o adaptare la provocările și oportunitățile prezentate de lumea contemporană.

Acest capitol relevă conexiunea strânsă dintre progresul tehnologic și evoluția educației STEM, prin identificarea și aplicarea celor mai potrivite mijloace software pentru a sprijini procesele de învățare și crearea unui mediu de lucru colaborativ, optim adaptat cerințelor societății contemporane (Jetsadanuruk & Chansanam, 2023b).

BUPT

3.1. Dinamica revoluțiilor industriale, evoluția societății și impactul lor asupra evoluției educației

Creativitatea și creația omului, precum și dinamicile societății, reprezintă surse nelimitate în ceea ce privește procesul de inovare în toate domeniile în care acestea se manifestă și pe care își pun amprenta. Integrarea educației STEM în învățământ joacă în acest sens, un rol semnificativ, având relevanță internațională.

Trebuie subliniat faptul că, de-a lungul timpului, etichetele și conceptele referitoare la dinamici precum revoluțiile industriale, evoluția societății și evoluția învățământului, sunt subiecte de dezbatere și schimbare continuă.

Termenii privind societatea și educația pot fi utilizați în mod informal, pentru a ilustra diferitele etape de dezvoltare ale unui domeniu și pentru a arăta cum s-a schimbat și evoluează lumea în care trăim. Înțelegerea evoluției în aceste domenii poate oferi o perspectivă mai largă asupra progresului uman și a impactului inovării și transferului tehnologiei asupra societății și educației.

Integrarea educației STEM, pe toate palierele de învățământ, în contextul în care evoluția societății umane și a sistemelor de educație (la nivel global) marchează tranzițiile de la revoluțiile industriale la lumea complexă de astăzi, devine o necesitate clară și urgentă, pentru asigurarea unui viitor adesea incert, dar plin de provocări.

Un pas important în acest sens a fost făcut în anul 2011 prin dezbaterile sintetizate în documentul *„Definirea provocărilor integrării educației STEM”*, redactat de către European Schoolnet, rețeaua europeană a 30 de ministere ale educației (Alexa Joyce & Dzoga, 2011).

Dezbaterile au reunit lideri din domeniul științelor, tehnologiei, ingineriei și matematicii, precum și factori de decizie politici, reprezentanți ai mediului de afaceri și industrie, pentru a face schimb de idei, cu privire la cele mai bune practici și înțelegeri legate de educația STEM în întreaga Europă, Orientul Mijlociu și Africa (EMEA) (Alexa Joyce & Dzoga, 2011). Aceste discuții au servit ca trambulină pentru evoluția ulterioară, iar în anul 2020, Oficiul pentru publicații al Uniunii Europene, prin intermediul Direcției Generale Cercetare și Inovare (Comisia Europeană), a lansat o inițiativă de cercetare și dezvoltare aducând în prim plan conceptul *„Industria 5.0”* (Breque, M., De Nul, L., Petridis, 2021).

Integrarea educației STEM în toate nivelurile de învățământ este intrinsec legată de conceptul *„Industria 5.0"* în multiple modalități semnificative. Pentru o obține o înțelegere și interpretare mai profunde și detaliate, putem extrage direct din document[15] definiția acestui concept. Acesta este susținută de următoarele

[15] *”Industry 5.0*

Human-centric, sustainable and resilient

Industry 5.0 is characterised by going beyond producing goods and services for profit. It shifts the focus from the shareholder value to stakeholder value and reinforces the role and the contribution of industry to society. It places the well-being of the worker at the centre of the production process and uses new technologies to provide prosperity beyond jobs and growth while respecting the production limits of the planet. It complements the existing "Industry 4.0" approach by specifically putting research and innovation at the service of the transition to a sustainable, human-centric and resilient European industry.” pasaj preluat din sursa originală, citat fără modificări (Breque, M., De Nul, L., Petridis, 2021)
https://op.europa.eu/ro/publication-detail/-/publication/aed3280d-70fe-11eb-9ac9-01aa75ed71a1

BUPT

argumente, care sunt prezentate (într-o adaptare și traducere personală a autoarei) pentru pentru cei trei piloni esențiali, așa cum sunt ilustrați în figura 3.2:

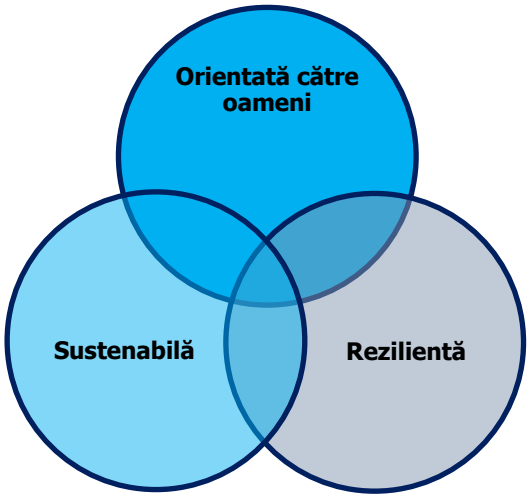


Figura 3. 2 Cei trei piloni ai „Industriei 5.0", prelucrare după publicația UE „Industria 5.0 – Orientată către om, sustenabilă și rezilientă" (Breque, M., De Nul, L., Petridis, 2021)

„Industria 5.0
Orientată către oameni, sustenabilă și rezilientă
Industria 5.0 este caracterizată prin depășirea simplului proces de producție de bunuri și servicii în scopul obținerii de profit. Perspectiva se schimbă, se concentrează mult mai mult pe valoarea adăugată adusă părților interesate, și se subliniază rolul și contribuția industriei în societate. În cadrul acestei abordări, accentul se pune pe bunăstarea lucrătorilor, care devin punctul central al procesului de producție. Noile tehnologii sunt utilizate pentru a asigura prosperitatea, depășind limitele simplelor locuri de muncă și de creștere economică. Totodată, se respectă caracterul limitat al resurselor de producție ale planetei, astfel încât să nu se afecteze negativ mediul înconjurător. Paradigma întregește și îmbunătățește abordarea deja cunoscută a „Industriei 4.0", dar se deosebește de aceasta deoarece pune accentul, în mod specific, pe cercetare și inovare, în direcția unei tranziții către o industrie europeană sustenabilă, orientată către oameni și capabilă să facă față provocărilor viitoare, fiind rezilientă în fața schimbărilor și provocărilor economice și sociale".

Deși documentele UE nu menționează explicit STEM, ideea *„educației STEM"* este implicit prezentă în spiritul acestor documente. *„Industria 5.0"* reprezintă o tranziție semnificativă în conceptul de *„industrie"*, prin incorporarea automatizării, tehnologiilor avansate și inteligenței artificiale. Aceste elemente sunt integrate astfel încât să promoveze interacțiunea și colaborarea strânsă între oameni și mașini.

Unul dintre pilonii esențiali ai Industriei 5.0 este abordarea holistică și cooperativă a tehnologiei, în situația în care lucrătorii umani și roboții colaborează pentru a obține rezultate optime. Acest aspect este subliniat de Kraaijenbrink (2022) și evidențiază nevoia de a pregăti forța de muncă pentru această realitate emergentă.

În plus, documentul UE evidențiază și legătura directă dintre Industria 5.0 și integrarea educației STEM în învățământ. Aceasta sugerează că dezvoltarea abilităților STEM este esențială pentru ca lucrătorii să fie pregătiți să opereze în noul peisaj industrial, unde tehnologia și inovația joacă un rol central. Prin urmare,

BUPT

chiar dacă nu există o mențiune explicită a STEM în documente, conceptul este subînțeles și reprezintă o componentă cheie în pregătirea forței de muncă pentru Industria 5.0., deoarece:

a) Industria 5.0 se bazează pe tehnologii avansate, respectiv inteligența artificială, automatizare și internetul lucrurilor. Integrarea educației STEM în învățământ pregătește elevii și studenții în ceea ce privește cunoștințele și abilitățile necesare pentru a lucra în aceste domenii tehnice emergente;

b) Integrarea STEM încurajează atât gândirea critică cât și gândirea creativă, abilități esențiale pentru abordarea Industriei 5.0. Elevii și studenții învață să inoveze, să rezolve probleme, să propună soluții și să adapteze tehnologiile existente pentru obținerea de rezultate bune și foarte bune;

c) Industria 5.0 promovează colaborarea dintre diverse domenii tehnologice, astfel că o abordare interdisciplinară încurajeză aplicarea cunoștințelor din mai multe discipline simultan, ajutând la rezolvarea problemelor complexe, care reflectă interconectivitatea muncii dintre oameni și mașini în industrie;

d) Educația STEM folosește tehnologia în procesul de învățare, iar Industria 5.0 se bazează pe tehnologie avansată. Se oferă astfel elevilor și studenților posibilitatea de a face practică învățând prin experimentare cu tehnologiile și instrumentele pe care le vor întâlni în industrie;

e) Industria 5.0 poate avea un impact semnificativ asupra schimbărilor sociale și economice. Educația STEM poate ajuta elevii și studenții să dezvolte adaptabilitatea pentru o carieră profesională și oportunități într-un mediu într-o continuă schimbare.

Integrarea educației STEM în învățământ este benefică, contribuie la pregătire elevilor și studenților pentru oportunitățile și provocările Industriei 5.0, dezvoltă cunoștințe, abilități și mentalități necesare pentru a face față noilor paradigme tehnologice și economice (Mirea ș.a., 2023).

Pentru a înțelege interconectivitatea dinamică a conceptelor, în subcapitolul următor se prezintă istoricul, evoluția și impactul legăturilor dintre revoluțiile industriale, transformarea societății umane și învățământ.

3.1.1. Evoluția tehnologică și impactul asupra educației și muncii

Impactul transformării tehnologice asupra societății și educației se poate observa aproximativ din anul 1750, odată cu industria aburului și în prezent, odată cu robotica avansată. De la primele zile ale "Industriei 1.0", când puterea aburului a inaugurat epoca mecanizării producției, până la revoluția "Industriei 4.0," cu automatizarea, inteligența artificială și internetul lucrurilor ca protagoniști, și, în prezent, către "Industria 5.0," unde inteligența artificială și roboții avansați se contopesc într-un mod inedit cu lumea industrială, asistăm la transformări profunde în modul în care desfășurăm activitățile cotidiene, lucrăm și interacționăm.

Această evoluție industrială nu reprezintă doar o schimbare de tehnologie, ci și o transformare fundamentală a felului în care ne definim viața și munca (Paschek & Draghici, 2019), este o (r)evoluție progresivă care impune cu necesitate o abordare educațională nouă, actualizată, care să reflecte noile cerințe ale pieței muncii și provocările dinamice ale societății (Firu ș.a., 2021).

BUPT

În această secțiune se va atinge obiectivul operațional **OP7.** Investigarea impactului tehnologiilor emergente, inclusiv a inteligenței artificiale, asupra eficienței și accesibilității educației STEM, și propunerea unor modele de integrare a acestora în curriculum.

3.1.1.1. Revoluțiile industriale

Una dintre etapele epocale din inima evoluției noastre ca societate este etapa revoluțiilor industriale. Inovarea și transferul tehnologic sunt roțile care au pus în mișcare progresul și schimbările radicale cu privire la modul în care interacționăm cu mediul înconjurător.

Aceste revoluții au dezvoltat, în paralel cu toate transformările, o lume care se află într-o mișcare rapidă (Melnyk ș.a., 2019). În lucrare, cercetătorii ucraineni avansează ideea rolului revoluțiilor industriale în implementarea tranziției către faza actuală modernă, ceea ce în mod logic conduce și către învățământ. În paralel cu această tranziție, învățământul își găsește propria cale către transformare, cu integrarea educației STEM, în fiecare etapă o procesului de învățare.

Legătura dintre revoluțiile industriale și educația STEM este una intrinsecă și esențială. Revoluțiile industriale devin motorul schimbărilor economice, iar educația STEM motorul schimbărilor intelectuale (Ban ș.a., 2023). Educația STEM oferă instrumentele necesare pentru a răspunde noilor și complexelor cerințe generate de aceste revoluții, astfel că acest parteneriat se consolidează de-a lungul timpului și pune bazele unei fundamentări vitale în ceea ce privește construirea viitorului colectiv.

Figura 3.2 prezintă informații relevante referitoare la conceptul de revoluție industrială, care evoluează de-a lungul timpului și continuă să fie subiect de dezbatere și cercetare (Agamuthu, 2017; Huberman ș.a., 2017; Paschek ș.a., 2018; Pilevaria & Yavari, 2021; Pirvu & Zamfirescu, 2017; Popkova ș.a., 2019; Sharkawy, 2021).

Înțelegerea semnificațiilor acestor revoluții (Rennung ș.a., 2016) și implicațiile revoluțiilor în evoluția societății este deosebit de importantă în contextul educației STEM și al schimbărilor tehnologice continue.

Industria 1.0 reprezintă prima fază a Revoluției Industriale și a avut loc în perioada aproximativă a sfârșitului secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea. Această perioadă este caracterizată de transformări majore în modul de producție, schimbând radical societatea și economia. În esență, Industria 1.0 marchează o perioadă de transformare radicală, punând temelia pentru schimbările ulterioare din domeniul industrial și influențând cursul istoriei umane.

Este corect să afirmăm că elemente ale educației STEM sunt folosite în procesul de învățare încă din perioada Industriei 1.0, desigur nu sub denumirea specifică de „educație STEM”.

Într-o perioadă de tranziție semnificativă din istoria umanității, caracterizată de dezvoltarea mașinilor cu abur și trecerea de la metodele tradiționale de producție la fabricarea industrială, educația joacă un rol esențial în pregătirea și formarea forței de muncă necesare pentru a opera și întreține noile mașini și tehnologii. Concepte și elemente de știință, matematică, inginerie și tehnologie, sunt transmise prin intermediul școlilor tehnice, academiilor și prin învățare practică în industrie.

BUPT

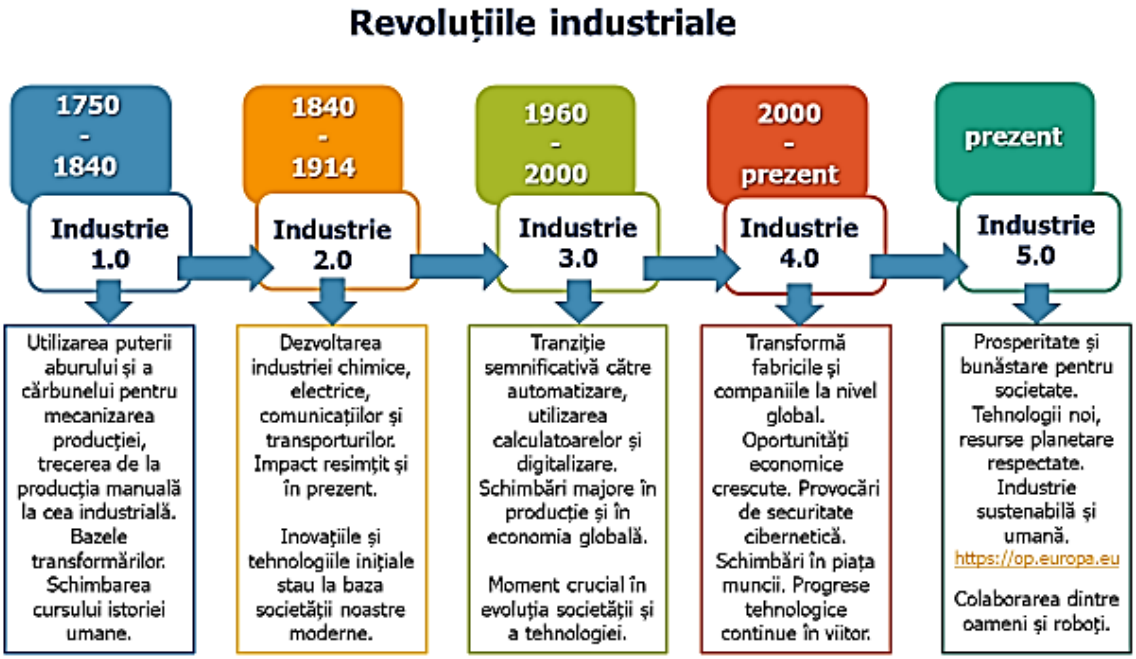


Figura 3. 3 Aspecte cheie privind impactul revoluțiilor industriale asupra societății

De exemplu, matematica este folosită pentru a înțelege și calcula mecanismele și structurile mașinilor, iar știința este esențială pentru înțelegerea principiilor de funcționare ale acestora. În același timp, învățarea tehnică și practică joacă un rol crucial în pregătirea lucrătorilor pentru a opera mașinile și a le menține în funcțiune.

Pentru a completa imaginea, putem observă că, încă din perioada Industriei 1.0, Ada Lovelace a fost un promotor al educației STEM, concentrându-se în mod desosebit pe promovarea cunoștințelor în domeniul matematicii și al programării.

Ada Lovelace (născută Augusta Ada King, Contesă de Lovelace) a trăit în secolul al XIX-lea (1815-1852) și a fost o matematiciană și scriitoare engleză cunoscută în special pentru munca ei alături de matematicianul Charles Babbage, dar și pentru contribuțiile sale în domeniul calculului mecanic. Au colaborat pentru a dezvolta idei și concepte revoluționare. Proiectul special la care au lucrat "Analytical Engine," este o mașină teoretică considerată precursorul primelor calculatoare (Strawn, 2023). A scris note extinse, în care a prezentat algoritmi pentru această mașină, permițând astfel rezolvarea unor probleme matematice complexe. Aceste note includ primul program de calculator din lume, ceea ce o face adesea să fie considerată prima programatoare din istorie (Carlucci Aiello, 2016; Fara, 2020; García-Ramos ș.a., 2022; Hollings ș.a., 2017, 2018; Natale & Henrickson, 2022; Padua, 2017).

Contribuțiile remarcabile ale Adei Lovelace în epoca sa (Industria 1.0) au avut un impact semnificativ asupra dezvoltării calculatoarelor și programării, aspecte care devin fundamentale în Industria 3.0. Prin urmare, Ada Lovelace poate fi privită ca un pionier în promovarea educației STEM, contribuind la popularizarea și înțelegerea conceptelor matematice și tehnologice într-o perioadă în care acest domeniu era încă în faza sa incipientă de dezvoltare. Moștenirea ei continuă să fie recunoscută și să inspire femeile și fetele din întreaga lume să urmeze cariere în domeniul științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii (Mirea ș.a., 2021).

Pe parcursul revoluțiilor industriale, dar și în prezent, numeroase personalități remarcabile promovează educația STEM și aduc contribuții

BUPT

semnificative în domeniile științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii. Aceste personalități notabile sunt încă un motiv de inspirație, atât pentru tineri, cât și pentru publicul larg pentru implicarea în știință și tehnologie:

Marie Curie (1867-1934): A fost prima femeie care a primit două premii Nobel, unul pentru fizică și altul pentru chimie. Ea a fost o pionieră în studiul radiațiilor și a jucat un rol crucial în dezvoltarea radiologiei medicale.

Albert Einstein (1879-1955): Unul dintre cei mai cunoscuți fizicieni din istorie, a contribuit la dezvoltarea teoriei relativității, revoluționând înțelegerea noastră asupra spațiului, timpului și gravitației.

Nikola Tesla (1856-1943): Inventator și inginer, a adus contribuții semnificative în domeniul electricității și al tehnologiei fără fir, jucând un rol crucial în dezvoltarea sistemului de curent alternativ.

Alan Turing (1912-1954): Unul dintre pionierii informaticii, a jucat un rol esențial în descifrarea codurilor enigmatice ale mașinii Enigma utilizată de Germania nazistă în timpul celui de-al Doilea Război Mondial.

Grace Hopper (1906-1992): Cunoscută sub numele de "The Mother of COBOL," a fost o matematiciană și informaticiană care a dezvoltat primul compilator pentru limbajul COBOL și a promovat standardizarea limbajelor de programare.

Carl Sagan (1934-1996): Astronom și astrofizician, a popularizat știința prin emisiuni TV, cărți și articole.

Stephen Hawking (1942-2018): A fost unul dintre cei mai faimoși fizicieni teoreticieni din lume și a adus contribuții semnificative în domeniile cosmologiei, găurilor negre și teoriei cuantice.

Mae Jemison (n. 1956): Prima femeie de culoare care a zburat în spațiu, este medic și astronaută și a devenit un model pentru promovarea carierelor STEM în rândul femeilor și minorităților.

Fiecare dintre aceste personalități are o contribuție importantă privind cercetarea în domeniul științelor și tehnologiei și conduce la dezvoltarea teoriilor fundamentale și a conceptelor care influențează metodele și modalitatea în care materiile STEM sunt predate și înțelese în zilele noastre.

Totuși, cel care este numit drept *„părintele teoriei informației”* este **Claude Shannon** (1916-2001), care în articolul fundamental, intitulat *"A Mathematical Theory of Communication" („O teorie matematică a comunicării")*, publicat în 1948 în jurnalul Bell System Technical Journal, introduce ideea că informația poate fi reprezentată într-un mod abstract folosind **„biți”** sau unități de informație binară, care pot avea valorile 0 sau 1. Acest concept a avut un impact profund asupra dezvoltării calculatoarelor și a domeniilor legate de comunicații și criptografie (Shannon, 1948).

La o cercetare bibliometrică, informații de mai jos, extrase din IEEE*Xplore* până în luna iulie 2023 și prezentate în Figura 3.4, sunt 85.733 de persoane care au parcurs textul complet al lucrării și conform aceleași surse (”metrics”), în SCOPUS e citată în 29.151 de documente[16].

[16] https://ieeexplore.ieee.org/document/6773024/citations?tabFilter=papers#citations

BUPT



Figura 3. 4 Extras prelucrat după informațiile IEEE*Xplore*

Deși există mai multe biografii scrise despre Claude Shannon, una dintre cele mai cunoscute este *"A Mind at Play: How Claude Shannon Invented the Information Age" („O minte în acțiune: Cum a inventat Claude Shannon epoca informației")*, biografie scrisă de americanii Jimmy Soni și Rob Goodman, apărută în anul 2022, carte care câștigă Premiul Neumann pentru istoria matematicii.

Această biografie explorează viața și contribuțiile lui Claude Shannon la dezvoltarea teoriei informației și a calculatoarelor și reprezintă o sursă excelentă pentru a înțelege mai bine impactul lui Shannon asupra domeniilor tehnologice și științifice. Biografii prezintă nu doar povestea lui Claude Shannon - una dintre cele mai remarcabile minți ale secolului al XX-lea și arhitectul ***Epocii Informației***, ci și perspicacitatea sa, care stă la baza fiecărui computer construit, fiecărui email trimis, fiecărui video transmis și fiecărei pagini web încărcate.

Așa cum Ada Lovelace este considerată un promotor timpuriu al educației STEM, contribuind la popularizarea și înțelegerea conceptelor matematice și tehnologice într-o perioadă în care domeniul era încă în stadii incipiente de dezvoltare, Claude Shannon este un polimat inovator, un inventator genial și un pionier al tehnologiei digitale. El a construit primul calculator purtat, a înșelat cazinourile din Vegas și a creat roboți jongleri. De asemenea, a scris textul seminal al revoluției digitale (Shannon, 1948), numit *"the Magna Carta of the Information Age"* (*„Magna Carta a Epocii Informației")*.

De-a lungul istoriei, toate aceste minți strălucite conturează calea către inovație și progres. Claude Shannon, geniul din spatele ***Epocii Informației***, creează bazele pentru tehnologia pe care o utilizăm astăzi și transformă conceptul de **"bit"** într-o forță motorie a lumii digitale. Într-un context similar, Ada Lovelace, o figură-cheie a secolului al XIX-lea, a pionierat programarea computerelor și a deschis drumul pentru generațiile următoare de femei în știință și tehnologie. Aceste evoluții sunt în concordanță cu revoluțiile industriale care au modelat și modelează societatea modernă. De la apariția mașinilor cu abur la explozia revoluției digitale, progresul tehnic reconfigurează lumea în moduri neașteptate, iar în prezent, educația STEM reprezintă o parte importantă din lanțul viitorului tehnologic.

Informații detaliate cu privire la conexiunea educației STEM cu revoluțiile industriale, sunt sintetizate în Anexa 5 (Caracteristici majore cu privire la revoluțiile industriale). În fiecare etapă a dezvoltării industriale, educația STEM a evoluat pentru a răspunde noilor cerințe ale pieței de muncă și pentru a forma profesioniștii capabili să inoveze și să contribuie la progresul tehnologic și economic.

BUPT

3.1.1.2. Transformarea societății prin tehnologie și inovație

Pe măsură ce industria și tehnologia au evoluat, a crescut rolul educației STEM în dezvoltarea forței de muncă și în pregătirea generațiilor viitoare pentru a face față provocărilor tehnologice și științifice din epoca modernă, iar în prezent, educația STEM este recunoscută ca fiind o abordare fundamentală pentru promovarea gândirii critice, creativității și rezolvării problemelor în societatea contemporană.

Figurile 3.4 și 3.5 oferă o perspectivă generală asupra evoluției în timp a societății, în strânsă legată cu transformările aduse de revoluțiile industriale și cu impactul tehnologiei informației și comunicării (Agamuthu, 2017; Huberman ș.a., 2017; Pirvu & Zamfirescu, 2017; Popkova ș.a., 2019). În contextul învățământului și al educației STEM, înțelegerea acestei evoluții poate ghida dezvoltarea metodelor și tehnologiilor educaționale adecvate cerințelor societății actuale.

„Societate 1.0", „Societate 2.0", „Societate 3.0", „Societate 4.0" și posibila imperativă „Societate 5.0" sunt concepte noi, propuneri teoretice și filozofice, care evidențiază tranziția societății pe măsură ce progresează și evoluează în funcție de transformările aduse de tehnologie și inovație (Kleinert, 2021). Se poate afirma cu siguranță că Societățile se suprapun și se dezvoltă continuu și nu sunt delimitate de anumite intervale de timp clare, fiecare dintre ele construind pe realizările etapei anterioare (Fukuyama, 2018). De asemenea, pentru a înțelege această tranziție, este necesară cercetarea și recunoașterea influenței pe care au avut-o în acest sens, câteva dintre țările dezvoltate ale lumii: Japonia, Statele Unite ale Americii, China, Germania, Coreea de Sud.

Statele Unite ale Americii prin Silicon Valley din California este probabil unul dintre cele mai importante centre de inovație și dezvoltare tehnologică din lume, dar la nivel internațional este important să se țină seama că, pe măsură ce tehnologia și inovația progresează, aceste centre pot evolua și se pot schimba. Este cazul centrelor-cheie din Beijing și Shenzhen din China, Tel Aviv din Israel, Bangalore din India, Berlin din Germania, Seul din Coreea de Sud, Toronto din Canada, Stockholm din Suedia, cunoscute fie pentru start-up-urile din industria tehnologică, fie pentru hub-urile de inovație sau pentru companiile din domenii precum securitatea cibernetică, tehnologia medicală, dezvoltarea hardware-ului și software-ului.

Ca exemplu concludent se poate considera cazul Japoniei: i) în perioada preistorică, țara a fost populată de vânători-culegători, care au dezvoltat propriile lor practici culturale, unelte simple și care au trăit în armonie cu natura; ii) în etapa dezvoltării tehnicilor agricole inovative, și ne referim cu preponderență la culturile de orez în terenuri umede, asistăm la un moment crucial în ceea ce privește dezvoltarea societății japoneze; iii) societatea modernă japoneză din timpul erei Meiji (1868 -1912) (McLaren, 2013; Takeuchi, 2010) cunoaște o industrializare progresivă, prin deschiderea către adoptarea tehnologiei și practicilor occidentale, care aduc cu sine modernizarea, creșterea economică și dezvoltarea infrastructurii; iv) în etapa revoluției tehnologiei informaticii și comunicațiilor, este lider în domenii precum electronica, industria calculatoarelor, roboții și tehnologia auto; v) *„societatea superinteligentă"*, "Society 5.0", este conceptul propus de guvernul japonez (Fukuyama, 2018) cu adresabilitate asupra îmbinării tehnologiei cu bunăstarea umană, cu provocări în ceea ce privește îmbătrânirea populației, sustenabilitate, dezvoltare durabilă.

Conceptul de *„societate superinteligentă"* (Society 5.0) a fost inițiat de către guvernul japonez și a fost propus pentru prima dată în 2016 (Kumano, 2022).

BUPT

Conceptul se referă la o viziune în care tehnologia avansată și inteligența artificială sunt utilizate pentru a transforma societatea într-o societate orientată spre inovație, bunăstare și dezvoltare durabilă și care integrează tehnologia în toate aspectele vieții cotidiene și industriale, cu scopul de a rezolva probleme majore, inclusiv de a îmbunătăți calitatea vieții tuturor cetățenilor.

Așa după cum se arată în continuare, influența conceptului de *„societate superinteligentă"* asupra educației STEM în Japonia (M. M. H. Cheng, 2022) și în lume, poate fi profundă și relevantă în mai multe privințe:

1. **Cultivarea abilităților STEM**

Conceptul de *„societate superinteligentă"* pune un accent puternic pe tehnologie și inovație. Pentru a atinge acest obiectiv, educația STEM devine esențială. În Japonia, și pretutindeni în lume, se investește în dezvoltarea unor programe educaționale și resurse care să încurajeze tinerii să se implice în știință, tehnologie, inginerie și matematică (Kumano, 2022).

2. **Anticiparea provocărilor tehnologice**

Într-o lume în care tehnologiile avansate, cum ar fi inteligența artificială și automatizarea, au potențialul de a transforma piața muncii și economia, educația STEM poate ajuta indivizii să se adapteze și să anticipeze aceste schimbări (Valtonen ș.a., 2022), pregătindu-i mai bine pentru viitoarele locuri de muncă.

3. **Inovația și cercetarea**

„Societatea superinteligentă" promovează inovația ca motor al progresului (Aceto ș.a., 2010), iar educația STEM încurajează tinerii să gândească critic, să rezolve probleme și să dezvolte tehnologii noi, aspect care poate contribui la dezvoltarea de soluții pentru provocări majore precum schimbările climatice sau sănătatea publică.

4. **Globalizarea și colaborarea**

„Societatea superinteligentă" nu se limitează la o singură țară sau regiune fiind esențială colaborarea internațională. Prin promovarea educației STEM, se pregătesc viitorii lideri și cercetători, atât pentru a colabora la nivel global, cât și pentru a aborda probleme complexe la scară internațională (United Nations, 2023).

Din motivele prezentate mai sus, se poate afirma că *„societatea superinteligentă"* are potențialul de a revoluționa educația STEM și de a influența modul în care tinerii sunt pregătiți pentru viitor. Educația STEM devine un pilon esențial pentru atingerea obiectivelor unei astfel de societăți (Freeman ș.a., 2019), iar investiția în dezvoltarea competențelor STEM poate avea un impact profund asupra viitorului societății.

Un cercetător renumit din Japonia în domeniul integrării educației STEM este Shoji Kajita[17], cunoscut pentru contribuțiile sale semnificative în domeniul educației științifice și tehnologice, precum și pentru promovarea abordărilor STEM în școli și universități din Japonia. Shoji Kajita a fost, de asemenea, directorul Institutului RIKEN pentru Știința și Ingineria Educațională din Japonia și a fost implicat în dezvoltarea programelor și inițiativelor de educație STEM la nivel național.

[17] https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/0b556c42-47c3-4ce3-9541-0e56e12bb965-a158895a/relevance/1
https://scholar.google.com/citations?hl=ro&user=0gHEuewAAAAJ

BUPT

Exemplul japonez în contextul evoluției societății, tehnologiei și educației reprezintă un studiu de caz relevant asupra modului în care o națiune poate evolua într-o perioadă relativ scurtă de timp, trecând de la o societate feudală tradițională la o putere economică și tehnologică de prim rang la nivel mondial.

De asemenea, exemplul japonez oferă o viziune remarcabilă asupra modului în care o națiune poate evolua și prospera într-o lume în schimbare rapidă. Succesul Japoniei în diverse domenii se bazează pe o serie de factori-cheie care pot fi generalizați și teoretizați în felul următor:

Primul factor cheie este ***flexibilitate și adaptabilitate culturală***. Japonia a demonstrat abilitatea de a combina cu succes tradițiile și cultura sa cu inovația și tehnologia modernă, iar adaptabilitate culturală a permis și permite în continuare adoptarea și adaptarea cu succes de tehnologii și practici străine, contribuind astfel la dezvoltarea sa rapidă.

Al doilea factor cheie sunt ***investițiile masive în educație***. Educația este dintotdeauna considerată un pilon fundamental în Japonia, guvernul și societatea pun un accent deosebit pe asigurarea că tinerii au acces la învățământ de calitate. Promovarea competențelor necesare pentru economia și societatea moderne sunt o prioritate, iar integrarea educației STEM în curriculumul școlar a fost și este un factor crucial în dezvoltarea sa.

Al treilea factor cheie sunt ***parteneriatele dintre guvern și industrie***[18]. Japonia a fost în măsură să stimuleze dezvoltarea sa economică și tehnologică prin colaborarea strânsă între guvern și sectorul privat, în timp ce parteneriatele au susținut cercetarea și dezvoltarea în domenii cheie precum tehnologia, robotica și industria auto. Ca rezultat, Japonia devine un centru global al inovației.

Un alt factor crucial este ***cultura orientată spre excelență***. Japonia se remarcă prin profundul său angajament față de perfecțiune și inovație, iar căutarea neîncetată a excelenței și dorința de a învăța din eșecuri reprezintă catalizatori semnificativi pentru progresul constant al țării. Această cultură a muncii și a inovației, caracterizată prin devotamentul față de îmbunătățire continuă, este un motor esențial al dezvoltării Japoniei.

Nu în ultimul rând, un alt factor cheie important, este ***reacția rapidă la schimbări și provocări***. Japonia a demonstrat abilitatea de a răspunde rapid la schimbările tehnologice și sociale, iar această adaptabilitate este vizibilă în adoptarea rapidă a tehnologiilor avansate, în pregătirea forței de muncă pentru noile provocări și în abordarea problemelor sociale, cum ar fi îmbătrânirea populației.

Exemplul japonez ilustrează modul în care o națiune poate naviga cu succes într-o lume în continuă schimbare, punând un accent deosebit pe educație, inovație și colaborare între sectoarele public și privat. Acești factori oferă lecții valoroase și inspirație privind dezvoltarea și evoluția altor societăți în contextul schimbărilor tehnologice și sociale.

Japonia oferă o ilustrare a modului în care o societate poate evolua și prospera într-o lume în schimbare rapidă. Legea adaptabilității culturale, investiția în educație, colaborarea guvern-industrie și cultura orientată spre excelență sunt

[18] "... systemic funding reform is needed to move towards a 'Society 5.0', defined by the Cabinet Office of Japan in 2021 as: *A human-centred society that balances economic advancement with the resolution of social problems by a system that highly integrates cyberspace and physical space.",* pasaj preluat din sursa originală (Kumano, 2022), citat fără modificări din Abstractul sursei originale

BUPT

piloni importanți ai succesului japonez, iar aceste lecții pot fi aplicate într-un context global pentru a promova dezvoltarea societăților în secolul XXI.

Evoluția acestor concepte în economiile lumii este subiectul unor discuții continue, care vor cunoaște extinderi semnificative foarte rapid (figura 3.5 și figura 3.6).

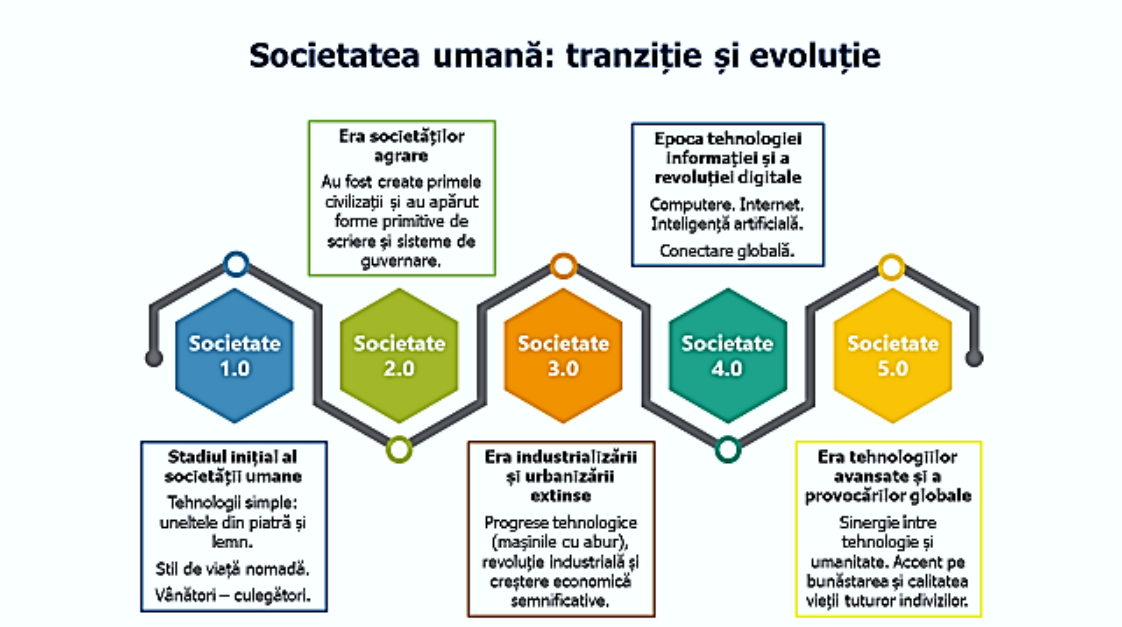


Figura 3. 5 Puncte cheie în tranziția de la Societatea 1.0 la Societatea 5.0

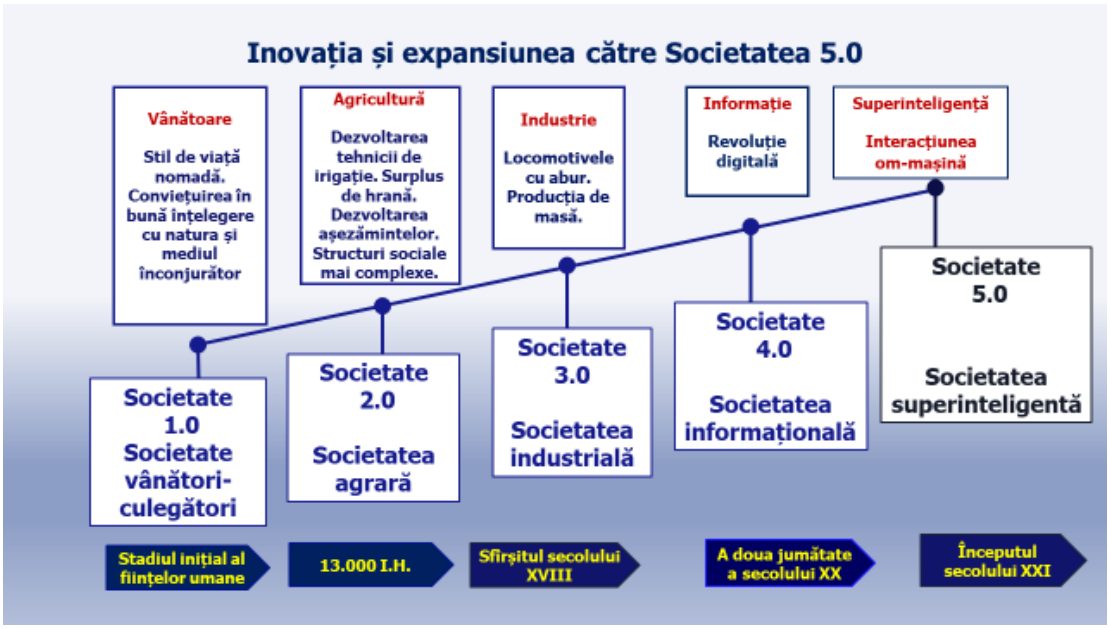


Figura 3. 6 Interconexiunea dintre evoluția societății și tehnologie

În evoluția ei, societatea a generat nevoi noi, care au impus transformări inclusiv în educație. Spre exemplu, Societatea 1.0, caracterizată prin agricultură și producție manuală, a necesitat un model educațional simplu, bazat pe cunoștințe practice (Educație 1.0). Pe măsură ce societatea a evoluat către modele industriale și tehnologice (Societățile 2.0 și 3.0), educația a trebuit să răspundă cerințelor de

BUPT

formare a unei forțe de muncă specializate (Educație 2.0 și 3.0). Societatea 4.0, condusă de tehnologie digitală și inovație, a determinat o schimbare radicală în educație, punând accentul pe competențele digitale, rezolvarea problemelor și gândirea critică (Educație 4.0). În cele din urmă, odată cu apariția Societății 5.0, unde interacțiunea om-mașină și inteligența artificială domină peisajul, Educația 5.0 urmărește o personalizare maximă a învățării, integrând tehnologii avansate pentru a sprijini formarea indivizilor într-un mod sustenabil și orientat spre inovație socială.

Această paralelă, între evoluția societății și educației, va fi analizată în secțiunea următoare.

3.1.2. Evoluția învățământului prin tehnologie și inovație

Conceptele de *„Educație 1.0"* până la *„Educație 5.0"* nu sunt standardizate global (Huk, 2021) și pot varia în funcție de sursele și experții implicați în dezvoltarea acestor modele din mai multe motive:

i) educația este în continuă evoluție, reflectând schimbările în societate și tehnologie;
ii) diversitatea culturală influențează modul în care fiecare etapă este percepută și aplicată;
iii) experții din diferite domenii pot avea perspective diferite asupra acestor concepte;
iv) schimbările de paradigmă în educație pot fi subliniate diferit de surse diverse;
v) dezvoltarea globală neuniformă influențează interpretarea și aplicarea conceptelor în diferite țări.

Educația 1.0 până la Educația 5.0 este un cadru util pentru a înțelege evoluția învățământului, dar este important să recunoaștem că acest cadru poate fi interpretat și aplicat în moduri variate în funcție de context și perspectivă. De asemenea, este important să fim conștienți de această variație și să abordăm discuțiile despre educație cu deschidere la diversitatea de opinii și contexte. Spre exemplu, experții din diferite domenii - de la pedagogi și psihologi la tehnologi și sociologi - pot avea perspective diferite asupra a ceea ce reprezintă fiecare fază a Educației 1.0 până la 5.0 (Rumbidzai Muzira & Maupa Bondai, 2020). Un expert în tehnologie ar putea pune mai mult accent pe utilizarea tehnologiei în educație, în timp ce un psiholog se poate concentra pe aspectele cognitive ale procesului de învățare. Educația este puternic influențată de nivelul de dezvoltare economică și tehnologică a unei țări, ceea ce reprezintă o fază a educației într-o țară dezvoltată poate fi cu totul diferit de ceea ce reprezintă aceeași fază într-o țară în curs de dezvoltare.

Evoluția învățământului este evidențiată în Figura 3.7 și arată provocările față de schimbările produse de revoluțiile industriale și accentuate de transformările societății (Agamuthu, 2017; Huberman ș.a., 2017; Pirvu & Zamfirescu, 2017; Popkova ș.a., 2019). Figura oferă o privire de ansamblu asupra modului în care educația STEM s-a dezvoltat și s-a adaptat pentru a răspunde noilor cerințe de pe piața muncii (Baesu ș.a., 2015; Draghici ș.a., 2015).

În ceea ce privește adaptarea educației la dinamica revoluțiilor industriale, pentru a putea răspunde provocărilor și a profita de oportunități, Bisri, Putri & Rosmansyah (2023) în articolul lor despre transformarea digitală, inovație și schimbările produse de acestea, în special în învățământul superior, afirmă că era

BUPT

actuală este caracterizată de globalizare rapidă, perturbare tehnologică, condiții de volatilitate, incertitudine, complexitate și ambiguitate (VUCA), dar și de noi tendințe care apar în urma pandemiei de Covid-19 (Bisri ș.a., 2023; Kasih ș.a., 2020). Cercetătorii indonezieni remarcă: *„Diverse inovații sunt necesare pentru a depăși provocările și a profita de oportunități, precum și pentru a pregăti studenții să abordeze problemele viitorului. Evoluția educației este strâns împletită cu impactul revoluției industriale."*

De asemenea, cercetătorii indonezieni plasează la același nivel conceptele „Educație 4.0", și „Universitate 4.0", care utilizează tehnologia digitală pentru a se adapta la era actuală, ajungând la concluzia că Educația 4.0 este cea care produce schimbările radicale.



Figura 3. 7 Aspecte cheie privind evoluția de la Educație 1.0 la Educație 5.0

O analiza sumară devine necesară pentru a înțelege mai bine conceptele de „Universitate 1.0", „Universitate 2.0", „Universitate 3.0", „Universitate 4.0" și „Universitate 5.0", care au fost influențate de revoluțiile industriale și sunt abordate în literatura academică în discuțiile privind evoluția viitorului învățământului (Gueye & Exposito, 2020).

i) Universitate 1.0: Reprezintă modelul tradițional al universităților, bazat pe predare tradițională, metode tradiționale de evaluare, învățământul în clasă;
ii) Universitate 2.0: Introduce utilizarea tehnologiilor de bază (calculatoare, rețele), elemente de interacțiuni și comunicare, dar modelul anterior este încă predominant;
iii) Universitate 3.0:Tehnologiile de comunicare și de colaborare online cîștigă teren, cu participarea activă a studenților și cu învățarea colaborativă;
iv) Universitate 4.0: Personalizarea învățării, acest model implică adoptarea largă de tehnologii digitale, automatizare, inteligență artificială atât în procesele educaționale cât și în cercetare și administrare;
v) Universitate 5.0: Un viitor al învățământului superior în care tehnologia și inteligența artificială joacă un rol substanțial, important, care presupune că vor crea medii de învățare extrem de personalizate și adaptative și se vor integra perfect cu comunitățile și cu mediul înconjurător.

BUPT

Studiul conceptului de „Universitate” și integrarea educației STEM în învățământ conduce spre o legătură semnificativă către „Educație 4.0” (Kasih ș.a., 2020a) și „Universitate 4.0” (Gueye & Exposito, 2020), în contextul transformării învățământului superior și al adaptării la necesitățile și cerințele societății actuale (Urhahne & Wijnia, 2023).

Pot juca un rol cheie în promovarea și implementarea educației STEM universitățile care adoptă abordări de tip 4.0, contribuind astfel în mod oportun la pregătirea studenților față de provocările celei de-a patra revoluții industriale. Întrucât „Universitate 4.0” (Kasih ș.a., 2020b) pune accent puternic pe personalizarea și adaptarea învățării, integrarea educației STEM poate permite studenților să-și dezvolte competențele în funcție de abilitățile și competențele lor.

Informațiile furnizate în această secțiune constituie o punte de legătură către înțelegerea conexiunilor dintre evoluția revoluțiilor industriale, transformarea societății și modelarea învățământului. Această legătură esențială, oferă context pentru schimbările continue, permite construirea unei baze solide pentru abordările educaționale actuale, având ca scop pregătirea viitoarei forțe de muncă în domeniul STEM (Li ș.a., 2019). Prin conectarea cunoașterii despre trecut cu cerințele tehnologice și științifice din prezent, este creat cadrul în care se pot dezvolta abilități și competențe relevante pentru a se conduce inovațiile viitorului (Y. Li, 2014).

3.2. Considerații teoretice privind integrarea educației STEM în învățământ

Conceptele de *”STEM Education”* (*„Educația STEM”*) de la 1.0 până la 5.0, nu sunt standardizate global și, asemenea conceptelor de „Educația 1.0” până la „Educația 5.0”, pot varia ca interpretare în funcție de sursele și experții implicați.

Cu toate acestea, educaționiști din China (Zhong ș.a., 2022) s-au întrebat și au dezvoltat ideea despre cum ar trebui să arate o clasificare de top a Educației STEM, întrebări care a condus la mai multe răspunsuri, prezentate ca o descriere generală în Figura 3.8, despre modul în care a evoluat și a fost discutat STEM în diverse contexte. În lucrarea lor, cei cinci cercetători chinezi arată importanța și mandatul Chinei pentru conservarea și promovarea culturii și identității lor naționale în mediul global.

Autorii subliniază intenția factorilor politici și sociali responsabili din China, care caută să utilizeze terminologie și să desfășoare acțiuni care sunt specifice culturii lor, în loc să adere la modele sau terminologie străine, ca o abordare pentru a menține și a susține diversitatea culturală și identitatea lor distinctă în lumea modernă. Totuși, în contextul actual, China caută să dezvolte concepte educaționale proprii, adaptate la specificul lor cultural și la necesitățile lor unice. Aceasta strategie include și crearea de terminologie STEM proprie (prezentată în continuare) și dezvoltarea de abordări educaționale care reflectă contextul lor sociocultural și politic. Prin acest demers, China își afirmă identitatea și autonomia în domeniul educației STEM, în ciuda influențelor sau modelelor externe (Zhong ș.a., 2022):

Educația STEM 1.0 se caracterizează printr-o abordare tradițională a învățării științifice și matematice, cu un accent deosebit pe predarea cunoștințelor teoretice. În această primă fază, procesul educațional este în mare parte pasiv, bazat pe manuale și prelegeri frontale.

BUPT

Educația STEM 2.0, este o fază de tranziție în care s-a subliniat nevoia de a aduce mai multă aplicabilitate și relevanță învățării STEM. În această fază au apărut inițiativele pentru implicarea activă a elevilor în experimente și proiecte practice.

Educația STEM 3.0, este reprezentativă în ceea ce privește creșterea utilizării tehnologiei în educație, integrarea profundă a STEM-ului cu celelalte discipline și accentul pe colaborare și rezolvarea de probleme.

Educația STEM 4.0, implementează ideea de interdisciplinaritate introdusă încă din etapa anterioară (3.0), unde STEM a fost integrată într-un context mai larg, luând în considerare aspecte sociale, economice și etice. Aceasta este faza în care gândirea critică și abilitățile de comunicare sunt dezvoltate în procesul de predare-învățare-evaluare.

De asemenea, în (Zhong ș.a., 2022) se prezintă o nouă propunere privind cele patru niveluri ale educației STEM și gradele corespunzătoare de gândire sau abordare cognitivă pentru fiecare dintre ele. Educația STEM 1.0 până la 4.0 corespunde celor patru niveluri de integrare: disciplinară, multidisciplinară, interdisciplinară, disciplinară-integrată, iar gradele de gândire corespunzătoare fiecărui tip de integrare sunt: gândire unistructurală, gândire multi-structurală, gândire relațională și gândire abstractă extinsă.

Este remarcabilă opinia autorilor referitoare la diferențele dintre cele patru niveluri ale educației STEM (1.0 până la 4.0) și gradele de gândire corespunzătoare fiecăruia. Aceste nivele se referă la modul în care disciplinele STEM sunt integrate și învățate în procesul educational, iar gradele de gândire demonstrează cât de complexă este abordarea și analiza problemelor STEM în fiecare nivel. De la o înțelegere simplă (gândire unistructurală) până la o înțelegere profundă și complexă (gândire abstractă extinsă), aceste grade de gândire reflectă dezvoltarea competențelor cognitive în educația STEM.

În mod specific, autorii chinezi subliniază că Educația STEM 1.0 poate fi definită ca învățarea axată pe discipline separate a cunoștințelor din domeniile științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii pentru a dezvolta gândirea unistructurală a elevilor. Prin comparație, Educația STEM 2.0 reprezintă învățarea multidisciplinară în proiecte tematice, care își propune să cultive gândirea multi-structurală a elevilor, Educația STEM 3.0 presupune învățarea interdisciplinară care se concentrează asupra conceptelor și metodelor, dincolo de cunoștințe pentru a dezvolta gândirea relațională a elevilor, iar Educația STEM 4.0 reprezintă învățarea integrată disciplinar, care pune accent pe gândirea sistematică dincolo de concepte și metode pentru a promova gândirea abstractă extinsă a elevilor. În opinia autorilor, aceste definiții descriu diferitele niveluri de dezvoltare și complexitate a educației STEM în China, cu fiecare nivel punând un accent diferit pe modul în care elevii învață și dezvoltă abilități cognitive specifice. De la înțelegerea simplă a conceptelor și metodelor până la abordarea profundă și abstractă a gândirii, aceste niveluri reflectă evoluția educației STEM în abordarea învățării și dezvoltării gândirii elevilor.

În ceea ce privește conceptul „***Educația STEM 5.0”,*** care nu este specificat în lucrarea cercetătorilor chinezi, dar care este o etapă logică pentru viitorul societății, consider că acesta reprezintă o etapă futuristă, în care se presupune că educația STEM va fi complet revoluționată de tehnologiile emergente, precum inteligența artificială și realitatea virtuală și în care se preconizează că va exista o integrare profundă între om și tehnologie în procesul de învățare STEM, inclusiv în China.

BUPT

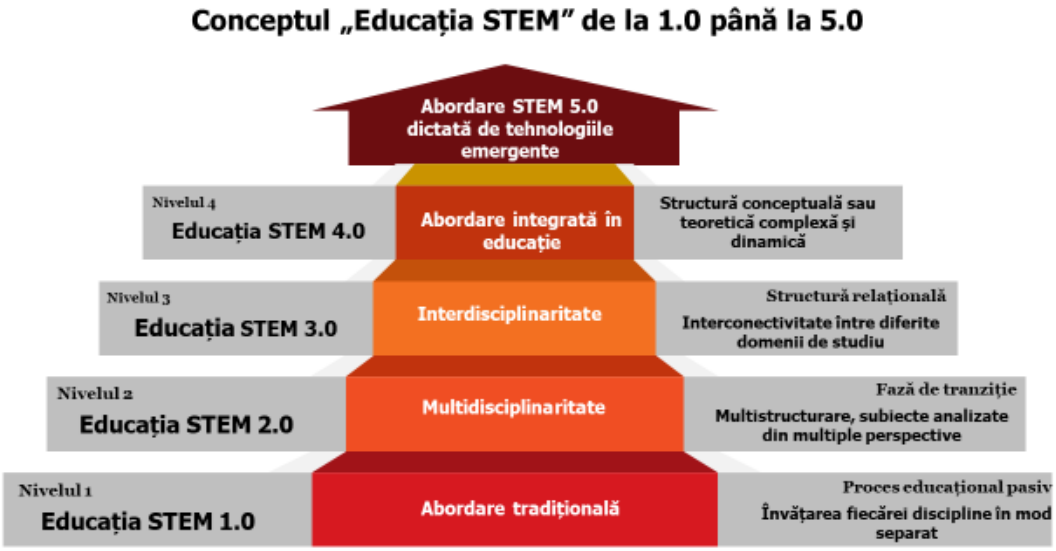


Figura 3. 8 Evoluția „Educația STEM” (Prelucrare după ”What should a Chinese top-level design in STEM Education look like?”(Zhong ș.a., 2022))

Integrarea educației STEM la toate nivelele de învățământ a devenit o necesitate imperioasă deoarece ne confruntăm cu o complexitate crescândă a fenomenelor sociale, iar impactul acestora asupra vieților noastre și a societății în ansamblu devine tot mai evident.

Fenomenele sociale au devenit din ce în ce mai complexe și interconectate, cu provocări semnificative în lumea modernă. Educația STEM joacă un rol vital în această eră a globalizării, a schimbărilor climatice, a migrației masive și a dezvoltării sustenabile, și contribuie la pregătirea viitoarei generații pentru a înțelege și a răspunde acestor provocări.

Un aspect esențial al educației STEM este abilitatea de a soluționa probleme complexe. Prin dezvoltarea gândirii critice și a capabilităților de analiză, elevii învață cum să abordeze aceste fenomene sociale intricate, precum migrația globală, sărăcia, conflictele internaționale, dezvoltarea urbană și multe altele. Aceste fenomene sunt adesea dificil de înțeles și de abordat din cauza complexității lor, dar este esențial să se facă eforturi pentru a le înțelege și a găsi soluții eficiente în contextul societății actuale. Elevii învață să identifice cauzele profunde și să evalueze implicațiile acestor aspecte interconectate, care au efecte asupra mediului, economiei, sănătății și calității vieții oamenilor din întreaga lume. Ei sunt învățați să aplice cunoștințele matematice și științifice pentru a înțelege și a rezolva aceste probleme în mod eficient.

Într-o lume digitalizată, tehnologia și colectarea de date devin din ce în ce mai importante. Educația STEM oferă elevilor cunoștințe și abilități tehnologice care sunt esențiale pentru a naviga în lumea socială modernă. Ei învață să utilizeze tehnologii pentru a analiza datele și pentru a lua decizii informate în contextul fenomenelor sociale. Așa cum am arătat în introducerea acestui subcapitol, fenomenele sociale complexe necesită adesea abordări din mai multe domenii, cum ar fi științele naturale, științele sociale, ingineria și matematica.

Elevii învață să lucreze în echipă și să combine cunoștințele din diferite domenii pentru a aborda eficient problemele sociale, ceea ce demonstrează că

BUPT

interdisciplinaritatea și colaborarea sunt, de asemenea, aspecte-cheie ale educației STEM. Se cer soluții inovatoare. Prin încurajarea creativității, elevii învață să dezvolte abordări noi și să găsească soluții inovatoare la problemele sociale care adesea necesită abordări din mai multe domenii, cum sunt știința, tehnologia, ingineria, matematica, dar și științe sociale și umaniste. Abilitatea de a lucra în echipă și de a combina antrenamentul din aceste diverse domenii este esențială pentru a aborda eficient problemele contemporane.

Educația STEM reprezintă o platformă vitală pentru dezvoltarea abilităților și a gândirii necesare pentru a înțelege, analiza și aborda fenomenele sociale complexe ale secolului XXI. Figura 3.9 prezintă o încadrare aproximativă în timp a evoluției educației STEM.

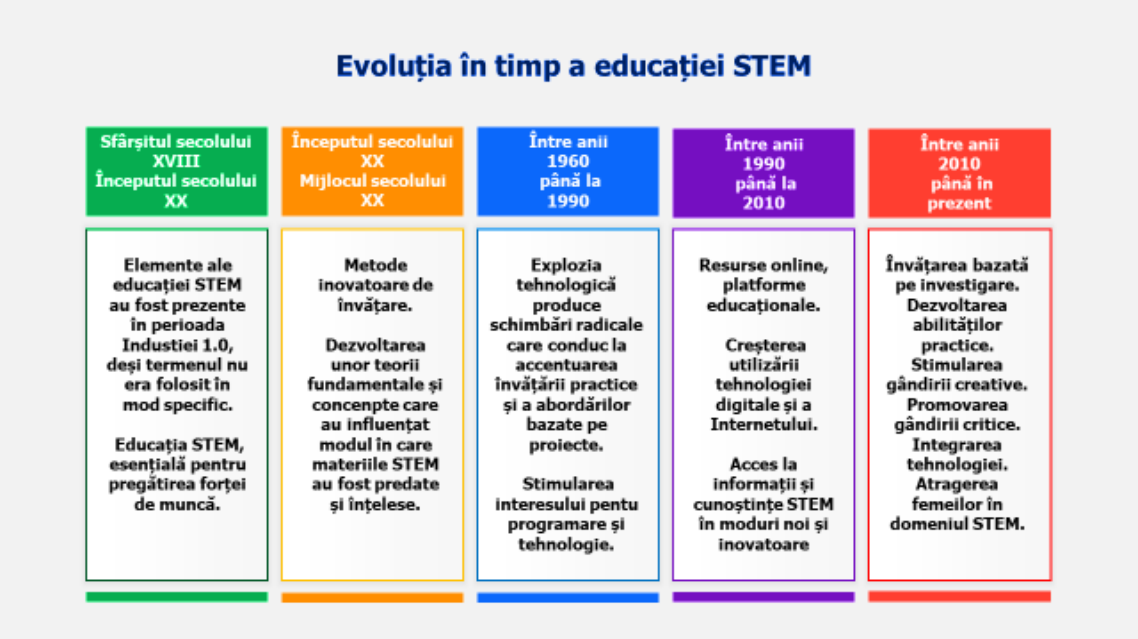


Figura 3. 9 Considerații teoretice asupra evoluției în timp a educației STEM

Evoluția revoluțiilor industriale a schimbat lumea în moduri semnificative, iar educația STEM este una dintre cheile importante ale adaptării la aceste schimbări.

Prin analizarea istoricului revoluțiilor industriale se poate observa cum noile tehnologii au creat nevoi crescute pentru cunoștințe STEM, în timp ce educația STEM se adaptează pentru a pregăti elevii și studenții pentru provocările fiecărei ere tehnologice și contribuie la dezvoltarea tehnologică, creșterea economică și îmbunătățirea vieții. În fața viitoarelor schimbări tehnologice, a provocărilor „Industriei 5.0” și „Societății superinteligente 5.0”, educația STEM trebuie să continue să evolueze pentru a pregăti generațiile viitoare (Kraaijenbrink, 2022).

Educația STEM a suferit o evoluție semnificativă de-a lungul timpului, adaptându-se nevoilor în schimbare ale societății, progreselor tehnologice și cercetării educaționale, la nivel global (Barth & Muehlfeld, 2022).

Exemplele concrete de mai jos completează acest tablou, și evidențiază modul în care educația STEM este un pilon esențial al dezvoltării societății moderne:

1. Recunoaștere și integrare: În stadiile incipiente, educația STEM nu a fost recunoscută explicit ca o abordare distinctă. Cu toate acestea, odată cu rolul crucial pe care progresul științific și cel tehnologic îl joacă în modelarea lumii,

BUPT

educatorii recunosc importanța integrării științelor, tehnologiei, ingineriei și matematicii în procesul de învățare (Xu ș.a., 2018).

2. Trecere de la învățarea prin repetare la învățarea bazată pe investigare: Tradițional, subiectele STEM erau adesea predate prin memorizarea mecanică a faptelor și formulelor. De-a lungul timpului, se produce trecerea către învățarea bazată pe investigare, care încurajează elevii către cercetare și analiză a problemelor din lumea reală, prin punere de întrebări și căutări de răspunsuri. Explorarea bazată pe investigație dezvoltă gândirea critică, abilitățile de rezolvare a problemelor și o înțelegere mai profundă a materiilor de studiu (Ermenc & Niemczyk, 2022).

3. Învățare prin experiență și prin acțiune: Educația STEM accentuează tot mai mult oportunitățile de învățare prin experiență și prin acțiune, care includ experimente de laborator, învățare bazată pe proiecte și activități care simulază provocări din lumea reală, iar astfel de abordări sporesc angajamentul elevilor și aplicarea în practică a cunoștințelor (Draghici ș.a., 2015).

4. Integrare a tehnologiei în procesul de învățământ: Odată cu avansul rapid al tehnologiei, educația STEM integrează diverse instrumente și resurse digitale pentru îmbunătățirea învățării, care includ simulări pe calculator, laboratoare virtuale, platforme de programare și platforme de învățare online care oferă experiențe interactive și captivante (Hsu ș.a., 2023; Santoveña-Casal & López, 2023)

5. Abordare interdisciplinară: Educația STEM depășește predarea fiecărui subiect în mod izolat și adoptă abordarea interdisciplinară. Prin integrarea conceptelor din mai multe discipline STEM, elevii obțin o înțelegere mai completă a modului în care acestea sunt interconectate și aplicate în situații din viața reală.

6. Accent pe diversitate și incluziune: Conștientizarea importanței diversității și incluziunii în educația STEM este în creștere, iar eforturile sunt în plin avânt, atât pentru a încuraja grupurile subreprezentate (Oster ș.a., 2023), cum ar fi femeile și minoritățile, să se angajeze în domeniile STEM, cât și pentru reducerea decalajelor de gen și rasiale în aceste domenii (Charleston ș.a., 2014).

7. Accent pe abilități soft: Pe lângă cunoștințele tehnice, educația STEM recunoaște importanța dezvoltării abilităților soft, cum ar fi comunicarea, colaborarea și adaptabilitatea (Mirea ș.a., 2023). Aceste abilități sunt esențiale pentru succesul în forța de muncă modernă.

8. Învățare mixtă și online: Propagarea resurselor online și a platformelor de învățare electronică facilitează adoptarea modelelor de învățare mixtă, care permit elevilor accesarea conținutul educațional de la distanță și în ritmul propriu, completând astfel instruirea tradițională în clasă (Mirea, Anghel-Drugarin & Draghici, 2021).

9. Învățare pe tot parcursul vieții: Educația STEM îndreaptă atenția nu doar către pregătirea elevilor pentru anumite cariere, ci și către promovarea învățării pe tot parcursul vieții (Stef ș.a., 2023). Lumea într-o continuă și rapidă schimbare, cere dezvoltarea abilităților și adaptabilităților, iar educația STEM propune stimularea dorinței de învățare pe tot parcursul vieții, care depășește educația formală (Stef ș.a., 2023).

În anul 2023 Santoveña-Casal (Spania) și López (Argentina), elaborează o cartografiere a pedagogiilor digitale în învățământ (Santoveña-Casal & López, 2023) și analizează 242 de articole științifice publicate sau finanțate atât în Statele Unite ale Americii, cât și în Europa. Perioada articolelor studiate se întinde din anii

BUPT

2000 până în prezent, inclusiv în situația pandemiei Covid 19, dar tratează și istoricul evoluției educației funcție de pedagogiile digitale.

Se pune întrebarea dacă prelucrarea acestor informații constituie o temelie solidă pentru integrarea educației STEM în învățământ. De asemenea se cer răspunsuri referitor la influența tehnologiei, dacă se identifică corect modul în care tehnologia poate fi utilizată eficient pentru a sprijini învățarea și predarea în domeniul STEM. Răspunsurile arată că aceste două concepte pot fi legate între ele. Prin identificarea tehnologiei potrivite, educatorii pot selecta instrumente relevante pentru a sprijini conținutul STEM. Utilizarea tehnologiei adaugă interactivitate și atractivitate în învățarea STEM, iar personalizarea învățării poate fi realizată prin tehnologii adaptative. De asemenea, tehnologia facilitează colaborarea și comunicarea, permite elevilor să lucreze împreună și să rezolve probleme complexe. Accesibilitatea globală a resurselor și oportunităților în educația STEM este, de asemenea, îmbunătățită prin intermediul tehnologiei. În ansamblu, cartografierea pedagogiilor digitale evidențiază modul în care tehnologia poate fi folosită pentru a îmbunătăți procesul de învățare și predare în domeniul STEM.

În baza setului de lucrări analizate, autoarele ajung la următoarele rezultate (descrise și în figura 3.8), care pot oferi un cadru detaliat pentru utilizarea eficientă a tehnologiei în educația STEM, ajutând la identificarea celor mai bune practici și a instrumentelor potrivite pentru a îmbunătăți învățarea și predarea în aceste domenii critice:

Perioada Internet-ului Timpuriu (începutul anilor 1900-1980), caracterizată de utilizarea media, integrarea telecomunicațiilor în educație și învățământul la distanță multimedia.

Expansiunea Internet-ului (1990-2000), când apar concepte precum e-learning și educație virtuală, înlocuind aparent conceptul de învățământ la distanță.

Perioada socială (2000-2010), în care Web-ul și Web 2.0 sau web-ul social sunt create, introducând o schimbare paradigmatică. Se dezvoltă E-learning-ul într-un cadru constructivist, iar în anul 2008 apare *învățarea mobilă*, care capitalizează pe caracteristicile specifice ale dispozitivelor mobile, cum ar fi portabilitatea, conectivitatea la Internet și capacitățile de interacțiune tactile. Aceasta poate implica utilizarea aplicațiilor educaționale, platformelor de învățare online, resurselor multimedia și a altor instrumente digitale pentru a sprijini procesul de învățare.

Digitalizarea (2010-2015), dezvoltă Web 3.0, așa-numit web-ul semantic, iar clasele digitale și formarea online a educatorilor cresc. Este perioada de începere a ”Massive Open Online Course” (MOOC), un acronim care poate fi adaptat ca traducere cu sensul de „curs online amplu și accesibil” doritorilor utilizatori (Oliveira & Silva, 2023). Caracteristica distinctivă a MOOC-urilor este scalabilitatea lor. Pot găzdui mii sau chiar zeci de mii de studenți în același timp, prin intermediul platformelor online. Participanții pot accesa materialele de învățare, să urmărească lecțiile video, să interacționeze cu profesorii sau cu ceilalți participanți prin forumuri de discuții și să completeze sarcinile sau testele online. MOOC-urile acoperă o gamă variată de subiecte, de la științe și tehnologie la arte, științe sociale și umaniste. Ele au devenit o modalitate populară de a învăța și a dobândi cunoștințe noi într-un mediu virtual, flexibil și accesibil, fără a fi necesară prezența fizică într-o instituție tradițională de învățământ.

Expansiunea pedagogiei digitale (2016-prezent), dezvoltă Web 4.0, mai inteligent și mai interactiv. COVID-19 are un impact semnificativ asupra învățământului superior, iar universitățile își adaptează imediat metodologiile în consecință. Rezultatul este o expansiune semnificativă a pedagogiei digitale și,

BUPT

implicit, o creștere a cantității de cercetare efectuată în această zonă de cunoaștere.

3.2.1. Efectele negative ale digitalizării

În era digitală în continuă expansiune, impactul tehnologiei și al digitalizării asupra societății noastre este incontestabil. Cu toate acestea, o privire mai atentă arată că acest progres rapid aduce cu el nu doar beneficii, ci și provocări semnificative, care trebuie imperativ luate în considerare. Un aspect delicat al transformărilor și transferului tehnologic este impactul negativ asupra comunicării umane, al integrării sociale și experienței de viață. Fenomenele sociale intricate și tehnicizarea excesivă au generat deficiențe notabile în aceste domenii cheie ale vieții noastre moderne (Allwood, 2017; Marchenko ș.a., 2021).

Digitalizarea a adus o serie de mijloace noi și rapide de comunicare, dar în același timp a erodat semnificativ aspectele comunicării umane autentice. Acest lucru a condus la apariția deficiențelor privind comunicarea interpersonală și dezvoltarea relațiilor umane. Oamenii petrec tot mai mult timp în mediul virtual, iar această schimbare în comportamentul de comunicare poate genera o gândire superficială și dificultăți în stabilirea și menținerea conexiunilor reale. Acest exces de tehnologie și digitalizare poate contribui la izolarea socială și la pierderea abilităților sociale. Într-o lume în care relațiile personale sunt înlocuite adesea de interacțiuni online, unii oameni se pot retrage treptat din interacțiunile sociale prezente în viața reală, cu un un impact negativ semnificativ asupra integrării sociale și a relațiilor umane autentice, aspecte evidențiate în Figura 3.9.

Aceste observații sunt susținute și de cercetările lui Manfred Spitzer[19] (unul dintre cei mai recunoscuți specialiști de neuroștiințe din Germania), care în cartea sa *„Demența digitală. Cum ne tulbură mintea noile tehnologii”* atrage atenția asupra efectelor negative pe care utilizarea excesivă a tehnologiilor digitale le poate avea asupra sănătății mentale și cognitive. Spitzer argumentează că utilizarea frecventă a dispozitivelor digitale contribuie la scăderea capacității de concentrare și a memoriei de lucru, exacerbând tendințele de izolare socială și depresie. Mai mult, expunerea prelungită la tehnologie poate afecta dezvoltarea creierului, în special la tineri, având consecințe pe termen lung asupra abilitaților cognitive esențiale pentru interacțiuni umane autentice.

Pe lângă impactul asupra sănătății mentale și relațiilor sociale, Spitzer evidențiază și alte aspecte negative ale digitalizării, precum pierderea locurilor de muncă din cauza automatizării, riscurile legate de confidențialitatea datelor, și creșterea disparităților în accesul la tehnologie.

Aceste efecte adverse ale digitalizării, prezentate în Figura 3.10, subliniază necesitatea unui echilibru între adoptarea tehnologiei și păstrarea valorilor umane fundamentale, cum ar fi relațiile interpersonale autentice și dezvoltarea unei gândiri critice.

În contextul educației, Spitzer avertizează că tehnologia, dacă este utilizată în exces, poate duce la neglijarea abilităților critice și a gândirii creative, esențiale pentru rezolvarea problemelor complexe. În căutarea eficienței, abordările educaționale prea tehnologizate riscă să ignore aspectele umane și etice, esențiale pentru dezvoltarea completă a individului. Acest lucru este în concordanță cu alte

[19] Spitzer, M. (2024), Demența digitală: cum ne tulbură mintea noile tehnologii, Editura Humanitas, București, 2024

BUPT

studii care subliniază faptul că, deși tehnologia poate îmbunătăți anumite aspecte ale educației, ea nu poate înlocui complet experiențele practice și învățarea bazată pe interacțiuni umane directe. Pe lângă aspecte negative de mai sus, dependența crescută de tehnologie în educație poate duce la pierderea abilităților critice și a experiențelor practice. Gândirea critică și creativă, abilitățile necesare pentru a rezolva probleme complexe, pot fi neglijate în favoarea unor metode educaționale tehnologizate. Mai mult, tehnicizarea poate ignora aspectele umane și etice (Allwood, 2017; Buksiński, 2015; Marchenko ș.a., 2021; Nisha, 2021; Sofradžija ș.a., 2021). În căutarea eficienței și a automatizării excesive, unele soluții tehnologice pot ignora binecuvântările și provocările umane ale vieții moderne.

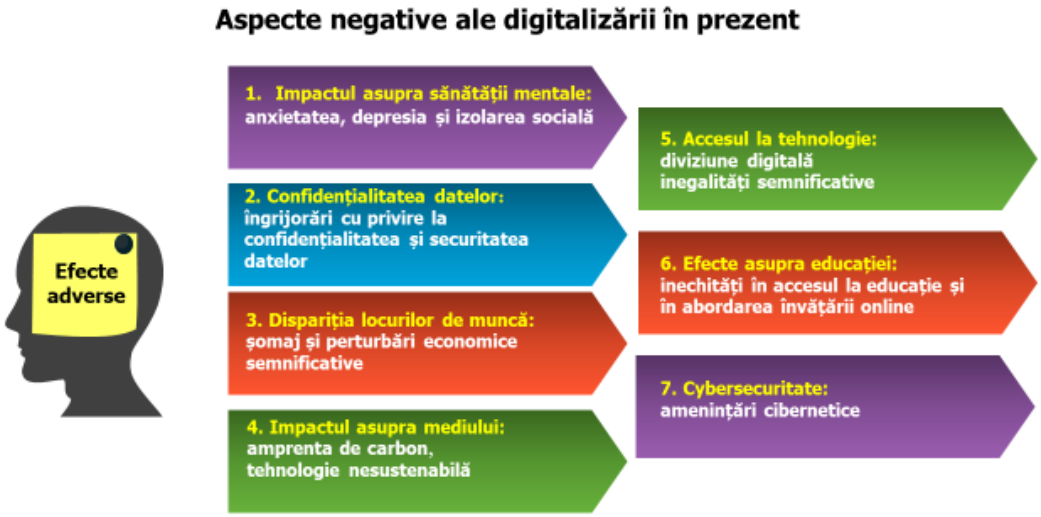


Figura 3. 10 Exemple și aspecte relevante legate de impactul negativ al digitalizării

Aspectul negativ al impactului tehnologiei asupra vieții este un subiect intens dezbatut și în România. Doctorul în teologie și Profesor Universitar Adrian Lemeni a investigat în detaliu această problemă în cadrul lucrării sale intitulate *„Tehnicizarea inumană a vieții”*[20]. Autorul avertizează încă de la început, în prefața cărții, că subiectul nu este doar o temă de cercetare, ci reprezintă realități cu impact semnificativ asupra existenței noastre, cu care ne confruntăm zilnic. În lucrarea sa, Adrian Lemeni explorează filosofia tehnologiei din multiple perspective, inclusiv cea a școlii filosofice americane (Wilson & Borgmann, 1986). Critica sa asupra tehnologiei se concentrează pe ceea ce autorul numește „paradigma calculatorului”, care, în numele eficienței sistemului, poate duce la substituirea vieții umane cu mașini și tehnologie[21]. Lucrarea oferă o perspectivă semnificativă asupra impactului tehnologiei în societatea noastră modernă și

[20] *„Noile tehnologii ale informației dematerializează spațiul, contribuind la realizarea unui sistem în care primatul îl are fluxul informațional. Logica unui astfel de sistem este dezînrupată, ea face abstracție de spațiul și mediul concret în care oamenii au trăit de-a lungul mai multor generații. Prin sistemul tehnologic informațional este transformată și restructurată întreaga realitate. Reconstrucția socială în spațiul fluxurilor tehnologice informaționale conduce la o alienare a omului ca persoană, fără precedent în istorie.”*, în A. Lemeni, (2022), Tehnicizarea inumană a vieții, Editura Basilica, București, pp 240, text preluat fără modificări

[21] Idem, pp 90

BUPT

necesității de a reflecta la modul în care tehnologia poate influența și schimba fundamental viețile noastre.

Datorită rolului semnificativ pe care îl joacă digitalizarea în ceea ce privește îmbunătățirea și eficientizarea educației STEM, prezint în subcapitolul următor, evoluția transformării digitale (Figura 3.11), precum și posibilitățile prin care aceasta conduce la avantaje prin furnizarea de resurse mai variate și accesibile, personalizarea învățării și posibilitățile de explorare și experimentare într-un mod sigur și captivant.

3.3.2. Impactul digitalizării și tehnologiei în educația STEM

În lucrarea lor, Didukh și Novikova (2020), cercetători în cadrul Odessa National Academy of Food Technologies, aduc o contribuție importantă în ceea ce privește impactul procesului de digitalizare în transformarea vieții economice și sociale[22]. Autorii se referă la mediul de afaceri, supus de asemenea, unei transformări continue adaptative la tot ceea ce înseamnă digitalizarea în acest mediu (figura 3.11).

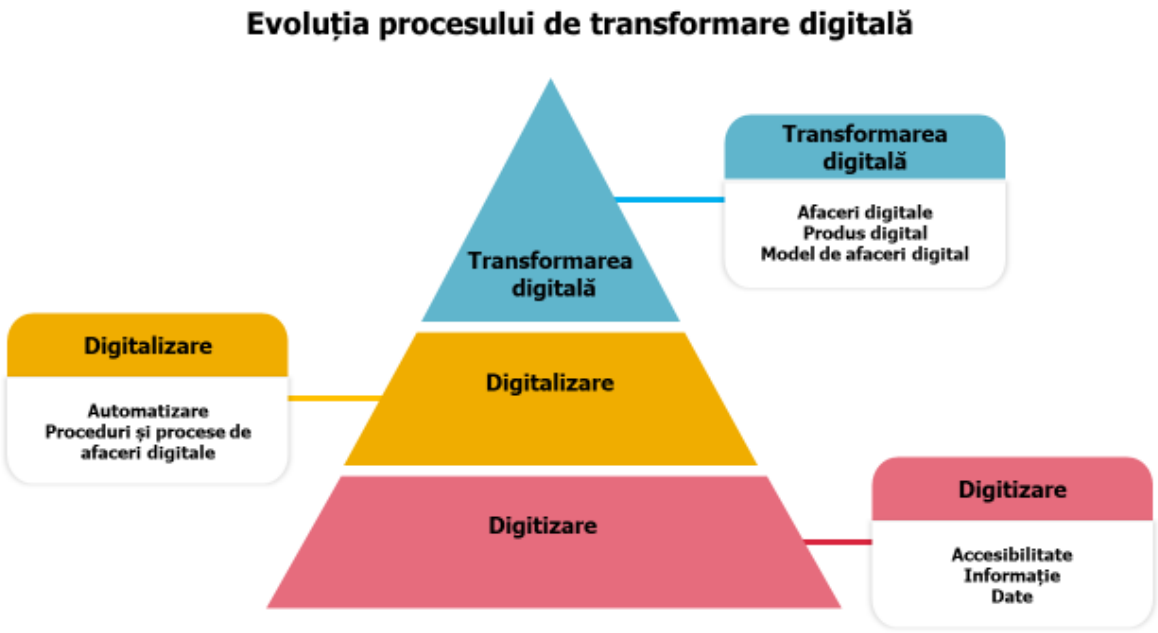


Figura 3. 11 Piramida evoluției procesului de transformare digitală

Prelucrare după piramida transformării digitale (Didukh & Novikova, 2020)

[22] *"Prerequisites and advantages of digital business transformation are shown: creation of greater value for the client; increasing the efficiency of product sales; improving the efficiency of economic activity and increasing the productivity of staff".* (pasaj preluat din sursa originală, citat fără modificări (Didukh & Novikova, 2020), *„Sunt prezentate condițiile prealabile și avantajele transformării digitale a afacerii: crearea unei valori mai mari pentru client; creșterea eficienței vânzărilor de produse; îmbunătățirea eficienței activității economice și sporirea productivității personalului"*.

BUPT

Se afirmă că transformarea digitală este un proces complex prin care organizațiile, societățile sau indivizii aduc schimbări semnificative în modul în care operează, interacționează și oferă valoare prin utilizarea tehnologiei digitale, care nu se rezumă doar la convertirea datelor în format digital sau la utilizarea tehnologiei pentru a îmbunătăți eficiența curentă pentru că implică o reevaluare fundamentală a strategiilor, culturilor organizaționale și modului în care sunt abordate nevoile clienților.

Diferențele dintre cele trei nivele ale piramidei evoluției transformării digitale (figura 3.10), așa cum sunt evidențiate de către cei doi cercetători, sunt următoarele:

i) ***Digitizarea***, de la baza piramidei, este primul pas în transformarea digitală și care se concentrează pe convertirea datelor și informațiilor analogice sau fizice în format digital. De exemplu, conversia documentelor fizice în fișiere digitale sau crearea de copii electronice ale fotografiilor tradiționale;

ii) Al doilea pas în transformarea digitală, ***digitalizarea:*** implică utilizarea tehnologiei digitale pentru a optimiza procesele existente, se extinde dincolo de simpla conversie a datelor și vizează îmbunătățirea eficienței prin automatizarea operațiunilor sau prin optimizarea fluxului de informații. De exemplu, utilizarea software-urilor de contabilitate pentru a automatiza procesele financiare;

iii) Vârful piramidei, ***transformarea digitală:*** este al treilea pas. El se află în curs de desfășurare și dezvoltare și reprezintă o schimbare radicală a modului în care o organizație funcționează și se concentrează pe schimbarea profundă a modului de abordare a unei afaceri, de la strategii și modele de afaceri până la cultura organizațională și interacțiunea cu clienții. Transformarea digitală implică inovație, crearea de noi produse sau servicii bazate pe tehnologie și adaptarea la schimbările din piață.

Ca un rezultat optimist, realist și în continuă adaptare la condițiile de inovare și transfer tehologic în toate activitățile umane, în tabelul următor (Tabelul 3.1) se face o paralelă comparativă a procesul de transformare digitală într-o organizație sau într-o societate și cum poate fi acesta adaptat și adoptat în context educațional.

Tabelul 3. 1 Evoluția proceselor de transformare digitală

Nr. crt.	Nivelul evoluției	Procese organizaționale	Procese educaționale
1	Automatizare și eficiență	Nivel de bază care implică utilizarea tehnologiei pentru a automatiza procese și operațiuni existente, sporește eficiența și reduce erorile umane (software de contabilitate; sisteme de gestionare a relațiilor cu clienții).	Tehnologia este folosită pentru a automatiza și eficientiza aspecte ale administrației și gestionării educaționale. Aceasta poate include utilizarea sistemelor de management al învățării pentru a distribui resurse, a urmări progresul elevilor și a simplifica sarcinile administrative pentru profesori și personalul școlii.
2	Optimizare și analiză	Datele și informațiile colectate se analizează pentru a obține	Datele colectate în cadrul procesului educațional sunt

BUPT

		insights (imagini de perspectivă) și pentru a lua decizii informate. Poate implica utilizarea analizei de date pentru a înțelege comportamentul clienților sau pentru a identifica tendințe în piață.	analizate pentru a obține insights și pentru a sprijini luarea deciziilor. Profesorii și administratorii pot folosi analiza datelor pentru a identifica nevoile individuale ale elevilor, pentru a evalua eficacitatea strategiilor de predare și pentru a ajusta curriculumul în consecință.
3	Inovație și personalizare	Tehnologia este folosită pentru a inova modele de afaceri și pentru a oferi produse și servicii personalizate clienților. Se dezvoltă produse sau servicii noi, bazate pe tehnologie, precum și strategii de marketing personalizate.	Tehnologia este utilizată pentru a inova metodele de predare și învățare. Profesorii pot integra instrumente de învățare online, resurse multimedia și platforme interactive în curriculum, pentru a face procesul de învățare mai atractiv și captivant pentru elevi. Personalizarea învățării devine o prioritate, adaptând conținutul și ritmul la nevoile individuale ale elevilor.
4	Transformare digitală	Tehnologia devine o parte centrală a strategiei de afaceri. Organizațiile își revizuiesc complet modul în care operează, inclusiv structurile interne, procesele și modul de interacțiune cu clienții. Transformarea digitală implică adesea o schimbare fundamentală a culturii organizaționale și a modului de gândire.	Tehnologia devine parte integrantă a strategiei educaționale. Instituțiile de învățământ își revizuiesc modul de operare, aducând schimbări majore în modul de predare și evaluare. Acest nivel implică crearea unor medii de învățare hibride sau complet online, promovarea competențelor digitale la elevi și profesori și adaptarea continuă la schimbările tehnologice.

Pentru înțelegerea corectă a conceptelor explicate în tabelul de mai sus, se impun următoarele remarci:

Prima observație este legată de procesele organizaționale și piramida lor evoluțională, care are diferite niveluri ale adoptării tehnologiei și digitalizării într-o organizație (Artene & Domil, 2024) sau într-o societate (Oliveira & Silva, 2023). Această piramidă (prezentată aici în patru paliere, tabelul 3.1) poate varia în funcție de surse și perspective diferite. Ea reprezintă o abordare simplificată și realitatea poate fi mai complexă, iar organizațiile pot să evolueze într-un mod diferit pe baza nevoilor lor specifice și a condițiilor de piață.

A doua observație se referă la procesele educaționale și este important de subliniat că adaptarea tehnologiei în educație trebuie să țină cont de nevoile și contextul specific al elevilor și profesorilor (Ermenc & Niemczyk, 2022). Piramida poate oferi o structură utilă pentru a ghida procesul de adoptare a tehnologiei în educație, inclusiv și imperativ prin integrarea educației STEM în acest proces (Ejiwale, 2013), însă flexibilitatea și adaptarea la nevoile individuale sunt

BUPT

esențiale, paralela din tabelul 3.1 este o propunere care poate suferi oricând modificări și îmbunătățiri pentru a se adapta condițiilor actuale.

O a treia observație se referă la conceptul „insights”, care denumește înțelegeri profunde și semnificative obținute din analiza datelor, experiențelor sau informațiilor, de fapt, sunt mai mult decât simpla colectare sau prezentare a faptelor și implică identificarea conexiunilor, a modelelor sau a semnificațiilor ascunse în spatele datelor sau situațiilor. De asemenea, oferă o perspectivă clară și profundă asupra unei situații sau a unui fenomen și ajută la luarea deciziilor informate, la înțelegerea a ceea ce se întâmplă într-un anumit context. Atât în contextul afacerilor, dar și în contextual educațional, insights-urile pot fi utilizate pentru a dezvolta strategii eficiente, pentru a înțelege anumite comportamente sau pentru a anticipa tendințe.

Digitalizarea joacă un rol semnificativ în îmbunătățirea și eficientizarea educației STEM (Josué ș.a., 2023) în modurile sintetizate în Figura 3.12 și dezvoltate în continuare:

i) Prin intermediul tehnologiei digitale, elevii și studenții au acces la o gamă largă de resurse educaționale avansate, inclusiv tutoriale video, simulări interactive, platforme de învățare online și biblioteci digitale. Acest lucru îi ajută să înțeleagă conceptele complexe și să își consolideze cunoștințele.

ii) Tehnologia permite crearea de medii de învățare interactive și vizuale, care pot face conceptele abstracte din domeniile STEM mai accesibile și mai ușor de înțeles. Animatii 3D, simulări și experimente virtuale pot ilustra fenomene și procese dificile în mod interactiv.

iii) Platformele digitale facilitează colaborarea între elevi și studenți, permițându-le să lucreze la proiecte în echipă, să comunice mai ușor cu colegii și profesorii și încurajează dezvoltarea abilităților de comunicare și lucru în echipă.

iv) Tehnologia permite adaptarea conținutului educațional la ritmul și nivelul fiecărui elev sau student, iar prin intermediul platformelor de învățare adaptativă, conținutul poate fi personalizat pentru a satisface nevoile individuale ale fiecărui elev.

v) În domeniile științei și ingineriei, tehnologia permite efectuarea de experimente virtuale și simulări care ar putea fi dificil sau periculos de realizat în medii fizice și oferă elevilor șansa de a explora concepte și fenomene într-un mediu controlat și sigur.

vi) Tehnologia poate recrea medii virtuale realiste pentru studiul unor domenii precum medicina sau ingineria, iar prin intermediul realității virtuale sau augmentate, elevii pot simula operații medicale sau construcții complexe pentru a dezvolta aptitudini practice.

vii) Sistemele de evaluare online permit profesorilor să urmărească și să evalueze performanța elevilor în timp real, oferă feedback rapid și sprijin pentru îmbunătățirea performanțelor.

BUPT

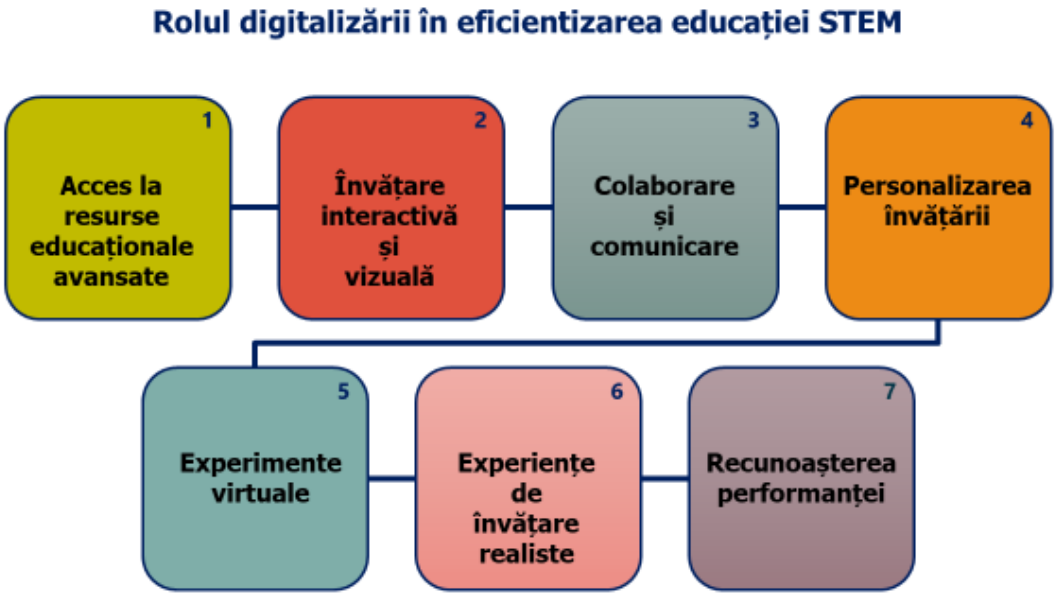


Figura 3. 12 Impactul digitalizării în educația STEM

Transformarea digitală depășește simpla digitizare și digitalizarea prin faptul că implică o schimbare semnificativă în modul de gândire și operare, pentru a răspunde provocărilor și oportunităților oferite de tehnologia digitală (Gobble, 2018). Evoluția tehnologiei digitale în impactul ei asupra educației este clasificată în cinci perioade de timp (figura 3.13).

În ansamblu, digitalizarea aduce o serie de avantaje în educația STEM prin furnizarea de resurse variate și accesibile, personalizarea învățării și posibilitățile de explorare și experimentare într-un mod sigur și captivant.



Figura 3. 13 Evoluția tehnologiei digitale și impactul ei asupra educației, prelucrare după ”Mapping of digital pedagogies in higher education” (Santoveña-Casal & López, 2023)

BUPT

Tehnologia digitală avansează într-un ritm accelerat, influențează metodele de predare și de învățare, structura și obiectivele curriculumului educational. În secțiunea următoare dezvoltăm subiectul legat de dimensiunea evolutivă a educației STEM, care reflectă acest proces de transformare continuă.

3.3.3. Dimensiunea evolutivă a educației STEM

Evoluția educației STEM reflectă efortul dinamic și continuu al tuturor actorilor implicați în procesul de a pregăti mai bine elevii și studenții, pentru provocările și oportunitățile viitorului. Accentul pus pe gândirea critică, rezolvarea problemelor și creativitate îi pregătește pe indivizi pentru a participa activ într-un peisaj global care se află în schimbare rapidă și permanentă (Mirea ș.a., 2023).

Evoluțiile societății umane, a educației și a tehnologiei se pot conecta cu inovarea și transferul tehnologic în educația STEM, și ilustrează maniera în care progresele tehnologice transformă modul în care învățăm și predăm în zilele noastre.

Studiind cu atenție evoluția educației STEM și adoptând o abordare integrată pentru îmbunătățirea sa, descoperim o diversitate de aspecte relevante. Acestea includ aspecte financiare, structura conținutului curricular, pregătirea pentru cariere și explorarea viitorului tehnologic. Analiza contextului internațional conduce către următoarele propuneri care se regăsesc în figura 3.14 și sintetizate în tabelul 3.2, propuneri care pot fi adoptate cu siguranță și în contextul nostru național.

Eficientizarea educației prin inovare și transfer tehnologic nu este însă posibilă fără a ține seama de dezvoltarea rapidă a erei digitale, a suportului tehnologiei hardware dar și software.

Platformele precum SCOPUS, Web of Science, ResearchGate, Academia.edu și Google Scholar au adus cercetarea academică la îndemâna degetelor noastre, facilitând explorarea cu ușurință. Cu toate acestea, este important să subliniem că aceste platforme sunt doar instrumente și resurse care sprijină procesul de cercetare. Pentru a desfășura cercetare autentică și profundă, sunt necesare și alte elemente esențiale, cum sunt laboratoarele bine dotate cu instrumente și echipamente, infrastructura adecvată și o gândire critică și creativă. Idea că cercetarea ar putea fi cu adevărat la îndemâna tuturor poate părea idealistă și poate ignora complexitatea procesului de cercetare. Este important de subliniat că cercetarea autentică necesită efort, resurse și experiență. Cu toate acestea, accesul la informații și la platforme de cercetare online poate să ofere un impuls valoros în dezvoltarea cunoașterii și în facilitarea comunicării între cercetători și comunitatea academică în ansamblu. De aceea este semnificativă încurajarea utilizării acestor resurse, cât și dezvoltarea cercetării autentice și aprofundate.

În același timp (Shalatska, 2018), Learning Management Systems (LMS), Massive Open Online Courses (MOOCs)(Oliveira & Silva, 2023) și aplicațiile mobile pentru învățare transformă sălile de clasă în spații virtuale de învățare, unde conținutul educațional este livrat cu ajutorul tehnologiei software într-un mod interactiv și personalizat (Santos ș.a., 2023).

Trecerea, la nivelul utilizatorului, de la tehnologia hardware la cea software are un impact semnificativ asupra educației STEM. Este important să înțelegem că, deși tehnologia software este mai vizibilă la nivelul utilizatorului, aceasta depinde în continuare de infrastructura hardware care o susține. Această tranziție implică o schimbare subtilă, dar profundă, în modul în care percepe și utilizează tehnologia învățământului STEM. Platformele de gamificare, simulare și învățare adaptativă

BUPT

permit elevilor și studenților să-și dezvolte abilitățile într-un mediu virtual sigur și interactiv (Y. M. Cheng, 2023). De asemenea, educația STEM beneficiază de puterea rețelelor sociale și de instrumentele de colaborare care facilitează conectarea între cercetători, studenți elevi și profesori, accelerând schimbul de cunoaștere și inovație (Parusheva ș.a., 2023).

Propunerea de plan strategic conceput de autoare este prezentată condensat în Figura 3.14 și sintetizată în Tabelul 3.2. Ea este în concordanță cu tranziția rapidă și complexă care marchează dezvoltarea simultană a tehnologiei hardware și a tehnologiei software, cu un accent deosebit pe inovațiile software, care valorifică puterea tot mai mare a hardware-lui.

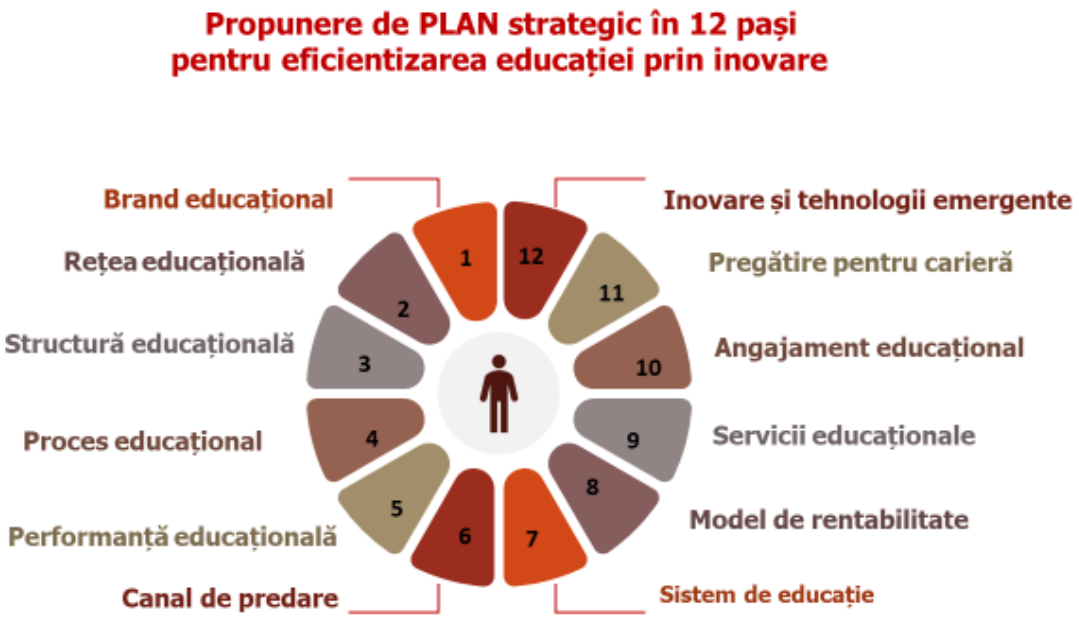


Figura 3. 14 Propunere privind eficientizarea educației prin inovare

Ideile planului strategic propus sunt expuse în continuare:

Pasul 1. Crearea și consolidarea unui brand educațional și imaginii aferente, prin dezvoltarea unei identități vizuale puternice și o comunicare strategică pentru a promova ofertele educaționale STEM. Această inițiativă poate implica crearea de site-uri web atractive, materiale promoționale și participarea activă la evenimente comunitare.

Pasul 2. Extinderea rețelei de parteneriate educaționale, prin colaborarea cu universități, companii și organizații din industrie. Această colaborare poate aduce expertiză, resurse și oportunități educaționale învățării. Se pot dezvolta programe de mentorat, stagii și proiecte în colaborare cu partenerii pentru a se oferi elevilor și studenților o perspectivă reală asupra aplicațiilor practice ale cunoștințelor STEM.

Pasul 3. Optimizarea structurii curriculare, prin alinierea resurselor și experiențelor pentru avansarea unui curriculum STEM coerent și continuu. Acest aspect poate implica revizuirea și actualizarea planurilor de învățământ pentru a reflecta cele mai recente dezvoltări în domeniul STEM și pentru a se asigura cursuri relevante și adaptate nevoilor elevilor și studenților.

BUPT

Pasul 4. Stimularea inovării în procesul educațional, prin utilizarea metodelor inovatoare de predare – învățare – evaluare, pentru a face conținutul STEM captivant și interactiv. Aceasta poate include utilizarea tehnologiei, jocurilor educaționale, simulări și proiecte practice, care încurajează gândirea critică și creativă.

Pasul 5. Crearea de experiențe educaționale distinctive, prin dezvoltarea de module și activități care oferă elevilor experiențe educaționale unice, participarea la proiecte de cercetare, competiții tehnice sau excursii în industrie. Acest lucru poate spori angajamentul și motivația elevilor și studenților în învățare.

Pasul 6. Extinderea sistemului educațional integrat, prin furnizarea de resurse digitale, tutoriale online și laboratoare virtuale pentru a sprijini procesul de învățare în afara sălilor de clasă. Integrarea acestor resurse în curriculum poate oferi elevilor și studenților numeroase oportunități de învățare, flexibile și personalizate.

Pasul 7. Evoluția serviciilor de suport educational, prin dezvoltarea sistemului de educație cu servicii suplimentare pentru a sprijini atât elevii și studenții, cât și cadrele didactice în procesul de predare - învățare - evaluare. Acest aspect poate include programe de mentorat, consiliere academică și asistență tehnică pentru utilizarea tehnologiei educaționale.

Pasul 8. Dezvoltarea unei strategii de rentabilitate educațională, prin crearea și implementarea unui model financiar durabil pentru sprijinirea programelor STEM. Această inițiativă presupune colaborarea activă cu sponsori, parteneri din industrie sau fundații pentru a obține finanțare suplimentară. În același timp, se pot explora opțiuni pentru generarea de venituri prin metode precum bootstrapping, precum și prin furnizarea de servicii sau organizarea de evenimente speciale legate de STEM.

Pasul 9. Promovarea inovării în livrarea conținutului educational, prin utilizarea platformelor online și a tehnologiilor interactive pentru a livra conținutul educațional în mod flexibil și captivant. Acest aspect explorează utilizarea înregistrărilor video, podcast-urilor și instrumentelor de colaborare online pentru a susține predarea – învățarea – evaluarea.

Pasul 10. Angajamentul inovator al elevilor și studenților, prin promovarea interacțiunilor active și colaborative între elevi prin intermediul proiectelor de grup, al competițiilor și al cluburilor STEM. Crearea unui mediu propice în care elevii și studenții se pot încuraja reciproc și pot explora interesele lor individuale.

Pasul 11. Pregătirea pentru carieră în domeniul STEM, prin dezvoltarea de module educaționale care pregătesc elevii pentru o varietate de cariere în domeniul STEM. Acest aspect include practici de stagii, consiliere profesională și conexiuni cu profesioniști din industrie.

Pasul 12. Explorarea viitorului tehnologic, prin introducerea elevilor în concepte și tehnologii emergente care nu s-au inventat încă, precum inteligența artificială avansată, biotehnologii și alte domenii emergente. Acest lucru poate inspira elevilor și studenților curiozitate și dorința de a fi inovatori, pregătindu-i pentru provocările și oportunitățile viitorului.

Tehnologiile hardware și software formează o punte de legătură și integrare esențială pentru construirea fundației educației STEM. Tehnologia hardware, prin componentele sale fizice, precum computere, dispozitive mobile și senzori, furnizează platformele pe care software-ul rulează și se dezvoltă. Tehnologia

BUPT

software, care include aplicații, algoritmi și sisteme de operare, oferă inteligență și funcționalitate acestor dispozitive.

O propunere de plan strategic de integrare a educației STEM, așa cum este prezentată mai sus și sintetizată în Tabelul 3.1, exploatează această interconectare prin furnizarea unei experiențe de învățare cuprinzătoare. Elevii și studenții învață să opereze hardware-ul, învață să creeze, să dezvolte și să programeze software-ul care îl pune în mișcare (Amelia & Adi, 2021; Ejiwale, 2013; Grollo ș.a., 2023; Karaismailoğlu & Yildirim, 2023; Li ș.a., 2019, 2020; Ruhf ș.a., 2022; Yap, 2023). Această abordare permite dezvoltarea cunoștințelor tehnice solide și a abilităților practice, ca o avanpremieră pentru cerințele complexe ale pieței de muncă din domeniul STEM.

În această interacțiune sinergică, tehnologiile hardware și software devin instrumente esențiale atât pentru educatori, cât și pentru cei care învață. Prin explorarea concomitentă a acestor concepte, elevii și studenții dezvoltă o înțelegere cuprinzătoare a tehnologiei, pregătindu-se pentru o lume în continuă schimbare, în care inovația și soluțiile tehnologice devin din ce în ce mai critice (Sidekerskienė & Damaševičius, 2023).

Ca o concluzie a celor de mai sus, dar și conform cu obiectivul operational **OP3.** prezentat în partea introductivă a acestei lucrări, respectiv de *„propunerea unui demers teoretico-aplicativ (a unei scheme, a unui scenariu și/sau a unei rețete de succes) sau a unei soluții inovative, pentru eficientizarea educației STEM”*, consider că: propunerea personală și originală, în doisprezece pași, a unui posibil plan strategic, sintetizată în Tabelul 3.2, reprezintă o abordare cuprinzătoare și inovatoare pentru îmbunătățirea educației prin intermediul STEM, asigurând că elevii și studenții sunt pregătiți pentru lumea tehnologică și complexă de astăzi și de mâine.

Este important de menționat faptul că această propunere de plan strategic, cu toate că este concepută cu atenție și grijă, trebuie privită ca un demers ameliorabil, apt de dezvoltare, așa cum orice plan sau inițiativă poate beneficia de evaluare și îmbunătățiri, pe măsură ce se avansează în implementarea sa. Într-o lume în continuă schimbare, evoluția și îmbinarea conceptelor sunt inevitabile. Fiecare ajustare consider că este un pas către îmbunătățirea integrării conceptelor, conducând la o abordare mai eficientă și mai relevantă în educația STEM. Astfel, planul strategic devine nu doar un ghid, ci și un proces dinamic de adaptare permanentă destinat formării și îmbrățișării viitorului.

Tabelul 3. 2 O abordare integrată pentru o educație STEM eficientă - sinteză

Pasul nr.	Propuneri pași strategici	Detalierea propunerilor
1	Brand educațional Consolidarea imaginii	Promovarea valorilor și excelenței STEM prin intermediul identității vizuale și a comunicării strategice
2	Extinderea rețelei de parteneriate educaționale	Stabilirea și întărirea colaborărilor cu industria, universități și alte instituții pentru a aduce expertiză și oportunități învățării
3	Optimizarea structurii curriculare	Alinierea resurselor, profesorilor și elevilor pentru a dezvolta un curriculum STEM coerent și eficient
4	Inovația în procesul de predare	Implementarea metodelor de predare STEM inovatoare și dezvoltarea de practici de predare personalizate

BUPT

5	Crearea de experiențe educaționale distinctive	Integrarea de elemente de învățare experiențială și proiecte STEM care să ofere caracteristici unice în procesul de învățare
6	Extinderea sistemului educational integrat	Oferta de servicii și resurse complementare, precum tutoriale online, laboratoare virtuale și evenimente de dezvoltare STEM
7	Evoluția serviciilor de suport educațional	Furnizarea de suport îmbunătățit pentru elevi și profesori prin intermediul tehnologiilor digitale și metodelor inovatoare
8	Strategie de rentabilitate educațională	Elaborarea, dezvoltarea și implementarea unui model sustenabil de finanțare a programelor STEM și a resurselor necesare susținerii lor
9	Inovare în livrarea conținutului educațional	Utilizarea platformelor online și tehnologiilor interactive pentru a livra conținutul educațional în mod eficient și captivant
10	Angajamentul inovator al elevilor	Crearea unui mediu propice pentru interacțiuni și colaborări inovatoare între elevi, dezvoltând astfel angajamentul și pasiunea pentru STEM
11	Pregătirea pentru carieră în domeniul STEM	Dezvoltarea de module educaționale care să pregătească elevii cu abilitățile și cunoștințele necesare pentru a-și urma carierele în știință, tehnologie, inginerie și matematică
12	Explorarea viitorului tehnologic	Introducerea elevilor în concepte și tehnologii emergente care nu s-au inventat încă, pregătindu-i pentru a fi lideri în inovație și dezvoltare

3.3. Educația STEM în era digitală: O componentă integrată în sistemul educațional

Tehnologia este unul din factorii esențiali în evoluția societății în special pentru schimbările continue în domeniul educației. Hardware-ul tehnologic, inclusiv dispozitivele electronice și calculatoarele, a condus către o nouă etapă în procesul de învățare. Cu toate acestea, pe măsură ce învățarea și predarea se transformă într-o lume tot mai digitalizată, software-ul tehnologic devine vital în revoluționarea procesului educațional.

În era digitală, pe lângă tehnologie, factorii esențiali care influențează procesul educațional și care contribuie la modelarea experienței educaționale în epoca digital, includ:

- Profesorii și instructorii, care trebuie să integreze tehnologia în predare.
- Conținutul educațional online de calitate.
- O infrastructură digitală solidă.
- Curriculum adaptat pentru învățare digitală.
- Sisteme de evaluare și monitorizare ajustate la tehnologie.
- Crearea unui mediu online atractiv și motivant.
- Acordarea atenției sănătății mentale în contextul utilizării extinse a tehnologiei.

Într-o lume în care tehnologia digitală influențează în mod profund modul în care învățăm și predăm, este esențial să recunoaștem că această evoluție nu este

BUPT

doar o inovație recentă. De fapt, ea se leagă de istoria timpurie a tehnologiei digitale. În urmă cu decenii, primele calculatoare și primele platforme online au fost pionieri ai unei revoluții tehnologice care avea să schimbe fundamental modul în care accesăm și utilizăm informațiile. Astăzi, putem explora cum această evoluție continuă a tehnologiei digitale influențează învățarea și educația în era noastră actuală.

Primele calculatoare personale și primele discuri compacte aduc o contribuție semnificativă prin conținutul interactiv în case și școli, astfel că asistăm la o creștere fără precedent a dezvoltării software-ului și în învățământ.

Prin utilizarea platformelor online și a tehnologiilor interactive pentru a livra conținutul educațional în mod flexibil și captivant se realizează pași importanți în privința inovării în conținutul educational (vezi și pasul nr. 9 din tabelul 3.2).

Înțelegerea clasificării platformelor și tehnologiilor interactive devine mai clară atunci când explorăm evoluția lor în două etape distincte: perioada timpurie, care a culminat în 2010 cu conceptul de Web 2.0, și perioada ulterioară, de la 2010 până în prezent, cunoscută ca era Web 3.0. Această evoluție incredibilă în dezvoltarea software-ului pentru educație a condus la crearea de platforme sofisticate, care au depășit limitele spațiale și temporale ale învățământului tradițional.

Un rol semnificativ în ceea ce privește platformele de învățare online, l-a avut pandemia COVID-19, care a condus către următoarele impacturi majore în procesul educațional:

1. Creșterea rapidă a utilizării. Restricțiile de distanțare socială și închiderea instituțiilor educaționale tradiționale, au declanșat o creștere semnificativă a cererii pentru platforme online de învățare. Elevii, studenții și profesorii au fost nevoiți să se adapteze rapid la învățarea la distanță, ceea ce a dus la o creștere exponențială a utilizării acestor platforme.

2. Accelerarea inovației. Confruntarea cu necesitatea învățării online a accelerat dezvoltarea și inovația platformelelor de învățare. A fost necesară o evoluție rapidă pentru a răspunde nevoilor de predare și învățare la distanță, care să introducă noi caracteristici și funcționalități.

3. Reevaluarea educației. Pandemia a pus în discuție modul tradițional de predare și a încurajat instituțiile educaționale să exploreze și să adopte modele de învățare flexibile și hibride. Aceasta a declanșat o investiție sporită în platforme și tehnologii de învățare online.

4. Globalizarea accesului la educație. Învățarea online a permis accesul la educație la nivel global, eliminând barierele geografice. Elevii și studenții din întreaga lume au putut beneficia de cursuri și resurse educaționale online.

5. Creșterea adaptabilității. Profesorii și elevii au dezvoltat competențe digitale și adaptabilitate în utilizarea tehnologiei pentru educație. Această experiență are un impact semnificativ asupra viitorului învățării, inclusiv pentru o integrare substranțială a tehnologiei în procesul educațional.

Astfel, se poate afirma cu certitudine că pandemia COVID-19 a jucat un rol cheie în accelerarea adopției și dezvoltării platformelor online de învățare, schimbând fundamental modul în care educația este livrată și accesată în întreaga lume.

Prima etapă de clasificare a platformelor de învățare se situează la nivelul anului 2010 (conform Tabelului 3.3). În această perioadă, dezvoltarea platformelor de învățare era mai restrânsă, având un accent principal pe utilizarea calculatoarelor și a tehnologiilor multimedia pentru a susține procesul de învățare.

BUPT

Tabelul 3. 3 Clasificarea platformelor de învățare la nivelul anului 2010

Nr. crt.	Denumire platformă	Descrierea platformei
1	Computer-Based Training (CBT) Instruire bazată pe calculator	Aceasta a fost una dintre primele abordări în dezvoltarea de platforme de învățare. CBT-ul se baza pe utilizarea programelor de calculator pentru a furniza conținut educativ interactiv. Acestea puteau fi instalate pe computerele locale și utilizate pentru instruire individuală.
2	Interactive Multimedia Multimedia interactivă	Această abordare a implicat integrarea elementelor multimedia, cum ar fi textul, grafica, animațiile și sunetele, pentru a crea materiale de învățare mai atractive și interactive.
3	Computer-Assisted Instruction (CAI) Instruire asistată de calculator	CAI-ul a inclus software-uri care au permis profesorilor să dezvolte materiale educaționale interactiv-orientate, permitând studenților să învețe într-un ritm personalizat.
4	Learning CD-ROMs CD-uri de învățare	Lansarea discurilor compacte (CD-ROMs) a adus posibilitatea de a oferi conținut complex în format digital, inclusiv imagini, video și interactivitate, fără a necesita o conexiune la internet.
5	Educational Software Software educațional	O varietate de software-uri educaționale au fost dezvoltate pentru a acoperi diferite subiecte, de la matematică la limbi străine.
6	Web-Based Learning (cu limite anterioare anului 2010) Învățare bazată pe Web	În timpul anilor '90 și până în 2012, au început să apară primele încercări de a utiliza internetul pentru educație. Acest lucru a dus la dezvoltarea primelor platforme bazate pe web, dar nu erau încă atât de sofisticate și interactive ca și cele ulterioare.

Punctul critic de pornire pentru platformele de învățare este legat de avansurile tehnologice care au permis crearea și distribuirea de conținut educațional în format digital, iar aceasta a fost accelerată de dezvoltarea calculatoarelor personale și a tehnologiilor multimedia în anii '80 și '90. De la aceste începuturi, platformele de învățare evoluează semnificativ, beneficiind de dezvoltările în tehnologia internetului, mobilitate și interactivitate.

După acest punct critic urmează însă o evoluție fără precedent, într-o perioadă foarte scurtă de timp, accelerată inclusiv de pandemie. Cea de-a doua clasificare a platformelor sofisticate pentru învățare, care au evoluat în perioada după anul 2010, este realizată în tabelul 3.4. Acestea sunt categoriile majore ale platformelor de învățare și tehnologiilor asociate:

Tabelul 3. 4 Clasificarea platformelor de învățare după anul 2010

Nr. crt.	Denumirea platformă	Categorii majore ale platformei și tehnologiilor associate	link
1	E-learning platforms (Platforme de învățare online)		
		Learning Management Systems (LMS):	https://moodle.org/

BUPT

		Acestea includ platforme ca Moodle, Blackboard, Canvas, și Sakai, care permit instituțiilor educaționale să creeze, să livreze și să gestioneze cursurile online	https://www.blackboard.com/group/156 https://www.canvas.net/ https://www.sakailms.org/
		Massive Open Online Courses (MOOCs): Exemple notabile sunt Coursera, edX, Udacity, și Khan Academy, care oferă cursuri online masive deschise publicului larg	https://www.coursera.org/ https://www.edx.org/ https://www.udacity.com/ https://www.khanacademy.org/
		Virtual Learning Environments (VLEs): Acestea sunt platforme integrate care combină resurse, activități și interacțiuni pentru studenți, cum ar fi Google Classroom sau Microsoft Teams	https://edu.google.com/workspace-for-education/classroom/ https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-teams/group-chat-software
2	Mobile Learning Platforms (Platforme de învățare mobilă)		
		Mobile Apps: Aplicațiile mobile pentru învățare pe smartphone-uri și tablete, cum ar fi Duolingo pentru limbile străine sau Quizlet pentru învățarea interactivă	https://www.duolingo.com/ https://quizlet.com/
		Podcasts și Audiobooks: Utilizate pentru învățare în mișcare, oferind acces la conținut audio educațional	https://www.timeout.com/things-to-do/best-podcasts https://librivox.org/
3	Video Learning Platforms (Platforme de învățare prin video)		
		Video Streaming: Platforme ca YouTube, Vimeo și TED Talks furnizează o varietate de conținut video educațional și de prezentări	https://www.youtube.com/ https://vimeo.com/ https://www.ted.com/talks
		Webinars și Videoconferințe: Instrumente precum Zoom, Microsoft Teams și WebEx permit interacțiuni în timp real între profesori și studenți	https://zoom.us/ https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-teams/group-chat-software https://www.webex.com/
4	Adaptive Learning Platforms (Platforme de învățare adaptativă)		
		Adaptive Learning Systems: Acestea ajustează automat conținutul și ritmul în funcție de nivelul și progresul fiecărui student. Exemple	https://www.dreambox.com/ https://www.knewton.com/

BUPT

		sunt DreamBox pentru matematică și Knewton pentru multiple subiecte	
5	Gamification and Simulation Platforms (Platforme de gamificare și simulare)		
		Educational Games: Jocurile educative, cum ar fi Minecraft: Education Edition sau produse de la Kahoot!, sunt utilizate pentru a face învățarea mai interactivă și distractivă	https://education.minecraft.net/ https://kahoot.it/
		Simulators: Pentru domenii precum medicina sau ingineria, simulările computerizate oferă practică și învățare într-un mediu sigur și controlat	https://www.thegamer.com/roblox-best-simulator-games/ https://www.geo-fs.com/ https://www.learn4good.com/
6	Cloud-Based Platforms (Platforme bazate pe cloud)		
		Cloud Storage: Servicii precum Google Drive și Dropbox facilitează partajarea și accesul la materiale și documente educaționale	https://www.google.com/drive/ https://www.dropbox.com/

Integrarea educației STEM în sistemul de învățământ este o prioritate internațională esențială pentru pregătirea elevilor și studenților în fața provocărilor tehnologice și științifice din secolul XXI. Această integrare nu se rezumă doar la furnizarea conținutului științific și matematic, ci și la crearea unui mediu în care inovația și tehnologia devin parte integrantă a procesului educațional. Pentru a atinge acest obiectiv, inovarea și transferul tehnologic, în special în ceea ce privește software-ul și pedagogiile digitale, joacă un rol crucial.

Așa cum am arătat în acest capitol, un prim aspect esențial este inovarea în ceea ce privește tehnologia hardware. Dispozitivele și instrumentele tehnologice reprezintă un suport vital în educația STEM, permițând elevilor, studenților dar și profesorilor să experimenteze și să exploreze concepte complexe într-un mod interactiv. De la dispozitivele de laborator la imprimante 3D, investițiile în tehnologie hardware facilitează o înțelegere mai profundă și concretă a subiectelor STEM. Cu toate acestea, rolul software-ului este deopotrivă important. Platformele de învățare online, aplicațiile interactive și simulările virtuale reprezintă modalități eficiente de a transmite cunoștințe complexe într-un mod accesibil și captivant. Software-ul educațional poate transforma noțiuni abstracte în experiențe tangibile și poate oferi elevilor și studenților un cadru interactiv pentru a explora și experimenta conceptele STEM.

În era digitală în continuă evoluție, integrare și implementare, profesorii și cercetătorii joacă, de asemenea, un rol esențial în explorarea și diseminarea cunoștințelor în diverse domenii de interes științific și educational, inclusiv în ceea ce privește educația STEM. Pentru a-și îmbunătăți activitatea și pentru a rămâne la curent cu cele mai recente dezvoltări din domeniile lor de interes, este crucial ca aceștia să se folosească de platforme de cercetare moderne.

BUPT

Platformele de cercetare (tabelul 3.5) oferă un mediu virtual prin care utilizatorii pot accesa o cantitate impresionantă de informații academice, studii, articole științifice și rezultate de cercetare. Aceste resurse valoroase permit o colaborare eficientă precum și o extindere a cunoștințelor între utilizatori, iar pentru profesori, acest aspect poate aduce beneficii directe în sala de clasă, oferindu-le materiale actualizate și de calitate pentru a-și sprijini cursurile.

De asemenea, platformele de cercetare facilitează conexiunile între profesori și cercetători din întreaga lume și oferă posibilitatea de a descoperi potențiali colaboratori, de a participa la discuții academice și de a obține feedback de la alți experți din domeniu. Atât profesorii cât și cercetătorii contribuie astfel la dezvoltarea comunității academice și pot aduce noi perspective și idei în discuție. Mai mult decât atât, platformele de cercetare sunt unul din instrumentele de promovare și recunoaștere pentru munca depusă. Profesorii și cercetătorii pot încărca propriile lucrări, astfel accesibile colegilor și obțin citări pentru contribuțiile lor. Acest lucru contribuie la creșterea vizibilității lor în comunitatea academică și la crearea unui portofoliu impresionant.

Platformele de cercetare reprezintă unelte esențiale pentru cadrele didactice și cercetători. Într-o lume în evoluție permanentă, acestea oferă oportunități pentru învățare continuă, colaborare și avansare profesională, contribuind la îndeplinirea cu succes a misiunii de a susține progresul în domeniile științifice și educaționale, iar prin intermediul acestor platforme, profesorii și cercetătorii pot aduce inovație și excelență în activitatea lor.

Tabelul 3. 5 Platforme de cercetare și baze de date

Nr. crt.	**Denumire platformă de cercetare și link**	Descrierea platformei de cercetare
1	Academia.edu https://www.academia.edu/	Platformă similară cu ResearchGate, care permite cercetătorilor să își împărtășească lucrările și să se conecteze cu alți cercetători.
2	Google Scholar https://scholar.google.com/	Bază de date amplă care indexează articole științifice, teze, cărți și alte publicații academice. Informații specifice în funcție de domeniul de interes.
3	LinkedIn https://www.linkedin.com/	În plus față de a fi o platformă profesională, LinkedIn poate fi utilizată pentru a găsi și conecta cercetători și profesioniști în domenii de interes.
4	Academic Journals	Accesează reviste academice specifice domeniilor de cercetare. Multe dintre ele au site-uri web unde pot fi găsite articole și studii recente.
5	Library Databases	Bazele de date ale bibliotecilor universitare

BUPT

		sau publice pot fi o sursă bogată de articole și publicații academice. Bibliotecile universitare și publice oferă acces la baze de date academice precum ProQuest, EBSCOhost sau JSTOR.
6	IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/	Bază de date de inginerie, tehnologie și informatică care conține articole științifice, conferințe și standarde tehnice.
7	ScienceDirect https://www.sciencedirect.com/	Platformă de publicații științifice care acoperă o gamă largă de domenii.
8	JSTOR https://www.jstor.org/	Bază de date academice care conține o colecție vastă de articole științifice și cărți în diverse domenii.
9	Web of Science https://clarivate.com/products/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-workflow-solutions/webofscience-platform/	Platformă care furnizează acces la citări și referințe și care explorează rețeaua de cercetări dintr-un anumit domeniu.
10	ArXiv https://arxiv.org/	Arhivă preprint în domeniul științelor fizice, matematicii, informaticii și a altor discipline conexe.
11	Social Media	Grupurile și comunitățile academice de pe platforme precum Twitter și Reddit pot fi o modalitate de a găsi și discuta informații relevante.
12	SCOPUS https://www.elsevier.com/solutions/scopus	Bază de date academică și instrument de cercetare dezvoltat de compania Elsevier, concepută pentru a oferi cercetătorilor, academicienilor, instituțiilor de învățământ și organizațiilor de cercetare acces la o gamă largă de informații științifice și academice. Una dintre cele mai mari baze de date multidisciplinare din lume care acoperă o gamă variată de domenii, inclusiv știință, tehnologie, medicină, științe sociale, arte și umaniste.

BUPT

13	ResearchGate https://www.researchgate.net/	Platformă de rețea socială pentru cercetători, similară cu Academia.edu

Dar adevărata inovație se găsește în pedagogiile digitale interdisciplinare, așa cum am arătat în subcapitolul anterior.

Învățământul STEM nu trebuie să fie separat și rigid, ci trebuie să împletească disciplinele în mod creativ. Astfel, software-ul și tehnologia pot facilita colaborarea între domenii diferite, cum ar fi matematica, biologia și ingineria, pentru a rezolva probleme complexe din lumea reală. Aceste pedagogii digitale interdisciplinare dezvoltă gândirea critică, rezolvarea de probleme și abilitățile de comunicare ale elevilor într-un mod holistic și inovator.

Integrarea cu succes a educației STEM în învățământ necesită un efort concentrat pentru a inova și a transfera tehnologie atât hardware, cât și software. Cu toate acestea, inovația în tehnologie și software rămâne cheia pentru a aduce subiectele STEM la viață și pentru a forma viitoarea generație de gânditori critici și inovatori. Prin adoptarea pedagogiilor digitale interdisciplinare, putem crea un mediu educațional dinamic care pregătește elevii pentru provocările complexe ale lumii moderne[23] (*E-Mentor : The Impact of Digitalisation on the Development of e-Learning*, 2023)

3.4. Modele integrative pentru decizii educative

Deciziile umane, personale, politice sau economice, joacă un rol vital în determinarea direcției în care ne îndreptăm ca specie și ca societate. Abordarea educației dintr-o perspectivă interdisciplinară permite înțelegerea conexiunilor complexe dintre diversele aspecte ale vieții noastre.

3.4.1. Importanța deciziilor educaționale

Deciziile cu impact major în societate nu pot fi mereu evaluate și cuantificate strict matematic. Totuși, se pot realiza analize detaliate, identifica indicatori relevanți și verifica date statistice pentru a fundamenta aceste decizii (Inchausti & Sullivan, 2018). Cercetarea interdisciplinară, o abordare care favorizează colaborarea sinergică între două sau mai multe discipline în cadrul procesului educațional, se dovedește a fi o modalitate valoroasă de a aborda provocările complexe ale societății contemporane.

În acest sens, Badawi (2021), explică Modelele teoretice interdisciplinare[24] și evidențiază importanța colaborării între discipline, a integrării modelelor

[23] https://www.e-mentor.edu.pl/artykul/index/numer/99/id/1606

[24] *„Cu fiecare zi sporește complexitatea fenomenelor sociale, iar procesele de înțelegere și explicare ale impactului acestora vor deveni o sarcină prea grea pentru a fi apanajul unei singure discipline. Pentru a depăși acest decalaj științific, în ultimele două decenii au fost elaborate programe de cercetare interdisciplinare, având ca scop integrarea a două sau mai multe modele cognitive într-unul singur, pentru a produce noi cunoștințe, care nu aparțin unei discipline specifice, iar cercetătorii se așteaptă ca aceste cunoștințe*

BUPT

cognitive pentru a produce cunoștințe noi și a înțelege mai bine fenomenele sociale complexe.

Prin adoptarea unor modele teoretice interdisciplinare, cercetătorii pot depăși limitele impuse de specializările individuale și pot aborda problemele cu o perspectivă mai completă și holistică (Chaudhry & Kazim, 2022). Astfel, aceste modele teoretice pot contribui la dezvoltarea unei înțelegeri profunde a problemelor sociale și la găsirea soluțiilor adecvate, având potențialul de a deschide drumul către o nouă revoluție științifică.

Pentru a ne asigura un viitor prosper, este necesar să promovăm cercetarea interdisciplinară și integrarea educației STEM în toate nivelele de învățământ. Prin abordări interdisciplinare și modele teoretice integrate, putem înțelege mai bine fenomenele complexe ale societății noastre și putem dezvolta soluții inovatoare pentru a face față provocărilor viitorului. În acest fel, vom putea lua decizii informate, care să ne ghideze spre un viitor mai bun și mai sustenabil.

Un astfel de model este modelul de congruență Nadler-Tushman, care oferă un cadru fiabil pentru analiza și îmbunătățirea eficienței organizaționale, inclusiv în contextul educațional (Nadler & Tushman, 1999). În continuare, vom explora modul în care acest model, alături de alte abordări interdisciplinare, modele și metode pot fi aplicate pentru a sprijini luarea deciziilor educaționale și pentru a îmbunătăți rezultatele școlare.

3.4.2. Modelul de congruență Nadler-Tushman

Modelul Nadler-Tushman a fost introdus în anii 1980 de către David A. Nadler și Michael L. Tushman. Cunoscut și sub denumirea de „Modelul Congruenței”, acesta este un instrument conceptual utilizat în analiza culturii organizaționale, creat pentru a răspunde necesității de adaptare a organizațiilor la schimbările rapide din mediul de afaceri (Nadler & Tushman, 1999).

Termenul ***„congruență”*** în contextul acestui model nu are legătură directă cu aspectele matematice. De exemplu, atunci când vorbim despre congruența geometrică a două triunghiuri, ne referim la o potrivire perfectă sau identică între două obiecte, care au aceleași lungimi ale laturilor și aceleași măsuri ale unghiurilor (Khan Academy, 2024). În cazul modelului Nadler-Tushman, termenul se referă la ***„alinierea”*** sau ***„potrivirea”*** strategică și funcțională a celor patru componente organizaționale (structură, cultură, sarcini, persoane), în vederea atingerii unei performanțe optime (Beer & Nohria, 2000).

Deși este mai veche, lucrarea lui Hall, Lawrence & Lorsch oferă perspective fundamentale asupra designului organizațional și alinierii și susține relevanța și aplicabilitatea continuă a modelului Nadler-Tushman (Hall ș.a., 1968), care nu este unul perimat, ci rămâne un instrument valoros și sustenabil, atât pentru

---

să conducă la nașterea modelelor teoretice interdisciplinare care se pot dezvolta într-o nouă revoluție științifică", (traducere realizată de autoare) din:
Badawi, A. M. (2021). The Legacy of Gacaca: Understanding Genius of Forgiveness, Recovery, and Development in Rwandan Society. The International Journal of Humanitarian Studies, May 2022. 4(2): 3-32. 4. 3-32.
https://www.researchgate.net/publication/354630598_The_Legacy_of_Gacaca_Understanding_Genius_of_Forgiveness_Recovery_and_Development_in_Rwandan_Society_The_International_Journal_of_Humanitarian_Studies_May_2022_42_3-32

BUPT

gestionarea schimbărilor, cât și pentru optimizarea performanței organizaționale, inclusiv în era inteligenței artificiale.

Modelul Nadler-Tushman se menține relevant și sustenabil datorită capacității sale de a oferi o structură coerentă pentru analizarea și îmbunătățirea eficienței organizaționale. Flexibilitatea sa permite adaptarea la diverse contexte și medii organizaționale, facilitând identificarea și soluționarea problemelor legate de alinierea strategică și funcțională a componentelor interne. Așa cum arătăm în figura 3.15, accentul pe interdependențele dintre sarcini, persoane, structură și cultură contribuie la o înțelegere holistică a organizațiilor, permițând intervenții bine fundamentate. Capacitatea modelului de a integra feedback continuu sprijină procesele de ajustare și îmbunătățire permanentă, esențiale într-un mediu de afaceri dinamic.

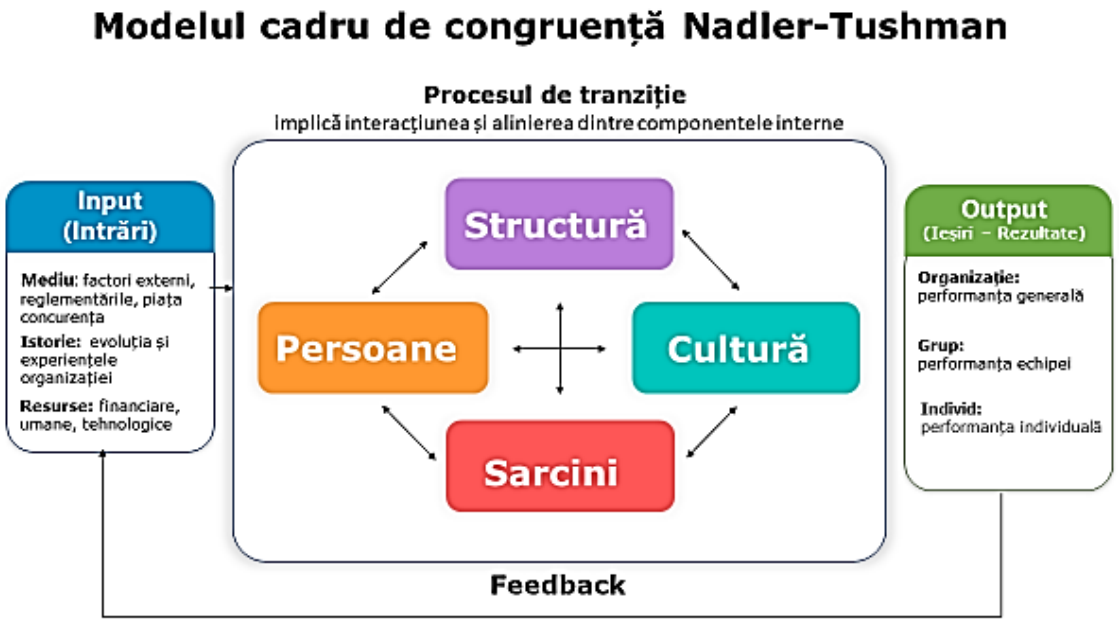


Figura 3. 15 Procesul de tranziție și componentele principale ale Modelului Nadler-Tushman prelucrare după (Nadler & Tushman, 1999)

Deși modelul Nadler-Tushman oferă un cadru bine fundamentat pentru analiza și îmbunătățirea eficienței organizaționale, este deosebit de relevant și în contextul educațional, în special, pentru programele de educație STEM. Susținem acest aspect deoarece, prin capacitatea sa de a evalua și alinia strategic componentele interne ale unei instituții educaționale, modelul permite identificarea punctelor forte și a celor slabe, facilitând astfel dezvoltarea unor intervenții bine fundamentate.

În educație, și în mod particular în educația STEM, adaptabilitatea și interacțiunea eficientă între profesori, elevi și infrastructura educațională sunt foarte importante. Modelul de congruență Nadler-Tushman facilitează o înțelegere profundă a modului în care aceste componente interacționează și se influențează reciproc.

Într-un program STEM, sarcinile includ nu doar predarea cunoștințelor teoretice, ci și implementarea proiectelor practice și a experimentelor. Participanții trebuie să aibă competențe specifice și să fie motivați pentru a atinge performanțe înalte. Structura, incluzând programele de studiu și facilitățile de laborator, trebuie

BUPT

să sprijine aceste activități, iar cultura organizațională trebuie să promoveze inovația și colaborarea.

Performanțele obținute prin aplicarea modelului Nadler-Tushman în educația STEM se reflectă în îmbunătățirea rezultatelor academice, creșterea satisfacției elevilor, studenților și profesorilor și în adaptarea rapidă la schimbările din domeniul științific și tehnologic.

De exemplu, în școlile și universitățile care au adoptat acest model, s-a observat o mai bună integrare a tehnologiilor noi în curriculum, o colaborare mai strânsă între departamente și o creștere a performanțelor studenților în competițiile științifice. Harvard Business School a aplicat principiile modelului de congruență pentru a integra noile tehnologii de învățare și pentru a adapta curriculum-ul la nevoile contemporane ale studenților și pieței muncii (Charles A. O'Reilly III, 2016). În mod similar, Stanford University a implementat acest model în cadrul programelor de formare continuă și dezvoltare profesională, facilitând integrarea inteligenței artificiale în procesele de predare și administrare (Reding, 2021). La nivelul învățământului preuniversitar, școli din diverse state din SUA (școlile K-12) au adoptat modele de congruență pentru a implementa tehnologia în educație, asigurând astfel alinierea între nevoile elevilor, competențele profesorilor, infrastructura școlară și cultura educațională (Ando, 2023).

În educație, modelul poate fi utilizat și pentru a alinia noile tehnologii educaționale, cum ar fi platformele de e-learning și ineligență artificială, cu nevoile și competențele personalului, structura instituțională și cultura academică.

3.4.3. Justificarea utilizării modelului Nadler-Tushman în educație și STEM

Modelul Nadler-Tushman este *„potrivit"* în educație, mai ales în educația STEM, datorită capacității sale de a oferi un cadru coerent pentru *„alinierea"* tuturor componentelor organizaționale necesare pentru a răspunde eficient provocărilor din era digitală. Prin aplicarea acestui model, instituțiile de învățământ facilitează integrarea și implementarea eficientă a nolior tehologii, permit adaptarea rapidă a curriculum-ului și promovează alinerea componentelor interne ale unui mediu educațional coeziv și productiv.

În această secțiune se distinge obiectivul operațional **OP8:** Adaptarea și testarea unor modele educaționale, cum ar fi modelul Nadler-Tushman, în contextul educației STEM, pentru a evalua eficiența acestora în sprijinirea transformării digitale.

Așa cum se poate observa și în figura 3.16 aceste caracteristici fac din modelul Nadler-Tushman un instrument de diagnosticare și aliniere organizațională, dar și un pionierat în transformarea educației pentru a se adapta la era digitală.

Pentru a adapta cele patru componente ale modelului Nadler-Tushman astfel încât să fie relevante pentru educația STEM, propunem adaptarea următorilor termeni:

- ✓ **ORGANIZARE**

Structură devine **Organizare** pentru a sublinia ierarhia administrativă și modul în care sunt organizate cursurile, laboratoarele și colaborările interdisciplinare. Organizarea eficientă permite o bună coordonare și utilizare a resurselor, vitale

BUPT

pentru educația STEM, deoarece resursele materiale și umane trebuie să fie utilizate în mod optim, pentru a facilita învățarea activă și experimentală.

- ✓ **Procese și activități**

Sarcini devine **Procese și activități** pentru a include metodele și procedurile educaționale. În educația STEM, se pune accentul pe activitățile de laborator, proiecte colaborative și rezolvarea problemelor în mod practic. Termenii propuși reflectă diversitatea și complexitatea activităților educaționale necesare pentru a dezvolta competențele tehnice și științifice ale participanților.

- ✓ **Participanți**

Persoane devine **Participanți** pentru a evidenția implicarea activă a tuturor actorilor din procesul educațional: elevi, studenți, profesori, cercetători și personal administrativ. Educația STEM necesită o implicare activă și colaborativă din partea tuturor participanților, pentru a crea un mediu de învățare dinamic și stimulativ.

- ✓ **Mentalitate și atmosferă**

Cultură devine **Mentalitate și atmosferă** pentru a sublinia atitudinile, valorile și comportamentele care promovează inovația, colaborarea și deschiderea către originalitate și inedit. În educația STEM, este important mediul care încurajează experimentarea, gândirea critică și creativitatea, iar termenii propuși reflectă mai bine aceste aspecte. Adaptarea acestor termeni permite congruența / alinierea / potrivirea modelului Nadler-Tushman cu specificul și nevoile educației STEM și asigură un cadru conceptual relevant pentru analiza și îmbunătățirea performanței educaționale.

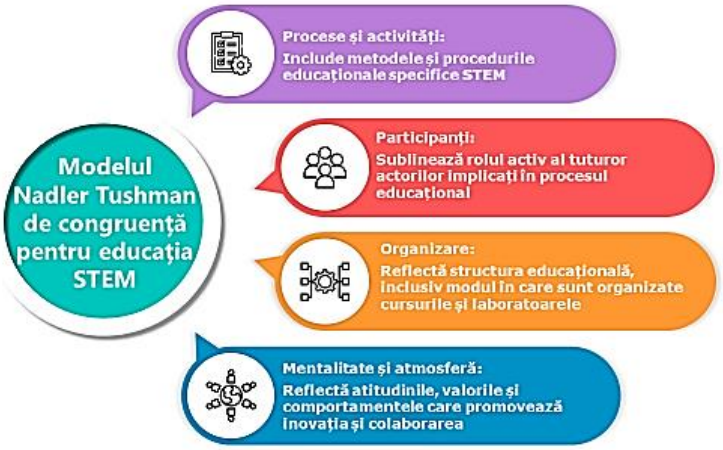


Figura 3. 16 Inovație conceptuală adaptată Modelului Nadler-Tushman pentru educația STEM

Termenii propuși pentru adaptarea componentelor modelului Nadler-Tushman sunt originali și nu au fost folosiți anterior într-un context exact. Transformarea acestor termeni pentru a se alinia cu specificitățile educației STEM reprezintă o inovație conceptuală. Am propus acești termeni pentru a reflecta realitățile și nevoile actuale ale educației STEM, înțelegerea contextului educațional modern și pe specificul educației STEM.

Această adaptare nu a fost documentată anterior în literatura de specialitate, astfel încât poate fi considerată o contribuție originală și inovatoare. Utilizarea termenilor precum „Organizare", „Procese și

BUPT

activități", „Participanți", și „Mentalitate și atmosferă" aduce un nivel suplimentar de claritate și relevanță în contextul educației STEM, nivel care poate fi considerat un pionierat conceptual.

3.4.4. Metode și modele organizaționale

Cercetarea interdisciplinară oferă un cadru inovator pentru înțelegerea profundă a problemelor complexe din educație și integrează expertiza din mai multe domenii, aduce perspective diferite și abordări variate privind provocările educaționale contemporane. Atunci când sunt cerute decizii pentru procesul educațional, cercetarea interdisciplinară poate fi susținută de metode adecvate care iau în considerare diversitatea de date și informații provenite din diferite discipline. Aceste metode pot include analize statistice avansate, modele de simulare, cercetare calitativă și cantitativă, dar și consultarea experților din diferite domenii. Prin utilizarea acestor metode, decidenții educaționali pot lua decizii informate și eficiente pentru îmbunătățirea proceselor de învățare și predare, asigurând astfel progresul continuu al sistemului de învățământ.

Există numeroase metode pentru luarea deciziilor utilizate în diferite domenii, inclusiv în management, economie, inginerie, și în educație. Câteva dintre aceste metode sunt prezentate în tabelul 3.6:

Tabelul 3. 6 Metode pentru luarea deciziilor, utilizate în diverse domenii

Nr. crt.	Denumirea metodei	Explicații
1	Metoda AHP (Analytic Hierarchy Process)	Este folosită pentru a structura și rezolva problemele de decizie complexe prin descompunerea lor în subprobleme mai mici, creând o ierarhie a criteriilor și evaluând alternativele în funcție de acești criterii.
2	Metoda SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)	SWOT este o tehnică simplă și eficientă pentru evaluarea situației unei organizații sau a unei decizii prin identificarea punctelor tari, a punctelor slabe, a oportunităților și a amenințărilor.
3	Metoda PESTEL	Implică analiza factorilor politici, economici, sociale, tehnologici, de mediu și legali pentru a evalua impactul acestor factori asupra unei decizii sau situații.
4	Metoda Cost-Benefit Analysis (CBA)	CBA este folosită pentru evaluarea și compararea beneficiilor și costurilor unei alternative, în special în contextul proiectelor și investițiilor.
5	Metoda Deciziei Întârzie	Amânarea luării unei decizii până când se adună suficiente informații sau până când se întâlnesc anumite condiții specifice.
6	Metoda Matricei de Decizie	Crearea unei matrice în care se listează alternativele și criteriile, iar apoi se atribuie ponderi și se acordă scoruri pentru fiecare criteriu în funcție de importanța lor.
7	Metoda Delphi	Se bazează pe colectarea și analiza opiniei unui grup de experți pentru a ajunge la un

BUPT

		consens în ceea ce privește o decizie sau o problemă.
8	Metoda Pareto Analysis	Se concentrează pe identificarea celor mai importante factori sau probleme care au cel mai mare impact, utilizând principiul Pareto (80/20).
9	Metoda Kepner-Tregoe	Se axează pe analiza cauzelor rădăcină ale problemelor și pe dezvoltarea de soluții eficiente.
10	Metoda Weighted Decision Matrix	Utilizarea unei matrice ponderate pentru a evalua și compara alternativele în funcție de criterii și ponderi specificate.
11	Metoda Game Theory	Se aplică în situații în care luarea unei decizii este influențată de deciziile altor părți implicate și se bazează pe modelarea interacțiunilor strategice.
12	Metoda ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité)	Este o tehnică de analiză și luare a deciziilor utilizată în management, inginerie și alte domenii, pentru a evalua și compara opțiuni sau alternative în funcție de mai multe criterii.

Fiecare dintre aceste metode are avantaje și limite, iar selecția unei metode depinde de specificul problemei, a contextului și a resurselor disponibile. Uneori, o combinație a mai multor metode poate fi cea mai potrivită pentru a ajunge la o decizie informată și eficientă.

În cadrul dinamicii contemporane a mediului de afaceri, modelele organizaționale reprezintă scheletul funcțional al oricărei entități economice, determinând eficiența operațională, cultura organizațională și capacitatea de adaptare la schimbările pieței. În tabelul 3.7 se prezintă o sinteză comparativă a patru modele organizaționale, sinteză care permite o bună înțelegere a variabilității și specificității abordărilor manageriale adoptate de-a lungul timpului de diferite organizații. O analiză aprofundată și bine structurată a diverselor modele organizaționale permite identificarea punctelor forte și a punctelor slabe ale fiecărui model, precum și evidențierea modului în care aceste modele pot fi adaptate și integrate în funcție de nevoile și obiectivele unei organizații.

Tabelul 3. 7 Modele organizaționale

Nr. crt.	**Modelul și descrierea modelului**	**Utilizarea și relevanța modelului**
1	***Nadler-Tushman*** - Congruence model Congruență / aliniere / potrivire strategică a 4 componente organizaționale pentru performanță optimă	Adaptarea curriculum-ului și tehnologiei educaționale la nevoile contemporane ale studenților. Relevant în educația STEM și în contextul integrării noilor tehnologii. (Charles A. O'Reilly III, 2016)
2	***McKinsey 7S*** framework model Alinierea a 7 elemente interdependente: - strategie - structură - sisteme (proceduri, procese) - valori comune - competențe	Transformări organizaționale și implementarea schimbărilor în structuri educaționale. Foarte apreciat în consultanța managerială pentru comprehensivitatea sa.

BUPT

	- stil - persoane	(Nagy, 2020; Waterman ș.a., 1980)
3	Kotter's 8-Step change model Model de 8 pași pentru gestionarea schimbării: - urgentare - coaliție - viziune - comunicare - delegare - victorii rapide - consolidare - ancorare	Utilizat pentru implementarea schimbărilor majore în procesele educaționale și administrative. Deosebit de util pentru adaptarea rapidă la schimbările tehnologice și de curriculum. (Kotter, 2007; Kotter ș.a., 2021)
4	Burke-Litwin model Explorează relațiile cauzale dintre dimensiunile organizaționale, în 12 pași: - mediu extern - misiune și strategie - leadership - cultură organizațională - structură - practici de management - politici și proceduri - climat de lucru - sarcini și abilități individuale - motivație individuală - performanța echipei - performanța organizației	Utilizat pentru diagnosticarea și planificarea schimbărilor complexe în instituțiile educaționale. Factori de transformare. Factori de tranziție. Apreciat pentru profunzimea înțelegerii dinamicilor organizaționale. (Avrichir, 2003; Burke & Litwin, 1992)

Importanța acestei sinteze în contextul lucrării de față constă în capacitatea de a oferi o perspectivă clară asupra diversității paradigmelor organizaționale.

Într-o eră caracterizată de transformări rapide și inovări tehnologice, integrarea educației STEM devine o necesitate și un pilon central al dezvoltării economice și sociale. În acest context, modelele organizaționale joacă un rol principal în facilitarea acestei integrări. Această secțiune a lucrării va aborda o sinteză comparativă a diverselor modele organizaționale, cu un accent special pe modelul Nadler-Tushman.

Analiza comparativă a modelelor organizaționale a fost necesară pentru a identifica cele mai eficiente practici și abordări care pot fi adaptate la nevoile specifice ale educației STEM, ale educației și muncii la distanță. Prin evaluarea critică a acestor modele, am extras elementele care facilitează dezvoltarea competențelor necesare în contextul actual, competențe evidențiate și de rezultatele chestionarului nostru din capitolul de cercetare teoretico-aplicativă. Acesta din urmă oferă perspective valoroase asupra percepțiilor și nevoilor *participanților* și consolidează astfel legătura între teorie și practică.

BUPT

3.4.4.1. Argumente privind valoarea adăugată a modelului Nadler-Tushman pentru educația STEM

În lucrarea de față, am optat pentru utilizarea modelului Nadler-Tushman, datorită simplității și clarității sale, precum și pentru adaptabilitatea sa la contextul educației STEM (Ando, 2023; Avrichir, 2003; Burke & Litwin, 1992; Charles A. O'Reilly III, 2016; Filipović ș.a., 2020; Kotter, 2007; Kotter ș.a., 2021; Nagy, 2020; Reding, 2021; Waterman ș.a., 1980). Alegerea acestui model pentru educația STEM, care se concentrează pe o inovare conceptuală a celor patru componente principale - *organizare, procese și activități, participanți și mentalitate și atmosferă* - se bazează pe următoarele argumente:

i) Modelul Nadler-Tushman este apreciat pentru structura sa simplă și directă, care permite o înțelegere rapidă și o aplicare eficientă. În contextul educației STEM, unde complexitatea poate deveni copleșitoare, utilizarea unui model simplu și clar facilitează implementarea și evaluarea strategiilor educaționale. Se evită astfel complicațiile inutile care ar putea apărea prin utilizarea unor modele excesiv de complexe.

ii) Adaptarea acestui model la educația STEM prin utilizarea de termeni specifici: *organizare, procese și activități, participanți, mentalitate și atmosferă* reflectă nevoile și specificul acestui domeniu. Deoarece educația STEM necesită o abordare integrată și interdisciplinară, acest model permite o analiză coerentă și cuprinzătoare a factorilor critici care influențează succesul educațional.

iii) Modelul pune un accent deosebit pe alinierea dintre diferitele componente ale unei organizații, aspect esențial în educația STEM. Alinierea strategică a obiectivelor educaționale, a resurselor și a metodologiilor didactice este primordială pentru a asigura coerența și eficacitatea procesului educațional. Prin utilizarea acestui model, toate elementele implicate în educația STEM sunt congruente și lucrează sinergic pentru a atinge obiectivele stabilite.

iv) Modelul a fost aplicat cu succes în diverse contexte organizaționale, inclusiv în educație, ceea ce demonstrează versatilitatea și aplicabilitatea sa practică. Alegerea acestui model în cadrul tezei de față se bazează pe evidențele privind eficiența sa în facilitarea schimbării și îmbunătățirii performanței organizaționale (Ando, 2023; Filipović ș.a., 2020).

Utilizarea modelului Nadler-Tushman în educația STEM reprezintă o alegere strategică, fundamentată pe simplitatea, claritatea și adaptabilitatea acestui model la nevoile specifice ale educației contemporane. Prin aplicarea acestui cadru, se facilitează o abordare structurată și eficientă a procesului educațional, și se asigură alinierea strategică necesară pentru a atinge rezultate optime. Aceste argumente susțin validitatea și relevanța modelului ales, demonstrând în același timp contribuția originală și inovatoare a adaptării sale la contextul educațional modern, așa după cum se va putea observa în secțiunea următoare.

BUPT

3.4.4.2. Studiu de caz: Adaptarea Modelului Nadler-Tushman pentru educația STEM

3.4.4.2.1. Contextul General

În perioada anilor școlari 2020-2023 o clasă de 20 de tineri dintr-un liceu cu profil profesional, cu vârste cuprinse între 16 și 18 ani (în clasa a IX-a), a beneficiat din partea autoarei (ca dirigintă), de consiliere și orientare profesională. Am avut astfel oportunitatea de a observa și analiza îndeaproape provocările cu care se confruntă tineri proveniți din medii profund defavorizate. Orfani, aflați în grija asistenților maternali sau instituționalizați în case de copii, toți cei 20 de tineri erau expuși unui risc crescut de abandon școlar, consum de substanțe și comportamente deviante. Această experiență personală, trăită în mod direct și intens, a oferit o perspectivă unică asupra dinamicii educaționale și sociale a acestor tineri și a evidențiat necesitatea unor intervenții educaționale, nu doar teoretice, ci profund personalizate și adaptate nevoilor lor specifice. În colaborare cu consiliul profesoral, am implementat strategii educaționale inovatoare, menite să motiveze și să-i sprijine pe acești tineri într-un context interdisciplinar și aplicat.

Acest studiu de caz își propune să demonstreze că implicarea activă și personalizată a profesorului poate juca un rol esențial în integrarea socială și profesională a elevilor vulnerabili. În acest sens, experiența directă nu doar că validează abordarea teoretică, dar oferă și o perspectivă empirică asupra impactului pozitiv pe care o educație adaptată îl poate avea asupra tinerilor.

În calitate de îndrumător autoarea a fost profund implicată în depășirea obstacolelor legate de motivarea tinerilor, proveniți în totalitate din medii defavorizate, pentru a-și continua educația. Conștientă de riscul crescut de abandon școlar și de vulnerabilitățile asociate, autoarea a adoptat o abordare proactivă și informată pentru a sprijini acești tineri. Pe lângă experiența personală directă în lucrul cu acești elevi, au fost parcurse numeroase articole și cărți de specialitate care tratează problematica abandonului școlar și a metodelor de prevenire a acestuia. Au fost explorate strategii de implicare a elevilor, precum cele descrise de Christenson, Reschly, și Wylie (2022), care subliniază importanța creării unui mediu educațional care să stimuleze atât implicarea, cât și succesul școlar (Reschly, 2020). De asemenea, au fost studiate lucrări care detaliază cum abordările curriculare inovatoare pot fi adaptate pentru a răspunde nevoilor elevilor vulnerabili și care explorează metodele de susținere a elevilor cu risc (Archambault ș.a., 2022; Cooper ș.a., 2023; Fix ș.a., 2019; Lawrence & Adebowale, 2023; Reschly, 2020; Sinclair ș.a., 2003).

3.4.4.2.2. Aplicarea într-o situație reală a Modelului Nadler-Tushman

Secțiunea 3.4.3. a propus următorii patru termeni: ***organizare, procese și activități, participanți, mentalități și atmosferă***.

De asemenea, cercetarea în această secțiune urmărește în continuare obiectivul operațional **(OP8)**: Adaptarea și testarea unor modele educaționale (modelul Nadler-Tushman), în contextul educației STEM, pentru a evalua eficiența acestora în sprijinirea transformării digitale.

În tabelul de mai jos se prezintă rezultatele studiului, conform termenilor propuși:

BUPT

Tabelul 3. 8 Aplicație model Nadler-Tushman prin congruență cu educația STEM

Nr. crt.	Fundamentul teoretic	Fundamentul practic
1	Organizare	Realizarea unei structuri educaționale integrative. Colaborarea cu profesorii de limba română, engleză, matematică și TIC, pentru a crea un program educațional holistic și interdisciplinar, care a inclus o fișă de lucru complexă, prin îmbinarea de elemente de alfabetizare și calcul matematic (Anexa 9).
2	Procese și activități	Activități educaționale concepute pentru a fi interactive și motivaționale. Tinerii au calculat valorile unor cuvinte folosind numerotarea literelor alfabetului român și englez, apoi au transformat aceste valori în procente. Prezentarea rezultatelor pe o tablă SMART a fost urmată de o discuție motivațională despre importanța educației și o prezentare în PowerPoint care a ilustrat frumusețea matematicii și a logicii.
3	Participanți	Tinerii, (20 de elevi) profesorii (5 îndrumători) și consilierul de orientare profesională (autoarea) au avut roluri active în acest proces. Elevii au fost implicați direct în activități practice, iar profesorii au colaborat pentru a integra conținutul disciplinelor într-un mod coerent și atractiv. Feedback-ul constant și implicarea activă a tuturor participanților au fost esențiale pentru succesul programului.
4	Mentalitate și atmosferă	Cultivarea unei mentalități de creștere și a unei atmosfere de susținere și colaborare. Elevii au fost încurajați să vadă educația ca pe o oportunitate de dezvoltare personală și profesională. Discursurile motivaționale și activitățile de grup au contribuit la crearea unui mediu în care elevii se simțeau valorizați și sprijiniți.

3.4.4.2.3. Rezultate și impact

După implementarea acestui model adaptat, s-a observat o creștere semnificativă a motivației și performanței școlare: toți tinerii au promovat primul an școlar; la finalul celor trei ani școlari, doar un singur tânăr a avut probleme legale, dar chiar și așa a continuat școala; două tinere s-au căsătorit, dar și-au finalizat studiile; pentru doi tineri s-a utilizat educația la distanță prin platforma Google Classroom, datorită necesității de adaptare la contextului pandemiei și a situației familiale (care i-a blocat ulterior o perioadă în străinătate).

În concluzie, acest studiu de caz real demonstrează eficacitatea adaptării modelului Nadler-Tushman prin congruență cu educația STEM integrată. Termenii ***„Organizare", „Procese și activități", „Participanți" și „Mentalitate și atmosferă"*** oferă un cadru conceptual clar și relevant, și reflectă nevoile și provocările specifice educației în general și cele specifice educației STEM integrate. Adaptarea acestor termeni nu este documentată anterior în literatura de specialitate și marchează astfel o contribuție originală și inovatoare a autoarei în domeniul educațional.

3.5. Inteligența artificiala și educația STEM

Pe măsură ce tehnologia avansează rapid, devine evident că utilizarea inteligenței artificiale în învățământ nu mai este doar o opțiune, ci o necesitate

BUPT

imperativă pentru a îmbunătăți și eficientiza procesul educațional (CIS, 2023; OECD Publishing, 2018). Inteligența artificială oferă soluții inovatoare pentru personalizarea învățării, automatizarea sarcinilor administrative și analizarea datelor educaționale, contribuind astfel la o educație STEM mai eficientă și accesibilă (Kamalov ș.a., 2023).

Propunerea autoarei pentru o definiție a inteligenței artificiale în conexiune dinamică cu educația STEM, formulată și explicată într-un mod original și inedit, este următoarea:

Inteligența artificială și educația STEM formează o îngemănare dinamică, similară unui produs de convoluție, unde fiecare domeniu își păstrează identitatea distinctă, dar contribuie sinergic la crearea unor sisteme de învățare avansate. Aceste sisteme nu doar că extind capacitățile cognitive umane prin integrarea cunoștințelor științifice, tehnologice, inginerești și matematice, dar și evoluează continuu, adaptându-se la noi contexte educaționale și industriale. Pe măsură ce tehnologia și cunoștințele avansează, definirea și aplicarea inteligenței artificiale în educație vor necesita actualizări constante, care să anticipeze transformările semnificative ce vor redefini relația dintre om și tehnologie în procesul educațional.

Convergența avansată a tehnologiilor informatice cu paradigmele educației STEM subliniază îmbinarea strânsă dintre IA și educația STEM, evidențiază cum IA se hrănește și este îmbogățită de cunoștințele din toate aceste domenii (Li ș.a., 2019). Generarea de sisteme capabile de învățare adaptivă, inovație și soluționare de probleme complexe accentuează capacitățile esențiale ale IA de a învăța continuu, a inova și a rezolva probleme complexe, toate acestea fiind trăsături fundamentale ale educației STEM (Russell, S., & Norvig, 2020).

Abordarea multidisciplinară demonstrează faptul că IA și STEM se interconectează prin metode și perspective variate din mai multe discipline, iar analogia matematică cu un *produs de convoluție,* ajută la explicarea modului în care IA și educația se combină pentru a crea ceva nou și puternic, fiecare păstrându-și în același timp caracteristicile unice (Courville, 2016).

Îngemănarea dinamică, sinergia și adaptarea sugerează atât o relație complexă și interdependentă între IA și educație, unde ambele domenii influențează și se adaptează reciproc, fără a se contopi complet, cât și o relație care conduce la rezultate superioare, prin îmbinarea celor mai bune elemente din ambele domenii (Brynjolfsson & McAfee, 2014). De asemenea, aceste sisteme sunt capabile de evoluție și adaptare continuă (Roehrig ș.a., 2021).

3.5.1. Introducerea și importanța inteligenței artificiale în educație

Este important să subliniem că utilizarea inteligenței artificiale în procesul decizional poate fi considerată o metodă decizională educațională. IA-ul a devenit tot mai prezent în numeroase domenii, inclusiv în educație, și aduce cu sine numeroase beneficii și provocări (Rodgers ș.a., 2023; Zador ș.a., 2023).

Prin integrarea IA-ului în procesul decizional educațional, putem obține o serie de avantaje semnificative. Prin faptul că IA-ul poate ajuta la analizarea datelor și la identificarea modelelor, decidenții educaționali pot lua decizii informate și eficiente (Al Darayseh, 2023).

BUPT

Acest lucru poate duce la îmbunătățirea procesului educațional, oferind educatorilor și administratorilor informațiile necesare pentru a lua decizii care să sprijine învățarea și dezvoltarea elevilor într-un mod personalizat și bazat pe date concrete.

De asemenea, utilizarea IA-ului poate facilita personalizarea învățării, prin adaptarea conținutului și a metodologiilor de predare la nevoile individuale ale elevilor. IA-ul poate analiza date despre performanța fiecărui elev, identificând punctele forte și slabe, și poate recomanda activități specifice pentru a îmbunătăți învățarea. De exemplu, IA-ul poate sugera resurse suplimentare pentru elevii care întâmpină dificultăți într-un anumit subiect sau poate oferi provocări suplimentare pentru cei care excelează, asigurându-se astfel că fiecare elev primește un plan de învățare personalizat (Russell, S., & Norvig, 2020). Prin urmare, IA-ul poate juca un rol substanțial în crearea unui mediu educațional eficient și incluziv (du Boulay, 2023).

Cu toate acestea, este important să fim conștienți și de provocările și deficiențele asociate cu utilizarea IA-ului în procesul decizional educațional. Acestea includ necesitatea de a asigura calitatea și acuratețea datelor, protejarea confidențialității și securității informațiilor elevilor, precum și evitarea prejudecăților algoritmice care ar putea afecta echitatea și incluziunea în educație (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Pot include și probleme legate de dependența excesivă de tehnologie (Commissione europea, 2024). Prin urmare, implementarea și utilizarea responsabilă a IA-ului în educație necesită o abordare atentă și echilibrată pentru a evita riscul compromiterii integrității educaționale și a asigura un mediu de învățare echitabil și sigur pentru toți elevii.

Inteligența artificială se referă la capacitatea unui sistem sau a unei mașini de a simula un comportament inteligent, cum ar fi comportamentul uman. Aceasta include învățarea, rezolvarea problemelor, recunoașterea tiparelor și luarea deciziilor bazate pe algoritmi și date (Kamalov ș.a., 2023; Käser & Alexandron, 2023; W. Xu & Ouyang, 2022).

Totuși, natura opacă a procesului decizional al IA ridică probleme semnificative legate de responsabilitate, transparență și potențialul de deviație (bias). Opacitatea derivă din mai multe aspecte esențiale: complexitatea algoritmilor utilizați, lipsa de interpretabilitate a modelelor complexe și dificultatea de a urmări deciziile automate la fiecare pas. Din acest motiv, este necesar ca aceste probleme să fie abordate pentru a asigura că deciziile IA sunt transparente și responsabile, prin minimizarea riscului de deviație și prin echitate în procesul educațional:

a) Algoritmii utilizați în IA, în special cei bazați pe învățarea profundă (deep learning), sunt extrem de complexi (Järvelä ș.a., 2023; Kumar ș.a., 2023). Aceste modele pot avea milioane de parametri și straturi multiple, ceea ce face dificil de înțeles modul exact în care ajung la o anumită decizie.
b) În multe cazuri, IA funcționează ca o "cutie neagră" (black box), unde se introduc datele de intrare și se obține un rezultat, dar procesele interne prin care s-a ajuns la acel rezultat nu sunt transparente sau clar explicate (August & Tsaima, 2021).
c) Deciziile luate de IA sunt adesea automate și rapide, fără intervenție umană, ceea ce poate face dificilă urmărirea raționamentului din spatele fiecărei decizii în timp real (Dieterle ș.a., 2022; Nguyen ș.a., 2023; Xuejiao, 2024).
d) În unele cazuri, dezvoltatorii IA nu furnizează documentație detaliată despre cum funcționează sistemele lor sau despre datele și metodologia utilizată

BUPT

pentru a antrena modelele, ceea ce contribuie la opacitate (Almeida ș.a., 2022; Bratton, 2021; Calzada & Almirall, 2020; Curtis ș.a., 2023; Graziani ș.a., 2023; Moss, 2022; Rodgers ș.a., 2023; Xuejiao, 2024).

e) Algoritmii de IA se pot modifica în timp pe măsură ce sunt expuși la noi date și situații, ceea ce înseamnă că procesul decizional poate evolua și poate deveni și mai greu de urmărit și de explicat (Akgun & Greenhow, 2022; Mhlanga, 2022).

Din aceste motive, este esențială promovare unei culturi a responsabilității etice în paralel cu implementarea IA. Periclitările de natură etică includ riscurile legate de confidențialitate, securitatea datelor, precum și impactul asupra echității și incluziunii. Acest aspect este esențial în educația tinerilor, deoarece aceștia sunt viitorii profesioniști care vor lucra cu IA și vor contribui la dezvoltarea sa. În educația STEM, prin promovarea conștiinței etice, a gândirii critice și a utilizării responsabile a tehnologiei, elevii sunt pregătiți să gestioneze complexitatea IA și să acorde prioritate considerentelor etice. O astfel de abordare holistică asigură integrarea IA în valorile sociale și contribuie la formarea unei generații responsabile și etice (W. Xu & Ouyang, 2022b).

3.5.2. Insights-urile și metoda ELECTRE

Așa cum se evidențiază în tabelul 3.6, metoda *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE) reprezintă o tehnică de analiză și luare a deciziilor utilizată în diverse domenii, inclusiv în management și inginerie, pentru a evalua și compara opțiuni sau alternative pe baza unor criterii multiple. O interpretare mai apropiată de esența metodei ar putea fi formulată astfel: descoperirea realității sau identificarea celei mai apropiate alternative, printr-un proces de eliminare și selecție.

De ce sunt insights-urile valoroase în aplicarea metodei ELECTRE? Un răspuns potrivit în ceea ce privește aprobarea sau respingerea unei anumite decizii este funcție de insights-urile furnizate, de informații și înțelegerile profunde despre opțiuni și criterii. Atunci când se folosește această metodă insights-urile pot ajuta la identificarea criteriile relevante, la atribuirea de ponderi corespunzătoare acestor criterii și la evaluarea opțiunilor în funcție de aceste criterii. De asemenea, insights-urile pot ghida tocmai în procesul de eliminare a opțiunilor suboptimale și în alegerea celei mai bune alternative.

Se poate afirmă că, în esență, folosirea insights-urilor în cadrul metodei ELECTRE ajută la o înțelegere cât mai profundă a implicațiilor și a corelațiilor dintre criterii și opțiuni, astfel încât decizia finală să fie cât mai bine informată. Pentru a înțelege mai bine această metodă și aplicabilitatea sa în procesul decizional, am consultat mai multe resurse bibliografice. Dintre cele mai citate și interesante lucrări, se remarcă cea a autorilor Figueira, J., Greco, S., și Ehrgott, M. (2005), una dintre cele mai comprehensive resurse care fac referire la metodele de decizie multi-criteriale, care oferă o bază teoretică importantă și exemple aplicate (Munda, 2005). De asemenea, Jitesh J. Thakkar (2021) într-un capitol dintr-o serie de studii despre sisteme, decizii și control, oferă o introducere detaliată a metodei ELECTRE, discutând evoluția sa și utilizările în diverse domenii, cum ar fi ingineria și managementul (Thakkar, 2021).

BUPT

Însă, metoda ELECTRE este o tehnică de luare a deciziilor multicriteriale care poate folosită cu succes inclusiv în educație. De asemenea, în ultimul deceniu, metodele de decizie multi-criteriale, precum ELECTRE, au câștigat o recunoaștere semnificativă pentru aplicabilitatea lor în domeniul economic. Un studiu realizat de către cercetători din Serbia explorează potențialul metodei ELECTRE în analiza economiei educației, folosind datele PISA pentru a evalua profilurile din învățământul lor secundar (Stamenković ș.a., 2016). Autorii folosesc o abordarea multi-nivel ELECTRE (ELECTRE MLO), care se dovedește a fi o alternativă viabilă la modelele econometrice tradiționale, oferind avantaje distincte prin introducerea unei relații de ordonare aciclice și reducerea necesității unui număr mare de parametri. Ei constată că această metodă contribuie la o înțelegere mai clară și la o utilizare mai simplă în procesul decizional, minimizând riscul de subiectivism și că, prin neutralizarea efectelor statusului socio-economic și a disparităților regionale, metoda oferă o evaluare clară a performanței educaționale, evidențiind relevanța sa în analiza rezultatelor PISA. Astfel, ELECTRE se afirmă ca un instrument esențial pentru decidenții din domeniul educației, oferind o alternativă eficientă în evaluarea și îmbunătățirea sistemelor educaționale.

Iată câteva exemple care demonstrează utilizarea metodei ELECTRE în contextul educațional:

Exemplul nr. 1. Selectarea programelor de formare pentru profesori

Într-o universitate, comitetul de selecție a programelor de formare pentru profesori a utilizat metoda ELECTRE pentru a evalua alternativele disponibile (Figueira ș.a., 2016; Köksalan ș.a., 2016; Weistroffer & Li, 2016). Criteriile considerate au inclus: i) calitatea conținutului programelor; ii) expertiza formatorilor; iii) costurile și relevanța programelor pentru nevoile actuale ale educației. Prin aplicarea metodei ELECTRE, comitetul a putut să-și prioritizeze deciziile și să selecteze cele mai potrivite programe de formare pentru a-și îmbunătăți corpul didactic.

Exemplul nr. 2. Evaluarea eficacității metodelor de predare

Un departament universitar a dorit să evalueze eficacitatea a trei metode diferite de predare utilizate în cursurile lor. Criteriile de evaluare au inclus: i) performanța studenților; ii) nivelul de înțelegere și iii) implicarea studenților. Profesorii au aplicat metoda ELECTRE pentru a compara și a evalua metodele, ajungând astfel la concluzii bazate pe date și fapte în ceea ce privește cea mai eficientă metodă de predare pentru respectivele cursuri (Weistroffer & Li, 2016).

Exemplul nr. 3. Alegerea manualelor școlare

O școală primară a trebuit să aleagă manualele școlare pentru anul următor. Criteriile de evaluare au inclus: i) conținutul; ii) adecvarea nivelului de vârstă al elevilor; iii) costurile și iv) conținutul digital disponibil. Metoda ELECTRE a fost aplicată pentru a evalua alternativele, permițându-le profesorilor și părinților să selecteze manualele care se potrivesc cel mai bine nevoilor specifice ale școlii și ale elevilor (Figueira ș.a., 2016).

Exemplele prezentate ilustrează modul în care metoda ELECTRE poate fi adaptată și aplicată în domeniul educației pentru a lua decizii informate și eficiente. Prin definirea criteriilor relevante și utilizarea matricelor de evaluare, instituțiile educaționale pot beneficia de această tehnică pentru a face alegeri învățământului care să conducă la îmbunătățirea calității educației și a rezultatelor academice.

Noțiunea de „mai bine” în luarea deciziilor depinde de contextul și procesul specific al fiecărei decizii. Cu toate că metoda ELECTRE oferă o abordare structurată pentru evaluarea opțiunilor, nu există un „adevăr preexistent” universal care să fie descoperit sau atins în mod absolut în toate situațiile. În

BUPT

schimb, metoda ELECTRE furnizează instrumente și abordări pentru a ajuta la găsirea celor mai bune soluții în funcție de obiectivele și circumstanțele specifice ale fiecărei decizii. Aceste aspecte sunt foarte bine exprimate de către Bernard Roy[25] (Weistroffer & Li, 2016).

Pentru a evidenția beneficiile integrării educației STEM în procesul de învățământ și a menține coerența textului principal al tezei, vom utiliza metoda ELECTRE prin analiza a două studii de caz relevante, care sunt detaliate în anexele nr. 11 și nr. 12 și care sunt explicate succint în continuare.

Primul studiu de caz și anume *Alegerea unei platforme digitale pentru posibila integrare a educației STEM în procesul de învățământ,* ilustrează utilizarea metodei ELECTRE pentru selectarea celei mai potrivite platforme digitale care poate facilita integrarea educației STEM în procesul de învățământ. Analiza ia în considerare multiple criterii esențiale pentru decizia finală, cum ar fi accesibilitatea, compatibilitatea cu curriculumul și suportul pentru învățarea colaborativă.

Al doilea studiu de caz se referă la *Alegerea celui mai potrivit proiect de cercetare pentru un grup de elevi* și explorează aplicarea metodei ELECTRE în alegerea proiectului de cercetare ideal pentru un grup de elevi. Criteriile analizate includ relevanța proiectului pentru curriculum, potențialul de dezvoltare a competențelor STEM și resursele necesare pentru implementare.

Așa cum am precizat, ambele studii de caz sunt prezentate în detaliu, iar în anexe sunt descrise toate etapele aplicării metodei ELECTRE, inclusiv setul de criterii, matricea decizională și interpretarea rezultatelor obținute.

În concluzie, metoda ELECTRE este relevantă în analiza calitativă a procesului de evaluare și monitorizare a progresului elevilor în domeniile STEM. Fiind o tehnică multi-criteriu de luare a deciziilor, poate fi aplicată inclusiv în educație, pentru a evalua performanța elevilor în diferite domenii științifice, tehnologice, de inginerie și matematică, pe baza unor criterii multiple și relevante.

De exemplu, într-un studiu de evaluare a performanței elevilor în STEM, se pot defini criterii precum:

- ✓ Notele obținute în examenele și teste practice din științe, matematică și tehnologie.
- ✓ Participarea la proiecte de cercetare sau competiții STEM.
- ✓ Gradul de implicare în activități extracurriculare sau cluburi STEM.
- ✓ Evaluarea profesorilor privind angajamentul, abilitățile de lucru în echipă și creativitatea elevilor în domeniul STEM.

Metoda ELECTRE poate fi utilizată pentru a atribui ponderi diferite acestor criterii și pentru a clasifica elevii în funcție de performanța lor globală în STEM. Acest lucru ar putea ajuta școlile și educatorii să identifice elevii cu potențial ridicat în domeniile STEM și să ofere sprijin suplimentar celor care necesită îmbunătățiri.

Cu toate acestea, este important să se țină cont că aplicarea metodei ELECTRE poate necesita un set substanțial de date și o analiză atentă a criteriilor și ponderilor folosite. De asemenea, deciziile finale trebuie să ia în considerare și alte aspecte, precum interesul și motivația elevilor în domeniul STEM. Metoda ELECTRE este doar una dintre mai multele tehnici de analiză și evaluare disponibile și poate fi combinată cu alte metode matematice și statistice pentru a obține o imagine completă și precisă a progresului elevilor în educația STEM (Figueira ș.a., 2016; Weistroffer & Li, 2016).

[25] S. Greco s.a. (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis*, International Series in Operations Research & Management Science 233, DOI 10.1007/978-1-4939-3094-4_2, Chapter 2, *"Paradigms and Challenges"*, Bernard Roy, pp 33

BUPT

În secțiunea 3.4, am discutat despre câteva din metodele adecvate pentru decizii educaționale, subliniind importanța utilizării unor instrumente riguroase și bine fundamentate pentru a evalua și selecta tehnologiile și abordările educaționale.

În următoarea secțiune, vom explora rolul inteligenței artificiale în educația STEM, analizând atât potențialele beneficii, cât și provocările etice și practice asociate cu implementarea acesteia.

3.5.3. Impactul IA asupra transferului tehnologic și inovării în educația STEM

Inteligența artificială a devenit un catalizator esențial pentru transferul tehnologic și inovația în educația STEM. Platformele avansate de IA oferă soluții inovatoare care transformă modul în care cunoștințele sunt create, distribuite și aplicate în mediile educaționale (Cao ș.a., 2023; Triplett, 2023; W. Xu & Ouyang, 2022a; Yannier ș.a., 2020; Zawacki-Richter ș.a., 2019). Printre cele mai notabile platforme se numără OpenAI, care furnizează modele de limbaj avansate, cum ar fi Generative Pre-trained Transformer (GPT). Din această perspectivă, în Tabelul 3.9, vom clasifica platformele de IA în funcție de utilizările lor în educație și cercetare.

Tabelul 3. 9 Clasificarea și utilizarea platformelor IA

Nr. crt.	**Denumire platformă**	**Utilizarea ca platformă de învățare** (Learning platforms)	**Utilizarea ca platformă de cercetare** (Research Platforms)	**Impactul platformelor de IA** (AI Platforms)
1	OpenAI	Integrarea GPT în LMS-uri pentru asistență în predare și personalizare a materialelor educaționale	Utilizarea API-urilor OpenAI pentru analiza textelor academice și generarea automată de sinteze sau traduceri	Modelele GPT oferă suport pentru personalizarea învățării, generarea de conținut educațional și analiză de date textuale
2	IBM Watson	Aplicații cognitive pentru crearea de cursuri interactive și asistență în învățare	Analiza de date și gestionarea volumelor mari de informații pentru cercetători	Oferă soluții IA pentru crearea de conținut educațional personalizat și pentru îmbunătățirea proceselor de cercetare
3	Google AI	Instrumente IA pentru îmbunătățirea experienței de învățare prin platformele Google Classroom și alte aplicații educaționale	Google Scholar integrat cu IA pentru facilitarea căutării și analizării literaturii academice	Sprijină crearea și distribuția materialelor educaționale și facilitează accesul la resurse academice prin căutări avansate
4	Microsoft Azure AI	Platforme educaționale integrate cu servicii IA pentru predicția	Soluții de analiză a datelor și colaborare pentru cercetători	Azure AI furnizează servicii pentru dezvoltarea de aplicații

BUPT

		succesului academic și personalizarea cursurilor		educaționale inteligente și pentru suportul colaborării în cercetare
5	Coursera	Utilizarea algoritmilor de machine learning pentru recomandări personalizate de cursuri și trasee de învățare	Integrare cu platforme de cercetare pentru dezvoltarea de noi cursuri bazate pe ultimele descoperiri academice	Folosește IA pentru personalizarea experienței de învățare și pentru crearea de noi cursuri bazate pe date academice
6	EdX	Analize predictive și evaluări personalizate prin machine learning pentru îmbunătățirea rezultatelor de învățare	Parteneriate cu instituții academice pentru cercetare și dezvoltarea de noi metode educaționale	Utilizează IA pentru personalizarea învățării și pentru dezvoltarea de soluții educaționale inovative

Prin utilizarea IA în educația STEM, se oferă soluții inovatoare care sprijină personalizarea învățării, automatizarea sarcinilor administrative și analiza avansată a datelor educaționale (Agkun & Greenhow, 2021; Al Darayseh, 2023; Chen ș.a., 2020; Dieterle ș.a., 2022; du Boulay, 2023). Aceste tehnologii nu doar îmbunătățesc eficiența procesului de predare și învățare, dar și facilitează cercetarea academică, contribuind astfel la avansul cunoștințelor și la formarea unei noi generații de profesioniști STEM bine pregătiți ("MakeLearn 2024," 2024). Platformele de inteligență artificială au adus schimbări semnificative în educația STEM prin intermediul tehnologiilor avansate care facilitează procesul de predare și învățare, precum și activitățile de cercetare. Astfel, impactul IA în acest domeniu nu se limitează doar la îmbunătățirea procesului educațional, ci se extinde și la stimularea cercetării și inovării, pregătind elevii pentru a deveni lideri în domeniile STEM (Mirea ș.a., 2024).

Partea practică, respectiv aplicațiile acestor platforme vor fi analizate în secțiunea următoare.

3.5.4. Transformarea educației STEM prin platforme IA

În ultimele decenii IA a evoluat rapid, devenind un element central în diverse domenii, inclusiv în educația STEM (Mihai ș.a., 2024). Platformele IA (studiate în această secțiune) oferă soluții inovatoare care au capacitatea de a transforma fundamental metodele de predare și cercetare. Aceste platforme îmbunătățesc personalizarea învățării, generarea de conținut educațional și eficiența proceselor de cercetare, facilitând astfel transferul tehnologic și inovația (Agkun & Greenhow, 2021; Al-Maroof ș.a., 2024; L. Chen ș.a., 2020).

Este important de menționat că ritmul accelerat de dezvoltare și implementare a tehnologiilor IA va face ca informațiile prezentate în această teză, referitoare la clasificările platformelor și aplicabilitatea lor, să devină învechite în timp relativ scurt (Gill ș.a., 2022; Vannuccini & Prytkova, 2023; Yang & Lee, 2021). Așa cum evoluția telefoanelor mobile a transformat complet industria comunicațiilor în doar câțiva ani, tehnologiile IA evoluează într-un ritm similar, determinând apariția constantă a noi platforme și actualizarea celor existente cu

BUPT

funcționalități suplimentare și îmbunătățiri semnificative. Între momentul scrierii și susținerii tezei, este foarte probabil ca peisajul platformelor IA să se modifice considerabil, subliniind necesitatea unei înțelegeri dinamice și flexibile a acestui domeniu.

Vom analiza în cele ce urmează, aplicabilitatea platformelor prezentate în secțiunea 3.5.2.

Platforma OpenAI (Zador ș.a., 2023)

a) Integrarea modelelor GPT în sistemele de management al învățării (LMS) permite *personalizarea materialelor educaționale* pentru a se potrivi nevoilor individuale ale cursanților. Acest lucru poate include generarea automată de exerciții personalizate, explicații suplimentare și feedback în timp real (Amigud, 2024).

b) Modelele de limbaj OpenAI pot crea *conținut educațional diversificat*, de la texte explicative și exemple practice, până la teste și chestionare. Acest lucru reduce sarcina profesorilor și permite o actualizare rapidă a materialelor didactice (Kamalov ș.a., 2023).

c) Platforma oferă *asistență* cursanților prin intermediul chatbot-urilor educaționale care răspund la întrebări, oferă explicații suplimentare și monitorizează progresul acestora. Astfel, cursanții beneficiază de suport continuu, chiar și în afara orelor de curs (Lake & Kamath, 2024).

Platforma IBM Watson

a) IBM Watson oferă *aplicații cognitive* pentru crearea de cursuri interactive și pentru asistență în învățare, utilizând analiza de date pentru a personaliza experiența educațională (Y. Chen ș.a., 2016; Chow ș.a., 2023; Safadel ș.a., 2023).

b) În cercetare, în *analiza de date*, Watson ajută la gestionarea volumelor mari de informații, facilitând identificarea tendințelor și a informațiilor esențiale pentru proiectele de cercetare (Strickland, 2019).

Platforma Google AI

a) Google AI furnizează instrumente pentru platformele educaționale, cum ar fi Google Classroom (Mirea, Anghel-Drugarin, ș.a., 2021), care îmbunătățesc *experiența de învățare* prin personalizarea conținutului și analiza performanței elevilor.

b) Google Scholar, integrat cu IA, ajută cercetătorii să găsească și să analizeze *literatură academică* relevantă, economisind timp și efort (Al-Maroof ș.a., 2024; Al-Marzouqi ș.a., 2024).

Platforma Microsoft Azure AI

a) Azure AI oferă servicii integrate pentru platformele educaționale care ajută la *predicția succesului academic* și personalizarea cursurilor în funcție de nevoile fiecărui student (Waly, 2017).

b) Furnizează soluții pentru *analiza datelor și colaborare*a între cercetători, îmbunătățind eficiența proiectelor de cercetare (Soh ș.a., 2020).

Platforma Coursera

a) Coursera utilizează algoritmi de machine learning pentru a oferi *recomandări personalizate* de cursuri și trasee de învățare, adaptate nevoilor și intereselor fiecărui student (Likovič & Rojko, 2022; Ngo ș.a., 2023).

b) Platforma facilitează colaborarea între instituții academice și de cercetare pentru a dezvolta noi cursuri bazate pe cele mai recente descoperiri și tendințe academice.

Platforma EdX

BUPT

a) EdX folosește machine learning pentru a efectua *analize predictive și evaluări personalizate*, contribuind astfel la îmbunătățirea rezultatelor de învățare ale studenților (Likovič & Rojko, 2022).

b) Prin *parteneriate*le cu instituții academice, EdX utilizează cercetarea pentru a dezvolta și implementa noi metode și tehnici educaționale inovatoare.

Prin intermediul acestor platformelor inovatoare, IA joacă un rol substanțial în transferul tehnologic și inovație în educația STEM. Platformele IA nu doar îmbunătățesc eficiența procesului de predare și învățare, dar și facilitează cercetarea academică, contribuind astfel la progresul cunoștințelor și la formarea unei noi generații de profesioniști STEM (Abuhassna ș.a., 2024; Milner-Bolotin, 2018; Sultanova ș.a., 2024; Zhumabay ș.a., 2024; Zucker ș.a., 2024). Diversitatea aplicațiilor IA în educație și cercetare demonstrează potențialul acestor tehnologii de a transforma fundamental aceste domenii.

Așa cum am arătat și în secțiunea anterioară, platformele de inteligență artificială au adus schimbări semnificative în educația STEM prin intermediul tehnologiilor avansate care facilitează procesul de predare și învățare, precum și activitățile de cercetare. Utilizarea IA în educația STEM oferă soluții inovatoare care sprijină personalizarea învățării, automatizarea sarcinilor administrative și analiza avansată a datelor educaționale (Agkun & Greenhow, 2021; Al Darayseh, 2023; L. Chen ș.a., 2020; Dieterle ș.a. , 2022; Mouta ș.a., 2023; du Boulay, 2023). De exemplu, platforme precum Khan Academy utilizează IA pentru a personaliza traseul educațional al elevilor, adaptând exercițiile și lecțiile în funcție de performanțele individuale. Instrumente de scriere asistate de IA, cum ar fi Grammarly, ajută elevii să-și îmbunătățească abilitățile de redactare prin oferirea de feedback instantaneu și sugestii de corectare a erorilor gramaticale și stilistice. În cercetarea academică, software-uri de analiză a datelor precum RapidMiner și Alteryx sunt utilizate pentru a analiza seturi mari de date, identificând modele care pot îmbunătăți metodele de predare și programele de studiu.

Pe lângă platformele menționate anterior, o descriere a uneltelor de inteligență artificială generativă (GenAI) populare pentru învățare și dezvoltare (L&D), inclusiv utilizările lor, este prezentată în următorul tabel (nr. 3.10):

Tabelul 3. 10 Unelte de inteligență artificială generativă

Nr. crt.	Unealta	Descrierea uneltei	Utilizarea uneltei	Simbolul (logo)
1	ChatGPT	Un chatbot de la OpenAI care utilizează date din modele lingvistice mari pentru a genera text asemănător celui uman pe baza unui prompt al utilizatorului.	Generare de conținut interactiv și personalizat pentru învățare, chatbots educaționali, suport pentru învățare asistată de AI.	
2	Gamma	Un instrument alimentat de AI pentru a crea prezentări și pagini web atrăgătoare.	Crearea de prezentări și pagini web vizuale pentru materiale educaționale și formare.	

BUPT

3	Gemini	Modelul AI de la Google care poate înțelege date din text, imagini, audio, video și cod.	Analiză și integrare multi-modală pentru conținut de învățare diversificat.	
4	Copilot	Modelul AI al Microsoft care se integrează cu Microsoft 365 și Teams.	Suport pentru colaborare și productivitate, automatizare și recomandări personalizate în cadrul Microsoft 365 și Teams.	
5	Synthesia	Utilizează modele AI pentru a genera videoclipuri pe baza unor prompturi ale utilizatorilor.	Crearea de videoclipuri educaționale personalizate, tutoriale și prezentări video.	
6	DALL-E	Modelul text-imagine de la OpenAI care creează imagini digitale pe baza unor prompturi.	Generarea de imagini educaționale personalizate, ilustrații pentru materiale didactice.	

Funcționalitățile GenAI sunt implementate treptat în diverse instrumente populare, având un impact semnificativ în multiple domenii. În managementul talentelor, GenAI facilitează procesele de recrutare și evaluare a angajaților prin recomandări personalizate și automatizarea sarcinilor administrative (For & Chapters, 2020; Jia ș.a., 2018). În designul grafic, aceste tehnologii permit crearea de conținut vizual de înaltă calitate prin generarea automată de imagini și sugestii creative, economisind timp și resurse (Vartiainen & Tedre, 2023). Editarea textelor devine mai eficientă cu ajutorul GenAI, care oferă corecturi precise, sugestii de îmbunătățire a stilului și generare automată de conținut.

De asemenea, în gestionarea muncii, GenAI optimizează planificarea și execuția proiectelor prin analizarea datelor și oferirea de recomandări pentru îmbunătățirea productivității (Na ș.a., 2023). În cadrul întâlnirilor video, GenAI îmbunătățește comunicarea și colaborarea prin transcrieri automate, traduceri în timp real și generarea de rezumate ale discuțiilor (Shadiev ș.a., 2024). Aceste funcționalități, alături de multe altele, transformă radical modul în care se desfășoară activitățile profesionale, aducând un plus de eficiență și inovație în diverse domenii.

Pe măsură ce tehnologiile de inteligență artificială și platformele digitale devin din ce în ce mai integrate în procesul educațional, acestea oferă soluții inovatoare pentru gestionarea muncii la distanță, optimizând colaborarea și comunicarea în mediile virtuale de învățare (Sevnarayan & Potter, 2024).

În contextul cercetărilor teoretico-aplicative privind caracterizarea și îmbunătățirea unor aspecte cheie ale educației STEM, care vor fi analizate în capitolul 4, funcționalitățile GenAI în gestionarea muncii joacă un rol principal în facilitarea educației STEM la distanță, prin automatizarea sarcinilor administrative, îmbunătățirea planificării proiectelor și oferirea de suport în timp real pentru

BUPT

studenți și profesori. Aceste tehnologii contribuie la crearea unui mediu educațional mai flexibil și adaptabil, capabil să răspundă nevoilor individuale ale fiecărui student, indiferent de locația acestuia (Young ș.a., 2023).

Este foarte important să luăm în considerare și impactul muncii la distanță asupra competențelor și formării în domeniul STEM. Astfel, integrarea IA în educația STEM, sprijină dezvoltarea competențelor tehnice și științifice necesare în secolul nostru și îmbunătățește eficiența și calitatea educației într-un context globalizat și digitalizat.

Cu toate acestea, utilizarea IA în educația STEM vine cu propriile sale provocări și dezavantaje, mai ales într-un mediu cum este cel din România. Printre aceste provocări se numără riscul de plagiat inconștient, amplificat de ușurința cu care elevii pot accesa și copia informații fără a le înțelege sau a le analiza critic. Complexitatea algoritmilor și lipsa de transparență a procesului decizional al IA ridică, de asemenea, probleme legate de responsabilitate și potențialul de deviație (bias) (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Dependența excesivă de tehnologie poate reduce abilitățile de gândire critică și creativitate ale elevilor (Commissione europea, 2024).

Din aceste motive, este esențială promovarea unei culturi a responsabilității etice în paralel cu implementarea IA. Periclitările de natură etică includ riscurile legate de confidențialitate, securitatea datelor, precum și impactul asupra echității și incluziunii. Acest aspect este esențial în educația tinerilor, deoarece aceștia sunt viitorii profesioniști care vor lucra cu IA și vor contribui la dezvoltarea sa. În educația STEM, prin promovarea conștiinței etice, a gândirii critice și a utilizării responsabile a tehnologiei, elevii sunt pregătiți să gestioneze complexitatea IA și să acorde prioritate considerentelor etice. O astfel de abordare holistică asigură integrarea IA în valorile sociale și contribuie la formarea unei generații responsabile și etice (W. Xu & Ouyang, 2022b).

3.5.5. Deziderate și perspective asupra integrării IA în educația STEM

Inteligența artificială a devenit un factor de schimbare semnificativ în domeniul educației STEM, oferind soluții inovatoare care transformă metodele tradiționale de predare și cercetare. Cu toate acestea, evoluția rapidă a tehnologiilor IA necesită o adaptare continuă din partea educatorilor, cercetătorilor și studenților pentru a rămâne la curent cu cele mai recente dezvoltări și pentru a maximiza beneficiile acestor tehnologii.

Pentru a ține pasul cu aceste evoluții rapide, educatorii, cercetătorii și studenții trebuie să adopte o atitudine proactivă în privința învățării continue și a actualizării cunoștințelor lor. În acest sens, considerăm oportune următoarele propuneri și recomandări:

În primul rând, este esențială monitorizarea constantă a dezvoltărilor din domeniul IA pentru a beneficia de cele mai noi tehnologii și aplicații practice. Acest lucru presupune menținerea unui interes activ pentru cele mai recente publicații și inovații. Sursele de informație pot include reviste populare de tehnologie, bloguri de specialitate și canale de YouTube care explică pe înțelesul tuturor noile descoperiri din IA. Abonarea la newslettere și participarea la comunități online pot oferi, de asemenea, informații valoroase despre cele mai noi tendințe și descoperiri.

În al doilea rând, participarea la cursuri și workshop-uri poate ajuta la actualizarea cunoștințelor și abilităților, chiar și pentru cei care nu sunt specialiști.

BUPT

Platformele de învățare online, cum ar fi Coursera și EdX, oferă cursuri accesibile despre IA și aplicațiile sale practice, fără a necesita cunoștințe avansate de programare. Aceste cursuri sunt adesea dezvoltate în colaborare cu universități și experți de renume și permit accesul la informații utile și tehnici moderne. Workshop-urile și seminariile online oferă oportunități de a învăța direct de la profesioniști și de a discuta despre utilizările practice ale IA în viața de zi cu zi.

Pentru omul de rând, scopul nu este de a deveni specialist în știință, ci de a înțelege și utiliza instrumentele IA care îi pot ușura viața. Aceste instrumente sunt din ce în ce mai accesibile și sunt proiectate pentru a solicita un efort intelectual minim, oferind în același timp beneficii semnificative în activitățile cotidiene, cum ar fi automatizarea sarcinilor repetitive, îmbunătățirea productivității și accesul la informații personalizate.

Un alt aspect deosebit de important este integrarea feedback-ului și a inovațiilor în practică. Educatorii și cercetătorii trebuie să fie deschiși la ajustarea metodelor și tehnologiilor utilizate, pe baza feedback-ului primit de la cursanți și colegi, precum și a noilor descoperiri din domeniu. Acest proces de adaptare continuă asigură relevanța și eficiența metodelor de predare și cercetare. De exemplu, noile funcționalități ale platformelor IA, cum ar fi algoritmii îmbunătățiți de personalizare a învățării sau noile instrumente de analiză a datelor, ar trebui integrate imediat în procesele educaționale și de cercetare pentru a maximiza beneficiile lor.

Este, totuși, benefic să ne asigurăm că personalizarea învățării nu se face în detrimentul unui nivel minim de competențe pe care toți cursanții trebuie să-l atingă. Deși personalizarea poate ajuta unii cursanți să depășească acest prag și să-și extindă cunoștințele și abilitățile, obiectivul principal rămâne acela de a asigura că toți cursanții ating un set de competențe fundamentale. Considerăm că echilibrul între personalizare și standardizare este fundamental pentru a garanta echitatea și incluziunea în educație.

În plus, colaborarea cu profesioniști din domeniu este vitală pentru a beneficia de know-how-ul și resursele acestora. Stabilirea de parteneriate cu experți și organizații din domeniul IA poate facilita accesul la tehnologiile de ultimă oră și la expertiza necesară pentru a le utiliza eficient. Aceste colaborări pot include proiecte comune de cercetare, programe de formare și dezvoltare profesională, precum și schimburi de cunoștințe și bune practici. De exemplu, parteneriatele cu companii tehnologice pot oferi acces la platforme IA avansate și la suport tehnic, în timp ce colaborările cu universități pot facilita accesul la cercetări de vârf și la rețele academice.

Integrarea IA în procesul educațional STEM se recomandă pentru a oferi studenților un cadru solid de înțelegere a tehnologiilor emergente. Considerăm că este esențial ca această integrare să fie însoțită de discuții și formare în domeniul eticii pentru a aborda provocările asociate cu utilizarea acestor tehnologii. Educația STEM ar trebui să pregătească studenții nu doar pentru provocările tehnice, ci și pentru ***dileme***le ***etice*** evidențiate de utilizarea inteligenței artificiale. Curricula STEM trebuie să includă atât concepte științifice și tehnologice, cât și principii etice, pentru a asigura o formare completă a studenților. Este important ca studenții să fie conștienți de ***obligații***le lor ***etice*** asociate cu aplicarea și utilizarea tehnologiilor avansate, inclusiv AI. Educația STEM trebuie să ajute studenții să recunoască atât potențialul lor tehnologic, cât și influența și responsabilitățile lor etice. Formarea studenților trebuie să îi pregătească pentru o abordare cuprinzătoare și responsabilă a utilizării inteligenței artificiale în societate, asigurând astfel că sunt capabili să abordeze atât provocările tehnice, cât și pe cele etice într-un mod

BUPT

competent și responsabil (Borenstein & Howard, 2021; Dieterle ș.a., 2022; du Boulay, 2022, 2023; Holmes ș.a., 2022; Mhlanga, 2023; Nguyen ș.a., 2023).

Adoptând aceste strategii, educatorii, cercetătorii și studenții vor putea să rămână relevanți și să profite de beneficiile continue ale tehnologiilor IA emergente. Astfel, procesele de predare și cercetare vor fi mereu la curent cu cele mai recente inovații, asigurând formarea unei noi generații de profesioniști STEM bine pregătiți pentru provocările viitorului.

În concluzie, învățarea continuă, adaptabilitatea și colaborarea sunt cheile succesului într-un peisaj educațional și de cercetare în continuă schimbare, dominat de evoluțiile rapide ale inteligenței artificiale.

Integrarea inteligenței artificiale în educație revoluționează metodologiile de predare și învățare. Utilizarea instrumentelor și platformelor bazate pe AI poate facilita experiențe de învățare personalizate, poate automatiza sarcinile administrative, poate oferi un feedback și suport mai eficient și poate îmbunătăți analiza datelor educaționale. Dar este necesar să abordăm implementarea AI în educație cu precauție, având în vedere riscurile potențiale și preocupările etice, asigurându-ne că tehnologia este utilizată pentru a sprijini, nu pentru a înlocui, educatorii umani. Pe măsură ce tehnologia AI continuă să evolueze, este sigur că vom asista la apariția unor aplicații și mai inovatoare în domeniul educațional, contribuind la crearea unor medii de învățare incluzive și eficiente pentru elevii și studenți din diverse medii și cu abilități variate.

BUPT

4. CERCETĂRI TEORETICO-APLICATIVE PRIVIND CARACTERIZAREA ȘI ÎMBUNĂTĂȚIREA UNOR ASPECTE CHEIE ALE EDUCAȚIEI STEM

Harta conceptuală a acestui capitol este prezentată în figura 4.1.

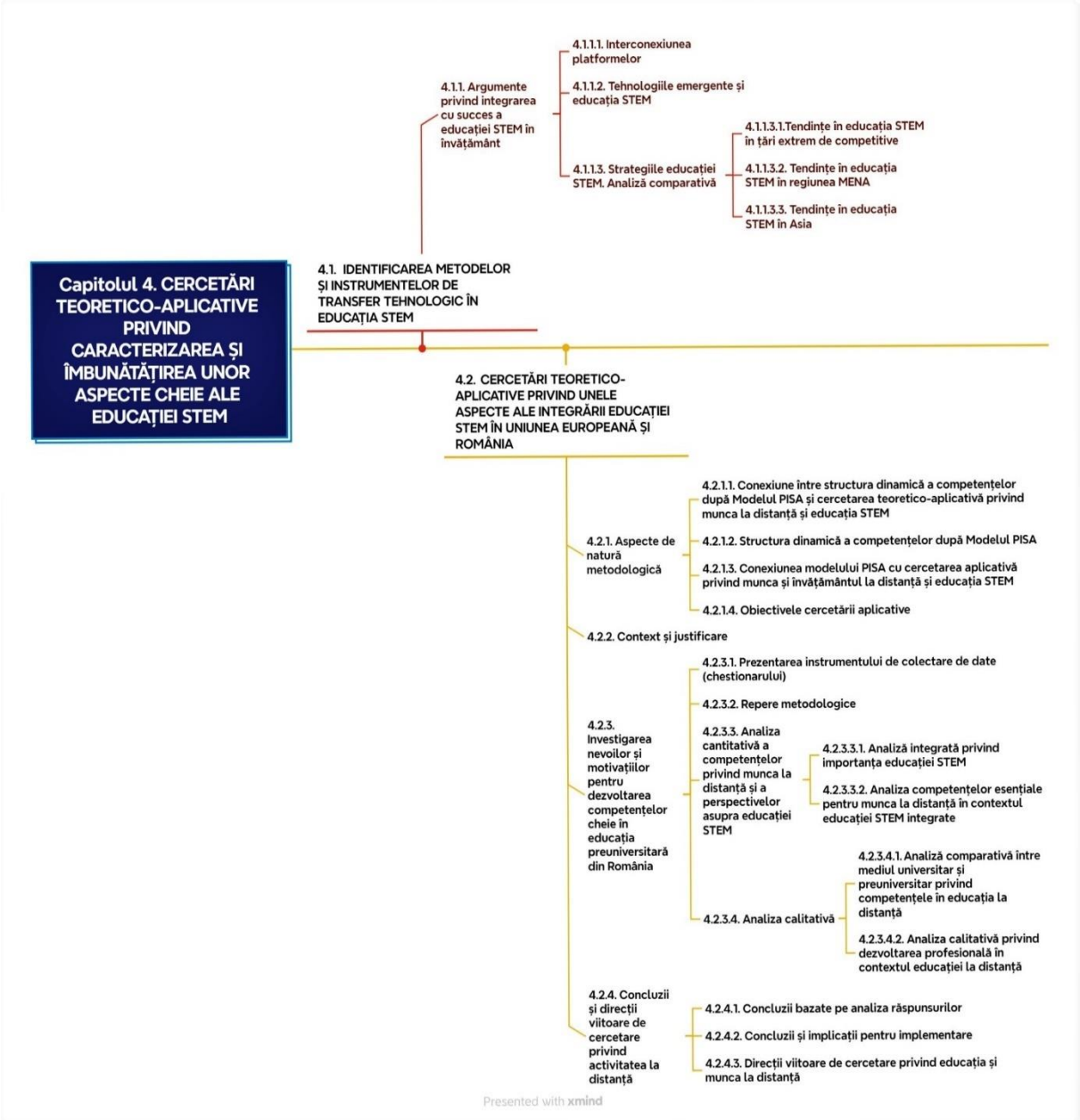


Figura 4. 1 Harta conceptuală a capitolului 4

BUPT

4.1. Identificarea metodelor și instrumentelor de transfer tehnologic în educația STEM

Metodele și instrumentele de transfer tehnologic reprezintă un element important al cercetării aplicative pentru caracterizarea și îmbunătățirea aspectelor cheie ale educației STEM (De Sanctis ș.a., 2023; Haunschild & Tsog, 2019; Röling, 2019; Savon ș.a., 2020; Waldrop, 2015). Din informațiile și analizele cuprinse în capitolul trei, se poate afirma că transferul tehnologic înseamnă aducerea rezultatelor cercetării științifice și tehnologice din cercetare în sfera practică și comercială, cu scopul de a dezvolta produse, servicii sau soluții inovatoare.

În ceea ce privește contextul educației STEM (figura 4.2), transferul tehnologic implică aducerea rezultatelor cercetărilor în sălile de clasă și în procesul sincretic de predare-învățare-evaluare, pentru a sprijini elevii și studenții să înțeleagă și să aplice conceptele științifice și tehnologice în mod practic.



Figura 4. 2 Inovare și transfer tehnologic în educația STEM modernă

Transferul tehnologic include dezvoltarea de materiale didactice inovatoare bazate pe ultimele descoperiri științifice, utilizarea tehnologiilor avansate în predare (cum ar fi simulările computerizate sau RV), colaborarea între instituții de învățământ și industrie pentru a aduce experiența practică în sala de clasă (Chou ș.a., 2018; Fernandez-Antolin ș.a., 2021; Gaybullaevna & Jonpulatovna, 2021; Haunschild & Tsog, 2019; Maass ș.a., 2019).

Pe fondul evoluțiilor tehnologice, cercetările prezentate în acest capitol se concentrează pe atingerea obiectivului operațional **OP4.** din proiectul de cercetare doctorală: modelarea concepției - implementării unor soluții inovative și/sau prin transfer tehnologic, pentru facilitarea transformării digitale accelerate.

OP4, care implică modelarea concepției și implementării unor soluții inovative și/sau transfer tehnologic, poate fi integrat cu **OP8**, care propune adaptarea și testarea unor modele educaționale, cum ar fi modelul Nadler-Tushman, în contextul educației STEM.

BUPT

Legătura dintre capitolul 3 și capitolul 4 ale prezentei cercetări, reprezentată de ansamblul *„evoluția dintre revoluțiile industriale, societatea umană, educație și tema finală a inovării și transferului tehnologic în educația STEM”*, poate fi completată cu următoarele aspecte:

Inovația tehnologică continuă influențează într-un mod ireversibil dezvoltarea și transformarea societății umane și a educației. Puncte importante pentru a observa aceste acțiuni sunt: i) tehnologiile cheie, atât hardware cât și software, care marchează progrese semnificative de-a lungul timpului și modelează, mai ales digital, mediul de învățare; ii) inovațiile tehnologice care au impact asupra modului în care oamenii învață, comunică și colaborează; iii) tehnologiile emergente și tendințele actuale care continuă să schimbe paradigmele educației STEM și iv) revoluțiile industriale și schimbările sociale care au creat nevoia și oportunități pentru inovarea în educație.

Inovarea și transferul tehnologic în educația STEM sunt puse în valoare de următoarele aspecte: a) tehnologiile moderne au generat o schimbare semnificativă în modul în care disciplinile STEM sunt predeterminate și învățate; b) platformele și aplicațiile de învățare STEM au evoluat pentru a răspunde nevoilor și preferințelor elevilor și studenților; c) inovarea are un rol semnificativ, atât în dezvoltarea strategiilor de predare cât și a metodelor active în domeniul STEM; d) transferul tehnologic și aplicarea cunoștințelor STEM în industrie, cercetare și viața de zi cu zi este o constantă și imperativă necesitate și e) noile paradigme ale învățării, precum învățarea online, gamificarea, simularea și colaborarea virtuală, au schimbat peisajul educațional STEM.

Am considerat printre cele mai interesante și utile metode de transfer tehnologic pentru eficientizarea educației STEM următoarele trei:

- Prima metodă: **Transferul direct**, care explorează metodele prin care inovațiile tehnologice dezvoltate în domenii precum știința, tehnologia, ingineria și matematica pot fi transferate direct în educația STEM și implica implementarea de programe de învățare bazate pe proiecte, colaborarea între mediul academic și industrie, sau parteneriate între universități și școli.
- A doua metodă: **Transferul intermediat**, care cuprinde metodele prin care organizațiile specializate în transferul tehnologic, cum ar fi centrele de transfer tehnologic sau agențiile guvernamentale, intermediază și facilitează transferul tehnologic în educația STEM. Aceste organizații și instituții oferă consultanță, acces la resurse tehnologice și expertiză în adaptarea și implementarea inovațiilor în mediul educațional.
- A treia metodă: **Transferul prin intermediul comunităților de practică**, care investighează comunitățile de practică din domeniul STEM, cum ar fi asociații profesionale, grupuri de cercetare sau comunități online, și modul în care acestea pot facilita transferul tehnologic în educație. Se oferă astfel, un mediu în care profesioniștii și educatori din STEM interacționează, schimbă experiențe și bune practici, și transferă cunoștințele și inovațiile tehnologice în contextul educațional.

Pentru a pune în practică metodele de mai sus, și conform celor studiate în capitolul trei, am luat în considerare și următoarele instrumente de transfer tehnologic:

- **Primul** instrument de transfer tehnologic îl reprezintă **platformele și resursele online.** După o examinare a platformelor și resurselor online disponibile pentru educația STEM, cum ar fi platformele de învățare virtuală, bibliotecile digitale sau comunitățile online de profesori și elevi

BUPT

și după modul în care aceste instrumente facilitează accesul la conținut educațional, concluzia este că acestea sunt de un real ajutor și folos în colaborarea dintre profesori și elevi și transferul tehnologic în procesul de învățare și predare.

- **Al doilea** instrument de transfer tehnologic constă în **tehnologiile emergente**. Realitatea virtuală, imprimarea 3D, inteligența artificială sau internetul lucrurilor, oferă oportunități de explorare, experimentare și colaborare în domeniul STEM, deoarece aceste tehnologii pot fi integrate în proiecte și activități de învățare.
- **Al treilea** instrument de transfer tehnologic este dat de **instrumentele de evaluare și monitorizare a rezultatelor** în educația STEM, care facilitează transferul tehnologic prin furnizarea de date și feedback relevant. El include platforme de gestionare a învățării, instrumente de evaluare adaptativă sau sisteme de urmărire a progresului elevilor.

Instrumentele și metodele de transfer tehnologic în contextul educației STEM aduc cu sine perspectiva de a crea o conexiune mai profundă între lumea reală și sala de clasă. Ele deschid noi oportunități de învățare experiențială și aplicată, iar cu ajutorul resurselor și tehnicilor, pot revoluționa modul în care elevii învață și interacționează cu conceptele științifice, tehnologice, de inginerie și matematice.

Cu toate acestea, identificarea acestor resurse și tehnici reprezintă doar un prim pas în procesul de transformare a educației STEM pentru că integrarea cu succes a educației STEM în învățământul formal și informal necesită un efort susținut și o abordare holistică.

4.1.1. Argumente privind integrarea cu succes a educației STEM în învățământ

4.1.1.1. Interconexiunea platformelor

Între platformele de învățare (a se vedea tabelul 3.3 și tabelul 3.4) și platformele de cercetare (a se vedea tabelul 3.5) prezentate în capitolul trei al prezentei lucrări, menționate drept surse pentru inovarea și transferul tehnologic precum și ca mijloace pentru eficientizarea educației STEM, există suprapuneri, legături dar și diferențe semnificative. Aceste concepte sunt evidențiate atât în tabelul 4.1, cât și în tabelul 4.2 și se pot corela astfel:

BUPT

Tabelul 4. 1 Interconexiunea platformelor de învățare și de cercetare

Nr.crt.	Denumire platformă și explicații interconexiuni	
	Platformele de învățare (Learning Platforms)	**Platformele de cercetare (Research Platforms)**
1	Sunt dezvoltate pentru a oferi materiale de învățare și a facilita procesul de predare și învățare	Sunt create pentru a conecta cercetătorii și pentru a facilita partajarea și accesul la rezultatele cercetărilor și informațiilor academic
2	Includ Learning Management Systems (LMS), Massive Open Online Courses (MOOCs), aplicații mobile pentru învățare și alte instrumente care permit profesorilor să creeze și să administreze cursuri și să ofere conținut educațional	ResearchGate, Academia.edu, Google Scholar, SCOPUS și altele sunt utilizate pentru publicarea, distribuția și discuția lucrărilor academice
3	Sunt axate pe furnizarea de informații și cunoștințe elevilor și studenților într-un mod structurat și eficient	Permit cercetătorilor să-și promoveze cercetările, să obțină feedback și să se conecteze cu alți profesioniști din domeniu

Ambele tipuri de platforme facilitează schimbul de cunoștințe și colaborarea în comunitățile din învățământul de toate gradele.

Tabelul 4. 2 Platforme de învățare și platforme de cercetare

Nr. crt.	Denumire platformă și explicații interconexiuni	Platformele de învățare (Learning Platforms)	Platformele de cercetare (Research Platforms)
1	Khan Academy	Platformă de învățare online care utilizează AI pentru a personaliza lecțiile și pentru a oferi suport individualizat elevilor	Nu se aplică
2	Coursera	Platformă de învățare online care integrează AI pentru a analiza performanțele cursanților și pentru a oferi recomandări personalizate	Nu se aplică
3	OpenAI	Platformă de cercetare AI care oferă instrumente avansate, cum ar fi modelele de limbaj, pentru a ajuta la analiza și generarea de conținut academic	Utilizată pentru cercetare avansată și dezvoltarea de noi tehnologii AI
4	ResearchGate	Nu se aplică	Platformă de cercetare care permite cercetătorilor să pună întrebări și să primească răspunsuri, facilitând schimbul de cunoștințe și colaborarea academică

BUPT

5	Google Scholar	Nu se aplică	Motor de căutare academic care ajută cercetătorii să găsească articole științifice relevante și să acceseze informații academice
6	Learning Management Systems (LMS) (ex: Moodle, Blackboard)	Platforme de învățare care permit profesorilor să creeze și să administreze cursuri, să ofere conținut educațional și să gestioneze activitățile elevilor	Nu se aplică
7	Massive Open Online Courses (MOOCs) (ex: edX, Udacity, FutureLearn)	Platforme care oferă cursuri online deschise, adesea gratuite, accesibile unui public larg, facilitând învățarea la scară largă	Nu se aplică
8	Academia.edu	Nu se aplică	Platformă de cercetare care facilitează distribuția și discuția lucrărilor academice
9	SCOPUS	Nu se aplică	Bază de date de citări și rezumate de articole academice, utilizată pentru evaluarea și monitorizarea cercetării

Cercetătorii utilizează platformele de învățare pentru a disemina rezultatele și a promova cercetările, iar profesorii folosesc platformele de cercetare pentru a găsi resurse și informații relevante pentru cursurile lor. În plus, aceste platforme contribuie la digitalizarea și inovarea în domeniul educației și cercetării.

Consider ca exemplu concludent în acest sens, platforma ResearchGate, care permite funcționalitatea de pune întrebări și a primi răspunsuri pe diverse domenii. Această platformă este remarcată ca fiind o sursă esențială pentru comunitatea academică și pentru cercetători din toată lumea, inclusiv prin aspectul distinctiv al întrebărilor și răspunsurilor într-o variată gamă de domenii.

În ceea ce privește domeniul de interes pentru cercetarea prezentă, pentru perioada de la nivelul anului 2010 și până în prezent, ca argument privind evoluția acestui domeniu de-a lungul timpul, atrage atenția următoarea întrebare[26]: ***„Tehnologia digitală de informare și comunicare are un impact pozitiv sau negativ asupra eficienței învățării în clasă?”***.

[26] https://www.researchgate.net/post/Has-digital-information-communication-technolgy-increased-or-decreased-learning-efficiency-in-the-classroom: December 21, 2012: *”Even as more and more sophisticated platforms for leaning situations arise (smart phones, tablets, apps, streaming, cloud storage), have these platforms actually, concretely, provided for more efficient individual learning in the classroom than pencil and paper, backboard and chalk, standing and delivering? Or is just creating a market for ever--obsolescent junk.”*

BUPT

În alegerea acestei întrebări am ținut cont de importanța tot mai mare a tehnologiei în educație și de dezbaterea continuă cu privire la eficacitatea acesteia.

*„Întrebarea fundamentală pe care o ridică introducerea tehnologiei digitale în mediul educațional este dacă aceasta contribuie într-adevăr la **creșterea eficienței învățării în clasă** sau, dimpotrivă, creează doar o piață pentru gadgeturi mereu schimbătoare. Deși există o multitudine de platforme sofisticate disponibile pentru situațiile de învățare, cum ar fi telefoanele inteligente, tabletele, aplicațiile, serviciile de streaming și stocarea în cloud, este necesar să ne întrebăm dacă acestea au reușit să ofere un învățământ individual mai eficient decât metodele tradiționale precum creionul și hârtia, tabla și creta sau predarea frontală. Studiile și practicile actuale trebuie să examineze dacă aceste noi tehnologii digitale îmbunătățesc cu adevărat procesul de învățare sau dacă doar alimentează un ciclu perpetuu de înlocuire a unor obiecte de învățământ considerate învechite."*

Această întrebare servește ca punct de plecare pentru a explora în profunzime efectele tehnologice asupra procesului de învățare, aspect esențial într-o teză care își propune să analizeze impactul inovării tehnologice asupra educației. Adaptarea întrebării originale pentru subiectul tezei urmărește să contextualizeze problema în mod critic și să ofere o bază solidă pentru cercetare. Formularea inițială a întrebării subliniază dilema centrală: deși tehnologia digitală oferă numeroase instrumente sofisticate, este incert dacă acestea aduc beneficii reale în procesul de învățare comparativ cu metodele tradiționale. Astfel, întrebarea inițială a fost adaptată pentru a include o evaluare comparativă între noile tehnologii și metodele educaționale tradiționale, punând accent pe necesitatea unei analize critice.

În acest context, întrebarea nu doar întreabă despre eficiență, ci și despre natura schimbării în peisajul educațional, sugerând posibilitatea că tehnologia ar putea crea o piață perpetuă pentru instrumente învechite. Aceasta deschide calea pentru o discuție despre sustenabilitate, inovație și relevanța pedagogică, toate fiind aspecte fundamentale într-o teză care explorează impactul tehnologic în educație. Astfel, adaptarea întrebării originale pentru subiectul tezei permite o abordare holistică și critică, atât de necesare pentru o analiză academică.

Această întrebare este un subiect de interes actual, chiar la mai mult de 10 ani de când a fost lansată pe această platformă de către Jonathan Edwards[27], profesor de limba și literatura engleză la un liceu public în Statele Unite ale Americii, actual senior, care realizează cercetări pentru un joc de realitate virtuală și care caută să dezvolte o teorie originală despre *„de ce și cum funcționează universal acest tip de experiență educațională?"*

La momentul demarării cercetării asupra subiectului propus (august 2023), întrebarea și răspunsurile sunt parcurse integral de către 3.456 de utilizatori, a primit 866 de răspunsuri, 523 de persoane urmăresc în continuare subiectul și are 57 de recomandări. Cei care au oferit răspunsuri primesc la rândul lor recomandări, unii postează link-uri către articole publicate pe acest subiect (Grollo ș.a., 2023; Karaismailoğlu & Yildirim, 2023; Yap, 2023), alții oferă îndrumări sau își exprimă părerea.

Domeniul principal căruia i-a fost adresată întrebarea în chestiune, respectiv pedagogie și educație, are în atenție 1.037 de întrebări și 24.098 de urmăritori din

[27] https://www.researchgate.net/profile/Jonathan-Edwards-13

BUPT

toată lumea. Domeniile secundare, respectiv E-learning, predare-învățare-evaluare, tehnologia instrucțională (instrumente și strategii tehnologice pentru educație), adună 2.608 întrebări și 45.671 de urmăritori, toate aceste valori sunt în continuă creștere, iar subiectul este departe de a fi epuizat.

Această funcționalitate este utilă și importantă, utilizatorii pot interacționa cu experți și specialiști din întreaga lume, discutând subiecte de interes, rezolvând provocări sau obținând perspective noi asupra problemelor lor de cercetare. Astfel, platforma ResearchGate nu este doar un hub pentru publicarea și partajarea cercetărilor, ci și o comunitate dinamică în care schimbul de cunoștințe este la îndemâna tuturor.

4.1.1.2. Tehnologiile emergente și educația STEM

În ultimii ani, au apărut o serie de tehnologii emergente care au un impact semnificativ asupra educației STEM. Aceste tehnologii sunt inovative în ceea ce modul în care materiile STEM sunt predate și învățate, crează oportunități pentru elevi și studenți pentru a explora, a experimenta și a ajunge să înțeleagă concepte complexe, adaptabile în viața de zi cu zi.

Tehnologiile emergente se referă la noile tehnologii care sunt în curs de dezvoltare sau care au început să apară pe piață, având potențialul de a aduce schimbări semnificative în diferite domenii (Krishnamoorthy ș.a., 2023). Aceste tehnologii sunt adesea în stadii incipiente de adoptare și pot avea un impact major asupra societății, industriei și vieții cotidiene în viitor.

În articolul său, Hamed Taherdoost (2022) realizează o clasificare și o prezentare generală a tendințelor în sistemele de informații și arată că tehnologiile emergente sunt cele care transformă industria tehnologiei informației. Câteva dintre cele mai semnificative și eficiente exemple de tehnologii emergente pentru educația STEM sunt enumerate în continuare (Hamed Taherdoost, 2022)(Pilevaria & Yavari, 2021):

i) **Realitatea virtuală (RV) și Realitate augmentată (RA)** oferă medii de învățare imersive, în care elevii pot interacționa cu modele tridimensionale și simulări. RV și RA permit explorarea unor subiecte precum anatomia, geologia sau fizica într-un mod captivant și interactiv, pentru toate palierele de învățământ.

ii) **Imprimante 3D, 4D și 5D**. În articolul lor, Pilevaria și Yavari (2021), fac o analiză a componentelor esențiale (critice) pentru Industria 5.0. Autorii dezvoltă explicații și pentru următoarele tehnologii emergente:

   a) ***Imprimantele 3D*** permit elevilor și studenților să creeze obiecte și prototipuri fizice. Tehnologia este folosită în domenii precum ingineria, biologia sau designul, permițând materializarea conceptelor teoretice. Folosind această funcționalitate, se creează un model fizic 3D pe baza modelelor din calculator. Această metodă este utilizată pentru a produce o mostră de test conformă cu produsul original. Prin realizarea ușoară a mostrei de test și ajustarea acesteia dacă este necesar, eficiența în fabricarea produsului original este crescută.

   b) ***Imprimantele 4D***. Fabricarea produselor cu această tehnologie se realizează folosind materiale inteligente. Prin adăugarea celei de-a patra dimensiuni la 3D, adică timpul, se creează tehnologia 4D. În cadrul acestei tehnologii, schimbările de mediu pot modifica

BUPT

forma produsului. Principala caracteristică a imprimantelor 4D este capacitatea de a crea obiecte care se pot modifica în timp sau în funcție de anumiți stimuli externi, cum ar fi căldura, umiditatea sau alte condiții de mediu. Aceste imprimante folosesc materiale „inteligente" sau „reactive", care pot schimba forma, structura sau proprietățile lor în mod autonom. Exemple de domenii unde pot fi utilizate imprimantele 4D sunt industria medicală, designul produselor (prototipuri), arhitectură și construcții, tehnologia textilă, robotică și educație.

c) ***Imprimantele 5D***. În tehnologiile 5D, produsul este realizat pe axele X, Y, Z, iar pe de altă parte, platforma și capul imprimantei sunt mobile. Imprimarea în 5D permite fabricarea produsului în mai multe direcții prin reducerea presiunii și a încărcăturii. Una dintre aplicațiile acestei tehnologii este realizarea pieselor auto care trebuie să aibă o fiabilitate și rezistență ridicate.

Imprimantele avansate 4D și 5D, vor avea o importanță semnificativă pentru educația STEM deoarece aduc un nivel crescut de interactivitate și practică în procesul de învățare și pot oferi elevilor și studenților oportunitatea de a explora concepte tehnologice complexe într-un mod concret.

iii) **Internetul Lucrurilor (IoT)** aduce conectivitate la obiectele din jurul nostru, oferind oportunități de învățare prin dezvoltarea și programarea dispozitivelor inteligente. Elevii pot înțelege principii de automatizare și dezvoltare de soluții tehnologice (Hamed Taherdoost, 2022).

iv) **Învățarea automată și Inteligența Artificială (IA)**, care permit personalizarea învățării în funcție de nevoile individuale ale elevilor. Sistemele de IA pot analiza performanța studenților și pot oferi recomandări personalizate pentru a îmbunătăți rezultatele academice (Hamed Taherdoost, 2022).

v) **Robotica educațională** este domeniul de actualitate cu cel mai mare impact, deoarece elevii și studenții pot construi și programa roboți pentru a învăța principii de inginerie, programare și matematică care dezvoltă abilități practice, cognitive și stimulează gândirea creativă, competențe atractive și adaptative în educația STEM.

vi) **Simulările virtuale și experimentele online** permit studenților să efectueze experimente complexe într-un mediu sigur și controlat, utile în domenii precum chimia, fizica sau biologia (Callejas ș.a., 2023).

vii) **Tehnica gamificării** transformă învățarea într-un joc, făcând subiectele STEM mai atractive și interactive. Elevii pot rezolva provocări și probleme pentru a-și dezvolta cunoștințele și abilitățile (De Sousa Borges ș.a., 2014).

viii) **Prin Analiza Big Data și de vizualizare a datelor**, elevii și studenții pot explora date complexe și pot înțelege modele și tendințe, ceea ce este folositor în domenii precum statistică, biologie sau economie.

Tehnologiile emergente reprezintă doar o mică parte din inovațiile care își fac loc în educația STEM. Ele transformă procesul de învățare, încurajează interacțiunea, explorarea și înțelegerea mai profundă a conceptelor. Dacă se ține seama de caracteristicile acestor tehnologii emergente, respectiv de faptul că reprezintă idei și concepte relativ noi, dar care au potențialul de a perturba sau schimba felul în care funcționează industria sau modul de viața actual, și vor fi

BUPT

utilizate în mod corespunzător, aceste tehnologii pot îmbunătăți experiența educațională și pot pregăti studenții pentru cerințele tehnologice ale secolului XXI.

Tehnologiile emergente, care includ inteligența artificială avansată, computația cuantică, tehnologia 5G, biotehnologia, nanotehnologia, realitatea virtuală și augmentată, stocarea energetică inovatoare și multe altele, reprezintă un argument puternic în favoarea educației STEM. Aceste tehnologii au potențialul de a rescrie modul în care se desfășoară lucrurile în diferite domenii, aducând noi oportunități și provocări complexe.

4.1.1.3. Strategiile educației STEM. Analiză comparativă

Așa cum arătat în subcapitolul anterior, tehnologiile emergente au revoluționat modul în care educația STEM este abordată la nivel global, au deschis noi oportunități pentru îmbunătățirea procesului de învățare și predare în domeniile științelor, tehnologiei, ingineriei și matematicii. Din această perspectivă, o analiză comparativă a strategiilor de educație STEM din regiuni diferite devine și mai relevantă (Ibrahim ș.a., 2022; Ku ș.a., 2022). Tehnologiile emergente pot fi utilizate ca instrumente de evaluare și îmbunătățire a impactului strategiilor educaționale în diferite contexte. Prin analizarea modului în care tehnologiile emergente sunt integrate în abordările educaționale din regiuni diverse, se obține o înțelegere mai profundă a eficacității acestor abordări și a rezultatelor lor.

Răspunsuri la întrebări precum:

- ***Cum influențează tehnologiile precum simulările computerizate, realitatea virtuală sau învățarea automată, procesul de învățare?***
- ***Cum sunt aceste tehnologii adaptate pentru a se potrivi cu nevoile și contextele educaționale specifice ale diferitelor regiuni?***

aduc în discuție modalitățile în care tehnologia a fost integrată în strategiile educaționale, efectele observate în rândul elevilor și studenților și posibilele lecții învățate pentru îmbunătățirea educației STEM în context și condiții diverse. Studiul comparativ al strategiilor de educație STEM din regiuni diferite ale lumii este important și pentru contextul eforturilor de integrare a educației STEM în România.

Consider oportună identificarea ***motivelor-cheie*** care susțin această necesitate:

Primul motiv-cheie este *diversitatea culturală și geografică*. Este foarte clar că fiecare regiune a lumii are particularitățile sale culturale, geografice și economice, și desigur, ceea ce funcționează bine într-o țară sau într-o regiune poate să nu fie eficient în alta. Prin studierea diverselor strategii de educație STEM adoptate în diferite părți ale lumii, se pot identifica cele mai potrivite abordări pentru contextul specific al României.

Al doilea motiv-cheie se referă la *adaptarea la nevoile locale*. Educația STEM trebuie să fie relevantă pentru nevoile și aspirațiile elevilor din România, iar prin studiul modelelor și strategiilor din alte regiuni, se pot identifica practici care se potrivesc cu cerințele noastre educaționale.

Al treilea motiv-cheie identificat este *dezvoltarea abilităților globale*. În lumea globalizată de astăzi, elevii trebuie să dobândească abilități și cunoștințe care să îi pregătească pentru succes într-o piață globală a muncii. Dacă se studiază modul în care alte țări pregătesc elevii pentru această realitate, se poate îmbogăți și diversifica abordarea noastră în ceea ce privește educația STEM.

BUPT

Al patrulea motiv-cheie îl reprezintă *îmbunătățirea performanței*. Aceasta se poate realiza prin compararea rezultatelor și performanței elevilor în domeniul STEM din diferite țări și identificarea atât de metode eficiente, cât și de bune practici aplicabile în vederea îmbunătățirii calității educației STEM din România.

Un ***al cincilea motiv-cheie*** aduce în prim-plan *cooperarea și colaborarea internațională*, pentru că studiul și analiza comparativă a strategiilor de educație STEM ajută la identificarea de parteneriate potențiale și colaborări internaționale, care să sprijine dezvoltarea educației STEM în România prin schimbul de experiență și resurse.

Se poate afirma cu certitudine că, studiul comparativ al strategiilor de educație STEM din regiuni diferite ale lumii este esențial pentru integrarea cu succes a educației STEM în România. Această abordare poate ajuta la identificarea corectă a celor mai bune practici, la adaptarea către specificul local și la pregătirea elevilor și studenților români pentru un viitor globalizat și competitiv.

În acest sens, am efectuat o analiză internațională aprofundată, împărțită pe trei părți distincte, fiecare reprezentând un studiu de caz cu privire la istoricul, dezvoltarea, implementarea și integrarea educației STEM în diverse contexte geografice. Aceste studii de caz acoperă trei regiuni semnificative: cele mai dezvoltate economii ale lumii, regiunea MENA (Mijlocul Orient și Africa de Nord) cu propriile sale provocări, cum ar fi instabilitatea politică și inegalitățile socio-economice și Asia, unde multe țări au investit considerabil în domeniul STEM, punând accent pe cercetare, dezvoltare și implementare.

Această analiză oferă o privire cuprinzătoare asupra modului în care educația STEM a evoluat și a fost implementată în fiecare dintre aceste zone geografice.

Obiectivele de Dezvoltare Durabilă ale Națiunilor Unite (UNSDG) promovează dreptul la educație[28] și sprijină realizarea academică pentru toți, iar prin Cadrul de Acțiune Educația 2030, directiva SDG 4 (United Nations, 2023) își propune să *„Asigure o educație inclusivă și echitabilă de calitate și să promoveze oportunitățile de învățare pe tot parcursul vieții pentru toți.”*

Analiza conține informații despre:

a) zece educatori STEM din primele cincisprezece țări și economii din Clasamentul de Competitivitate Mondială IMD 2021[29];
b) regiunea MENA (Orientul Mijlociu și Africa de Nord) și
c) Asia (M. M. H. Cheng, 2022).

Ceea ce se arată interesant și comun pentru cele trei studii de caz alese, este varietatea perspectivelor autorilor diverselor regiuni, care analizează istoricul, dezvoltarea, implementarea și integrarea educației STEM în Statele Unite ale Americii și/sau în Emiratele Arabe Unite, comparativ și în paralel cu regiunile lor.

a) În ***primul studiu de caz*** supus analizei, Administrația Educației K-12 din Taiwan a subvenționat publicarea cărții (Ku ș.a., 2022) despre *„Statusul și tendințele educației STEM în țările extrem de competitive: Rapoarte naționale și comparații internaționale”*. Cei mai însemnați educatori STEM din primele cincisprezece țări sunt selectați din Clasamentul de Competitivitate Mondială IMD 2021 și, prin cele zece capitole, își aduc fiecare contribuția, despre starea și tendințele educației STEM în țările lor. Editorii Universității Naționale Normale din Taiwan

[28] https://www.right-to-education.org/page/understanding-education-right

[29] https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness-ranking/

BUPT

realizează la final, în capitolul 11, o comparație transnațională și arată că scopul cărții este să îmbunătățească educația STEM, pentru a fi benefică pentru elevi și pentru a promova schimburile internaționale. Țările selectate pentru analiză sunt: Canada, Finlanda, Germania, Regiunea Special Administrată Hong Kong, Irlanda, Singapore, Suedia, Taiwan, Emiratele Arabe Unite și Statele Unite ale Americii.

b) În ***al doilea studiu de caz***[30] este necesară precizarea contextului regional: MENA este acronimul pentru regiunea Orientului Mijlociu și Africa de Nord considerată a include (în mod obișnuit) aproximativ 21 de țări (The World Bank, 2022) și reprezintă aproximativ 6% din populația lumii. Conform raportului Băncii Mondiale din 2022, treisprezece milioane de copii din regiune nu pot merge la școală din cauza conflictelor din țările lor native. Zona MENA are cea mai mare rată a șomajului în rândul tinerilor din lume, cu 30,5% în Africa de Nord și 28,2% în Orientul Mijlociu (Banca Mondială, 2022), de aceea, se consideră că este important ca regiunea MENA să îmbunătățească toate aspectele sistemului său educațional. Toate acestea se remarcă din Obiectivele de Dezvoltare Durabilă ale Națiunilor Unite amintite mai sus[31]. Calitatea educației, care reprezintă al patrulea obiectiv, se concentrează pe rezultatele învățării și dezvoltarea competențelor. Deși MENA are cea mai mare populație tânără din lume și cea mai ridicată rată de șomaj în rândul tinerilor, deși accesul la educație se extinde, calitatea educației și dezvoltarea economică susținută de educație, întârzie. De aceea, învățarea activă poate avea potențialul de a revoluționa sistemul educațional, mai ales în domeniul STEM și poate duce la concretizarea promisiunii de educație. Acesta este unul dintre obiectivele Națiunilor Unite, care subliniază imperativul principiului *„de a nu exclude pe nimeni din acest proces de realizare a dezvoltării durabile”*. Pentru ducerea lui la îndeplinire, se are în vedere adoptarea unei abordări holistice pentru a atinge acest obiectiv pentru toți. Autorii cărții *„Abordări și Provocări în Educația STEM în Regiunea MENA*” au realizat rapoarte și analize pentru următoarele țări din regiune: Maroc, Turcia, Sultanatul Oman, Arabia Saudită, Iraq, Palestina, Egipt, Kuwait și Quatar.

c) ***Al treilea caz de studiu*** se referă la Asia. Pentru a sprijini înțelegerea dezvoltării educației STEM în această regiune a lumi, sunt furnizate prezentări pentru China Continentală, Japonia, Singapore, Thailanda, Taiwan, Hong Kong, Malaysia, Coreea și Indonezia (M. M. H. Cheng, 2022).

4.1.1.3.1. Tendințe în educația STEM în țări extrem de competitive

Prin sponsorizarea publicației, cu referire la *„cooperarea și colaborarea internațională”* (vezi ***al cincilea motiv-cheie***, prezentat în introducerea capitolului), se arată intenția Administrației Educației K-12 a Ministerului Educației

[30] Alhashem, F., Pacheco-Guffrey, H., Boivin, J., (2023), *”STEM Education Approaches and Challenges in the MENA Region”*, A volume in the Advances in Educational Technologies and Instructional Design (AETID) Book Series, DOI - 10.4018/978-1-6684-6883-8, https://www.igi-global.com/book/stem-education-approaches-challenges-mena/304464

[31] https://sdgs.un.org/2030agenda

BUPT

de a consolida înțelegerea reciprocă și legăturile dintre Taiwan și țările extrem de competitive în domeniul educației STEM.

Rețeta succesului acestei colaborări o reprezintă cele unsprezece concluzii finale, prezentate în ultimul capitol al publicației, o analiză comparativă amplă inter-țări, care s-a axat pe următoarele aspecte:

i) Compararea contextului educației STEM,
ii) Compararea stării educației STEM și
iii) Compararea tendințelor și problemelor în educația STEM.

Aceste concluzii prezentate în tabelul 4.3, sunt edificatoare și folositoare oricărei entități educaționale care dorește integrarea educației STEM în procesul de învățământ.

Tabelul 4. 3 Concluzii cheie, rețetă de succes în educația STEM, prelucrare după ”Status and Trends of STEM Education in Highly Competitive Countries: Country Reports and International Comparison”. In *Online Submission*. (Ku ș.a., 2022)

Nr.crt.	**Concluzia despre:**	**Interpretări și explicații**
1	Oferta și cererea de forță de muncă	Este o problemă întâlnită în toate țările, deoarece oferta și cererea de forță de muncă cu competențe STEM sunt inegale, existând o lipsă de lucrători cu astfel de abilități.
2	Sistemul școlar	În țările cu un sistem școlar descentralizat (Canada, Germania, SUA), curriculumul STEM și politicile sunt sub jurisdicția fiecărui stat, provincie sau teritoriu. În țările cu un sistem școlar centralizat (Finlanda, Hong Kong, Irlanda, Singapore), sunt publicate ghiduri naționale pentru curriculumul STEM, pentru a se îndruma/orienta predarea în toate școlile.
3	Influența guvernamentală	Puterea influenței guvernamentale asupra educației STEM variază de la o țară la alta. În unele țări (SUA, Taiwan, Irlanda, Hong Kong), guvernul central sau federal joacă un rol predominant în promovarea educației STEM la nivelul ciclului primar și secundar (K-12), stabilește reguli, ghiduri și politici educaționale legate de STEM care trebuie urmate în toate școlile din țară. În alte țări (Germania), guvernul central sau federal nu deține un control direct asupra guvernelor locale sau teritoriale, iar fiecare regiune, stat sau provincie poate avea propriile sale reguli și politici educaționale legate de STEM. Se creează astfel un peisaj educațional heterogen, care conduce la o diversitate mare de abordări și practici în domeniul educației STEM în diferite părți ale țării respective. Se exercită astfel în unele țări un control mai mare asupra politicilor educaționale STEM la nivel național, în timp ce în altele se permite mai multă autonomie la nivel local sau regional .
4	Unidisciplinaritate	Multe țări (Germania, Canada, Singapore, Emiratele Arabe Unite), efectuează educația STEM prin învățarea fiecărui subiect STEM în mod separat. Știința și matematica în detrimentul tehnologiei și ingineriei, mai puțin accentuate.
5	Transdisciplinaritate	În mod obișnuit, educația STEM este încorporată în materiile tradiționale precum matematica și știința în

BUPT

		școlile primare, gimnaziale și licee, conceptele și abilitățile STEM sunt predate în cadrul materiilor existente, cum ar fi lecțiile de matematică și știință. Cu toate acestea, există excepții, și anume o abordare holistică a educației STEM, diferită de încorporarea STEM în materiile tradiționale: „Educația Integrată” sau ”IE” "Integrated Education," este un concept în care educația STEM este complet integrată în curriculumul școlar de la nivel preșcolar și până la școlile primare, toate aspectele STEM sunt învățate în mod transdisciplinar, fără a fi separate în materii individuale (Finlanda, Irlanda). În ceea ce privește școlile și programele educației vocaționale și tehnice „VET” (Vocational and Technical Education) cu accent pe STEM, acestea sunt preocupat de pregătirea practică și tehnică în domeniile STEM, pentru carierele tehnice sau tehnologice ale elevilor (Germania, Singapore, Taiwan). Școlile care nu sunt concentrate pe programe STEM și care se axează pe educație generală, au introdus componente STEM pentru a spori interesul și competențele elevilor în acest domeniu (în învățământul formal).
6	Învățământul non-formal	Toate țările acordă o importanță deosebită activităților legate de STEM în învățământul non-formal, furnizate sub forma atelierelor STEM, a competițiilor, a expozițiilor, a taberelor, a seminarilor, a vizitelor școlare și a excursiilor de către organizațiile guvernamentale, școli, asociații, ONG-uri, companii private, industrii, muzee, centre de știință, universități, etc.
7	Evaluări	Performanța elevilor în învățarea STEM este măsurată prin evaluări internaționale și naționale, dar și prin teste bazate pe școală. În general, majoritatea țărilor performează bine în ceea ce privește literația științifică și matematică în evaluările PISA sau TIMSS.
8	Formarea profesională a profesorilor *(la finalul tabelului sunt introduse clarificări pentru două dintre conceptele nedefinite până în prezent, respectiv „profesor STEM” și „carieră STEM”)*	Modul în care sunt pregătiți profesorii pentru a preda materiile STEM la variația în pregătirea lor, diferă semnificativ. Pe de o parte, profesorii sunt pregătiți pentru a deveni experți într-un singur domeniu STEM, ceea ce înseamnă că au specialitate într-o singură disciplină, cum ar fi matematica sau biologia (Canada, Hong Kong, Emiratele Arabe Unite). Concentrarea pe aprofundarea cunoștințelor într-un singur domeniu poate conduce spre profesori foarte calificați în acea disciplină specifică. Pe de altă parte, profesorii sunt pregătiți în programe transdisciplinare (Finlanda), ceea ce înseamnă că primesc o pregătire care acoperă multiple discipline STEM. În acest caz, sunt învățați să integreze cunoștințele din mai multe domenii STEM în lecțiile lor și să abordeze probleme complexe care necesită, la rândul lor, abordări interdisciplinare. În general, în toate țările, eforturile în curs (cum ar fi programele de formare și dezvoltare profesională) au ca scop creșterea conștientizării și a abilităților profesorilor

BUPT

		pentru a preda STEM într-un mod integrat și interdisciplinar. Profesorii STEM sunt încurajați să abordeze teme care depășesc granițele disciplinelor individuale și să încurajeze gândirea și abordarea interdisciplinară în educația STEM.
9	Reforma educației STEM	Cele mai multe discuții de politică se concentrează asupra modului de introducere a educației STEM integrat în clasă sau asupra modului de colaborare cu diverse parteneriate pentru a îmbogăți diversitatea inițiativelor STEM. Reforma educației STEM este inițiată predominant de guvernul central sau uneori de guvernul local.
10	Tendințe	Tendințele principale (toate țările) în educația STEM se referă la: - Consolidarea pregătirii profesorilor STEM, investiția în pregătirea și dezvoltarea profesională a profesorilor STEM prin oferirea de programe de formare pentru a-i ajuta să dobândească competențe pedagogice specifice pentru predarea STEM și pentru a le permite adaptarea la schimbările rapide din domeniul STEM; - Consolidarea rețelelor din afara școlilor, deoarece educația STEM este din ce în ce mai conectată cu lumea din afara școlilor. Aceasta include stabilirea de parteneriate cu industria, universități, institute de cercetare și alte entități pentru a aduce experiențe practice în sala de clasă și pentru a expune elevii la o gamă mai largă de oportunități STEM; - Creșterea implicării femeilor în domeniul STEM prin promovarea echității de gen în educația STEM. Aceasta este considerată o tendință crucială și, în acest sens, se lucrează pentru a elimina barierele și stereotipurile de gen, astfel încât mai multe femei să fie încurajate să urmeze cariere STEM și să se implice activ în aceste domenii; - Consolidarea mediilor STEM incluzive și integrate, iar tendința este de a dezvolta programe educaționale care integrează știința, tehnologia, ingineria și matematica într-un mod mai holist, precum și la crearea de medii educaționale mai incluzive, care să permită tuturor elevilor, indiferent de sex sau de origine, să se simtă confortabil și să prospere în învățarea STEM.
11	Probleme STEM	Problemele comune cu care se confruntă țările analizate includ: izolarea materiilor STEM în școli, lipsa profesorilor calificați în STEM și a programelor de pregătire a cadrelor didactice, accesul insuficient la programele curriculare STEM integrate în școli, lipsa înțelegerii clare a STEM.

BUPT

Pentru a clarifica punctul 8, care se referă la formarea profesională în domeniul STEM, sunt necesare câteva explicații suplimentare, referitoare la două concepte nedefinite până acum, respectiv conceptul de ***„profesor STEM”*** și conceptul de ***„carieră STEM”***.

Ce este un "profesor STEM"?

Este un educator care se concentrează pe predarea și promovarea disciplinelor STEM, care este specializat în transmiterea cunoștințelor și dezvoltarea abilităților în aceste domenii, pentru a educa și inspira elevii să exploreze, să înțeleagă și să se implice activ în aceste subiecte.

Pentru a avansa în clarificări, iată câteva aspecte importante legate de acest concept:

i) Competența în domeniul STEM. Profesorii STEM sunt foarte bine pregătiți în domeniile științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii, au cunoștințe solide în aceste discipline și pot prezenta materiale complexe într-un mod accesibil și interesant pentru elevi;

ii) Promovarea gândirii critice și abilităților practice. Acești profesori încurajează gândirea critică și dezvoltarea abilităților practice în rândul elevilor, ei creează mediul propice atât pentru rezolvarea de probleme cât și pentru aplicarea conceptelor în situații practice;

iii) Utilizarea tehnologiei. Profesorii STEM pot integra dispozitive și software-uri tehnologice pentru a facilita înțelegerea și practica conceptelor STEM, deoarece ei sunt adesea familiarizați cu utilizarea tehnologiei în procesul de învățare;

iv) Inspirarea și implicarea elevilor. Un obiectiv important al profesorilor STEM este să inspire și să motiveze elevii să exploreze cariere și domenii legate de STEM. Ei pot face acest lucru prin elaborarea, organizarea și implementarea de activități practice, experimente, proiecte și excursii care să arate relevanța și importanța acestor discipline în lumea reală;

v) Adaptabilitatea și actualizarea constante. Este necesar ca profesorii STEM să fie flexibili și să se mențină în actualitate cu cele mai recente descoperiri și tendințe în domeniile lor de specializare, datorită evoluției continue a științei și tehnologiei.

În concluzie, o posibilă definiție a conceptului de „profesor STEM” pe care o propun în această lucrare, este următoarea:

Profesorul STEM este un educator specializat în predarea integrată a disciplinelor Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică (STEM), cu scopul de a dezvolta competențele cognitive și practice ale elevilor în aceste domenii interconectate și de a-i inspira să exploreze oportunități inovatoare, legate de STEM în viitorul lor academic și profesional. Acest tip de educator joacă un rol semnificativ în pregătirea tinerilor pentru provocările și oportunitățile într-o lume tot mai tehnologizată și bazată pe gândire critică, rezolvare de probleme complexe, știință și inovație interdisciplinară.

Ce este „cariera STEM”?

O „carieră STEM” se referă la o carieră profesională în domeniile STEM, ceea ce implică munca în domenii care se bazează pe cunoștințe și competențe în aceste discipline.

BUPT

Carierele STEM sunt caracterizate prin aplicarea științei și tehnologiei pentru a rezolva probleme complexe, dezvoltarea de produse și tehnologii noi sau își aduc contribuția la avansarea cunoștințelor umane în aceste domenii.

Concludent, iată câteva exemple de cariere STEM:

Inginerie: Inginerii lucrează la proiectarea, dezvoltarea și construirea diferitelor sisteme și produse, de la structuri de clădiri și mașini, la software și echipamente electronice.

Medicină și științe medicale: Medicii, asistenții medicali și cercetătorii medicali, folosesc știința și tehnologia pentru a diagnostica, trata și cerceta boli și afecțiuni medicale.

Tehnologia Informației (IT): Specialiștii IT lucrează cu software, hardware și rețele pentru a gestiona și a rezolva probleme legate de tehnologie informațională și comunicații.

Științe exacte și cercetare: Cercetătorii din domeniile matematicii, fizicii, chimiei și altor științe exacte, desfășoară experimente și analizează date pentru progresul cunoașterii în aceste domenii.

Analiza și știința datelor: Profesioniștii în domeniul științei datelor și analizei lucrează cu date mari pentru a identifica modele, a dezvolta previziuni și a ajuta organizațiile să ia decizii informate.

Energie și mediu: Cei care își desfășoară activitatea în acest domeniu se concentrează pe dezvoltarea de tehnologii sustenabile și pe gestionarea resurselor energetice și naturale.

Astronomie și explorare spațială: Cercetătorii și inginerii spațiali explorează universul, dezvoltând telescoape, sondaje spațiale și tehnologii pentru a înțelege mai bine cosmosul.

Carierele STEM sunt adesea considerate a fi în creștere și au potențialul de a oferi oportunități de carieră stabilă și bine plătită. Cu toate acestea, ele pot fi, uneori, mai exigente în ceea ce privește educația și formarea inițială, deoarece necesită adesea o bază solidă în știință și matematică, însă, pe măsură ce tehnologia continuă să avanseze, carierele STEM devin esențiale în economia modernă, pentru că oferă o varietate de oportunități pentru cei pasionați de aceste domenii (Mirea ș.a., 2023).

Un rol esențial privind succesul educației STEM îl are conexiunea dintre cele două concepte clarificate mai sus. Profesorii STEM joacă un rol important în inspirarea elevilor pentru explorarea domeniile STEM și pentru a lua în considerare cariere în aceste domenii. Ei pot servi ca mentori și modele pentru viitori profesioniști STEM, arătându-le cum să dezvolte competențe și pasiune în domenii precum știința, tehnologia, ingineria și matematica.

De asemenea, pot ajuta elevii să vadă legătura între ceea ce învață în școală și carierele STEM, demonstrându-le modul în care cunoștințele și abilitățile dobândite în timpul studiilor pot fi aplicate în lumea reală pentru a rezolva probleme și pentru a contribui la inovație. Educația STEM încurajează dezvoltarea de competențe cheie, cum ar fi gândirea critică, rezolvarea de probleme, colaborarea și abilitățile tehnice, iar aceste competențe sunt esențiale pentru succesul în carierele STEM și pot fi cultivate în mod eficient sub îndrumarea profesorilor STEM. Cunoașterea diverselor cariere STEM și a oportunităților din aceste domenii pot ajuta elevii să ia decizii informate privind cariera lor profesională. Profesorii STEM au rolul de a îndruma și orienta elevii în alegerea acelor meserii care li se potrivesc cel mai bine.

Cariera STEM este o evoluție a educației STEM, care necesită adaptabilitate la viața reală. Această carieră începe după absolvirea școlii, însă cei care muncesc

BUPT

în acest domeniu continuă să învețe și să-și dezvolte cunoștințele toată viața, învățând din propria lor experiență și/sau colaborând cu alți profesioniști din industrie. Se poate afirma cu certitudine că această conexiune între educație și carieră este crucială pentru a păstra și a dezvolta forța de muncă STEM (Benito-Osorio ș.a., 2013; Carayannis & Morawska-Jancelewicz, 2022; Falaq, 2020; Hutchison, 2012; Radloff & Guzey, 2016; Tavares ș.a., 2023).

Conceptele de „profesor STEM" și „carieră STEM" sunt interconectate și esențiale pentru a crea un lanț de educație și carieră coezivă în domeniile STEM. Profesorii STEM oferă cunoștințele și inspirația inițială necesară pentru a atrage elevii către domenii STEM, iar carierele STEM oferă o perspectivă reală asupra aplicării acestor cunoștințe și competențe în lumea profesională, alimentând astfel interesul și angajamentul în educația STEM.

În nomenclatorul meseriilor din România, codurile pentru meserii pot varia în funcție de actualizările și modificările legislative. La momentul prezentei lucrări, conceptul de „Profesor STEM" nu are un cod specific în nomenclatorul meseriilor din România[32].

Este posibil ca în viitor să apără schimbări sau adăugiri în nomenclatorul meseriilor pentru a reflecta mai bine nevoile sistemului de învățământ și dezvoltarea domeniului STEM în România.

De asemenea, termenul specific „profesor STEM" nu este o meserie distinctă cu un titlu oficial în majoritatea țărilor, dar există profesori și educatori care se concentrează pe predarea disciplinelor STEM și care pot fi specializați în aceste domenii (Huang ș.a., 2022; Hutchison, 2012; Radloff & Guzey, 2016).

Acești profesori pot avea titluri diferite, cum ar fi profesori de matematică, profesori de științe, profesori de informatică, profesori de tehnologie etc., și ei se concentrează pe predarea și promovarea cunoștințelor și abilităților STEM în rândul elevilor. De-a lungul timpului, anumite țări precum SUA și Finlanda (Ku ș.a., 2022) au dezvoltat programe educaționale speciale și au adoptat titluri specifice pentru profesori care se concentrează exclusiv pe predarea STEM. Este important de reținut însă că titlurile și definițiile meseriilor pot varia de la o țară la alta și pot evolua în timp.

Acest studiu de caz arată că există o conexiune puternică între educația STEM și succesul economic, mai ales în țările cu economii foarte bine dezvoltate, deoarece în aceste țări, educația STEM este considerată o piatră de temelie a dezvoltării economice durabile, întrucât furnizează baza necesară pentru inovație și avans tehnic. Pe de altă parte, nu trebuie să uităm că, economiile dezvoltate depind în mod semnificativ de industria tehnologică și de cercetare, iar în acest sens Statele Unite, Germania, Japonia și alte națiuni europene au investit masiv în educația STEM pentru a-și menține poziția în fruntea inovației globale. De asemenea, educația STEM este de un real ajutor la crearea unei forțe de muncă calificate, esențială pentru atragerea investițiilor și pentru menținerea companiilor la nivel competitiv global. Este de remarcat că aceste țări oferă burse și sprijin financiar pentru studenții talentați care doresc să urmeze cariere STEM.

Concluzia, după parcurgerea primului studiu de caz este că, ***educația STEM reprezintă un factor esențial în dezvoltarea economică și socială a oricărei țări***. În continuare însă, analizând un al doilea studiu de caz și realizând o conexiune între educația STEM în țările cu economie foarte bine dezvoltată și țările din regiunea MENA, putem observa atât diferențe semnificative, dar și oportunități comune.

[32] https://mmuncii.ro/j33/index.php/ro/cautare?q=profesor+STEM

BUPT

4.1.1.3.2. Tendințe în educația STEM în regiunea MENA

În primul studiu de caz, cititorul este introdus în miezul subiectelor care discută tendințele din domeniul STEM legate de schimburi de experiență și bune practici, îmbunătățiri, cooperări și colaborări internaționale. În ceea ce privește regiunea MENA, este evident chiar de la început că, integrarea educației STEM este încă la nivel de inițiativă. Scopul și beneficiile acestui concept nu sunt încă pe deplin înțelese, iar progresele în această direcție sunt timide. Este de remarcat totuși: i) argumentul în favoarea reducerii decalajelor de gen și etnice, în special în domeniile științei și matematicii și ii) ***conștientizarea că STEM este considerată o prioritate națională în multe țări***, deoarece promovează competențele necesare pentru a concura într-o economie globală și pentru a rezolva problemele complexe ale lumii actuale.

Pe de altă parte, este semnificativ răspunsul la întrebarea *„De ce este atât de importantă educația STEM pentru tinerii din regiunea MENA?”* Tocmai datorită faptului că, rata copiilor care pot participa la educația STEM este scăzută (The World Bank, 2022; United Nations, 2023), datorită numeroaselor obstacole cu care aceștia se confruntă în viața de zi cu zi, care le limitează oportunitățile de a urma cariere STEM. Acest aspect esențial conduce către o problemă majoră, deoarece se consideră că „job-urile viitorului” aduc bunăstare socială și personală, creștere inclusivă și dezvoltare durabilă, prin inovație și creativitate.

Cea de-a doua lucrare analizată are o importanță capitală pentru educatori din întreaga lume, deoarece oferă lecții valoroase cu privire la modul în care educația STEM poate fi adaptată și aplicată în mod diferit în funcție de factorii culturali, politici și sistemele educaționale specifice fiecărei țări. Este important să înțelegem că abordările educaționale pot varia considerabil în funcție de contextul cultural și politic, iar această înțelegere poate contribui la dezvoltarea unor strategii mai eficiente pentru promovarea educației STEM în diverse regiuni ale lumii.

Cele zece capitole al acestei cărți examinează caracteristicile educației STEM din: Maroc (capitolul 1), Turcia (capitolul 2 și capitolul 7), Sultanatul Oman (capitolul 3), Arabia Saudită (capitolul 4), Iraq (capitolul 5), Palestina (capitolul 6), Egipt (capitolul 8), Kuwait (capitolul 9) și Qatar (capitolul 10).

Cu toate că se referă la Maroc, problemele identificate în capitolul 1, sunt relevante pentru întreaga regiune MENA și pentru întreaga lume. Este realizată o recenzie exhaustivă a literaturii și politicilor care au influențat educația STEM în MENA, precum accesul inechitabil la resurse și impactul disparităților de lungă durată.

În contextul Marocului se examinează în detaliu provocările și oportunitățile legate de implementarea instruirii online de calitate în domeniul STEM, cu accent pe matematică. Se aduc argumente solide pentru menținerea unei educații STEM bogate în tehnologie, care să se bazeze pe cercetare și teorie, dar care ține cont și de nevoile elevilor, depășind limitele abordărilor tradiționale în educație.

Nu este o coincidență faptul că în această lucrare sunt incluse două capitole dedicate Turciei. Această țară a avut o evoluție semnificativă în ceea ce privește educația STEM în ultimii ani și s-a angajat în numeroase inițiative și proiecte menite să îmbunătățească integrarea educației STEM în țară. ***Turcia poate servi ca un bun exemplu pentru România, în ceea ce privește dezvoltarea profesională a profesorilor, existența centrelor STEM și gestionarea resurselor pentru educația STEM.*** Toate aceste aspecte sunt detaliate în Capitolul 2 al cărții. Provocările la care Turcia a răspuns pozitiv în ceea ce privește poziția sa în domeniul educației STEM sunt, în același timp, provocări la care ar

BUPT

trebui să facă față oricare altă entitate care dorește să avanseze în acest domeniu în continuă evoluție. Aceste provocări includ:

i) Creșterea interesului pentru STEM printre elevi și studenți;
ii) Participarea activă la Proiectele Erasmus, deoarece aceste programe oferă oportunități pentru studenți, profesori și cercetători să participe la schimburi și colaborări în domeniul STEM cu instituții din întreaga Europă;
iii) Investiții semnificative în educația STEM prin dezvoltarea de programe educaționale și laboratoare STEM în școli și universități;
iv) Cercetare și inovare în domeniul STEM. Universitățile turcești și instituțiile de cercetare, cum ar fi Universitatea din Istanbul, Universitatea Tehnică din Orientul Mijlociu sau Universitatea Bilkent, au fost implicate în proiecte de cercetare de nivel înalt și au colaborat cu parteneri internaționali în domenii precum tehnologia informației, ingineria și știința.

Toate aceste considerente au fost clar și concis dezbătute în capitiolul 2 de către cercetătorul independent turc Ahmet Baytak[33], în timp ce în capitolul 7, cooperarea turco-spaniolă[34] analizează atât rolul jurnalismului științific popular în educația STEM (Allan, 2011; Molek-Kozakowska, 2017), cât și modelul de comunicare științifică în contextul Turciei.

Autorii subliniază rolul esențial al jurnalismului științific popular în promovarea educației STEM, alfabetizării științifice și implicării publicului în teme științifice. Mass-media turcă s-a concentrat pe publicații și limbaj orientate către STEM pentru a spori cunoașterea și conștientizarea în acest domeniu, inclusiv prin utilizarea unui limbaj specific orientat către gen.

Deoarece jurnalismul științific popular este o formă de jurnalism concentrată pe comunicarea științei și a subiectelor legate de aceasta într-un mod accesibil și ușor de înțeles pentru publicul larg, ar putea reprezenta un model excelent de urmat și în România. Scopul său principal este de a traduce și de a face cunoscute informațiile și descoperirile științifice complexe pentru o audiență care nu este neapărat familiarizată cu limbajul tehnic sau cu conceptele avansate din domeniul științific.

Prin intermediul jurnalismului științific popular, jurnaliștii și cercetătorii încearcă să facă știința mai accesibilă și mai interesantă pentru public, prezentând descoperiri recente, tehnologii noi, evenimente și fenomene științifice într-o manieră captivantă și ușor de înțeles. De asemenea, pot fi abordate aspecte etice, sociale sau de mediu legate de știință, prin scrierea de articole, realizarea de reportaje, producerea de emisiuni de televiziune sau radio, precum și prin scrierea de cărți sau articole de popularizare a științei pe diverse platforme media.

Studiul evidențiază, de asemenea, importanța unui model de ecuație structurală în publicațiile științifice și în jurnalismul științific din Turcia, cu scopul de a îmbunătăți alfabetizarea STEM și de a populariza știința într-un mod mai accesibil.

---

[33] https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/a0789f39-bb23-4a2d-ae60-d304abac5ad9-a329a234/relevance/1

[34] Gürkan, Hasan & Echazarreta, Carmen, (2023), Analyzing the Role of Popular Scientific Journalism in STEM and Turkey's Science Communication Model, in Book *STEM Education Approaches and Challenges in the MENA Region*, pp 168-188, DOI: 10.4018/978-1-6684-6883-8.ch007.

BUPT

Este de adăugat (ca o paranteză explicativă suplimentară) că o analiză cu ajutorul modelului de ecuație structurală este folositoare în mai multe contexte și cu diferite scopuri, poate avea diverse beneficii și poate servi mai multor categorii de persoane sau instituții: a) În cercetarea educațională, pentru a verifica modul în care calitatea educației și motivația elevilor influențează performanța academică; b) În mediul școlar, pentru a evalua eficacitatea metodelor de predare și pentru a identifica factorii care pot influența motivația și performanța elevilor; c) La nivel guvernamental, pentru a evalua sistemul de învățământ și pentru a dezvolta politici educaționale care să sprijine creșterea calității educației; d) Pentru părinți și elevi, pentru a aprecia deciziile cu privire la alegerea școlilor potrivite necesităților copiii lor.

Pentru a remarca importanța modelului de ecuație structurală, să presupunem că este necesară analizarea relației dintre trei variabile: „Calitatea educației" (Q), „Motivația elevilor" (M), și „Performanța academică" (P). Analiza relației dintre aceste trei variabile furnizează, în general, o înțelegere mai bună a procesului educațional și a factorilor care contribuie la succesul academic al elevilor.

Se poate crea un model de ecuație structurală astfel:

Q ⟶ **P**: Atunci când *„Calitatea educației"* (Q) influențează *„Performanța academică"* (P), rezultatul arată că, cu cât calitatea educației este mai mare, cu atât performanța academică ar trebui să fie mai bună.

M ⟶ **P**: Dacă *„Motivația elevilor"* (M) influențează *„Performanța academică"* (P), atunci cu cât motivația elevilor este mai mare, cu atât performanța academică ar trebui să fie mai bună.

Q ⟶ **M**: Iar în cazul în care *„Calitatea educației"* (Q) influențează *„Motivația elevilor"* (M), cu cât calitatea educației este mai mare, cu atât motivația elevilor ar trebui să fie mai mare.

Aceste săgeți indică direcția influenței dintre variabilele respective, modelul de ecuație structurală presupune o serie de ecuații și coeficienți pentru a cuantifica aceste relații și pentru a evalua dacă datele colectate se potrivesc cu modelul propus. Avem trei variabile și trei relații, dar în modele mai complexe, pot fi implicate mai multe variabile și relații.

Acest model de ecuație structurală descrie relațiile care pot exista între variabilele observabile (care pot fi măsurate direct, respectiv *performanța academică* și *calitatea educației*) cât și variabilele latente (care nu pot fi măsurate direct, dar se pot deduce din alte date, în cazul nostru *motivația elevilor*). Structura scoate în evidență legăturile care există între aceste variabile, dar în același timp și faptul că, pentru a obține performanțele dorite, sunt importante atât calitatea educației, cât și motivația elevilor. Pentru a transforma toate aceste principii teoretice într-un rezultat tangibil, este necesar să ne reamintim că secțiunea 2.1.2 a tezei (figura 2.5) îndreaptă atenția către procesul de eficientizare al educației, iar în capitolul 6 vom continua și vom propune o dezvoltare a unei formule privind eficientizarea educației STEM integrate.

În ceea ce privește situația și tendințele din Sultanatul Oman, Arabia Saudită, Palestina, Egipt, Kuwait și Quatar, în privința educației STEM, concluziile sunt comune:

a) Disciplinele STEM sunt o necesitate pentru dezvoltarea economică și socială a țărilor din regiunea MENA, în timp ce educația STEM este un mijloc de a poziționa țările în calitate de lideri regionali și globali;
b) Competențele STEM sunt esențiale pentru a face față provocărilor globale și pentru a contribui la inovație. Nevoia de a dota tineretul cu abilități

BUPT

precum rezolvarea de probleme, evaluarea probelor și interpretarea informațiilor prin intermediul disciplinelor STEM, este evidentă;

c) Unii autorii oferă diverse recomandări pentru îmbunătățirea educației STEM, inclusiv crearea unei viziuni comunitare pentru predarea bazată pe STEM, introducerea activităților de joacă și explorare, implementarea învățării bazate pe proiect, integrarea provocărilor globale în procesul de învățare și dezvoltarea unor spații de învățare flexibile (Babineau, 2023);
d) Este subliniată importanța tehnologiei în educația STEM, precum și nevoia de a aduce mai multă tehnologie în sistemele educaționale, cu atenție la formarea cadrelor didactice pentru a face față acestei tranziții (Ghosheh & Ghosheh, 2023);
e) Sunt obligatorii soluțiile pentru a menține calitatea educației STEM în mediul online, concluzie evidentă ca urmare a accelerării tranziției către învățarea online, datorate pandemiei Covid-19 (Nagdi ș.a., 2023);
f) Este esențială abordarea culturală și inclusivă în educația STEM, cu accent pe adaptarea curriculelor și a metodelor de predare la contextul local și la diversitatea culturală a elevilor.

O notă distinctivă în acest al doilea studiu de caz este capitolul 5, dedicat strategiilor, provocărilor și rezultatelor în ceea ce privește educația STEM în Irak, pentru perioada anilor 2004 – 2022 (Al-Obaidi & Albakaa, 2023). Cei doi autori de origine iraqiană, ambii cercetători și profesori universitari în SUA, la Universitatea de Stat Bridgewater, investighează atât strategiile și politicile educaționale ale Ministerului Educației (MOE), cât și ale Ministerului Învățământului Superior și Cercetării Științifice (MOHEASR) din Irak și distribuie un sondaj profesorilor și cadrelor didactice din diferite școli, colegii și universități din cele 18 guvernorate irakiene, iar în baza rezultatelor propun recomandări privind direcțiile viitoare de urmat în privința educației STEM.

Ce diferențiază Irakul de celelalte țări din regiunea MENA, în privința educației STEM? Sistemul său de educație STEM are unele caracteristici distincte în comparație cu alte țări din regiune.

Țara are o istorie veche și impresionantă, precum și o moștenire culturală bogată, marcată însă de turbulențe politice și sociale, cu un puternic impact asupra sistemului de învățământ, inclusiv asupra educației STEM. Irakul străvechi marchează locul de naștere al sumerienilor, babilonienilor și asirienilor[35]. În secolul al XX-lea, țara a trecut prin perioade de colonialism britanic și instabilitate politică. În 1932, Irakul a obținut independența față de Marea Britanie, devenind o monarhie, însă instabilitatea internă și conflictele politice au continuat să afecteze țara[36]. Una dintre cele mai notabile perioade de turbulențe a fost regimul lui Saddam Hussein, care a durat din 1979 până în 2003. Regimul său a fost marcat de autoritarism, războaie, sancțiuni internaționale și suprimarea opoziției politice, evenimente care au avut un impact devastator asupra societății iraqiene și asupra sistemului de învățământ, inclusiv asupra educației STEM. Conflictele și sancțiunile au dus la deteriorarea infrastructurii educaționale, la scăderea resurselor și la dificultăți în recrutarea și menținerea cadrelor didactice calificate, migrația forței de muncă din domeniul STEM a redus drastic numărul de experți disponibili în țară,

[35] Marozzi, J. (2019). *Islamic Empires: Fifteen Cities that Define a Civilization*. Penguin UK, pp 21-30

[36] Lazăr, M. (2021). *Ayatollahi, maritiri și revoluționari: Șiism și stat în Irakul modern*, Vol. 1 De la perioada otomană la căderea monarhiei hașemite (1958): Imposibilul proiect național supracomunitar, București, Eikon, ISBN 978-606-49-0395-2, pp 9-21

BUPT

producând un impact negativ asupra calității educației și cercetării în domeniu (Al-Obaidi & Albakaa, 2023).

După înlăturarea regimului lui Saddam Hussein în 2003, Irakul intră într-o perioadă de tranziție și instabilitate, cu conflicte etnice și politice în curs de desfășurare, chiar și în prezent. Astfel că, perioada studiată în acest articol începe în anul 2004, odată cu eforturile pentru reconstrucția infrastructurii educaționale și revitalizarea sistemului de învățământ STEM, cercetarea continuă până în anul 2022, recomandările autorilor ținând cont că, situația din Irak și din regiunea MENA, în general, poate fi dinamică și poate suferi schimbări în timp.

În ciuda tuturor dificultăților și provocărilor, Irakul demonstrează o dorință hotărâtă de reabilitare a calității educației STEM, care devine evidentă prin eforturile depuse pentru reconstrucția infrastructurii educaționale, actualizarea curriculumului și formarea cadrelor didactice calificate. După parcurgerea acestui capitol dedicat Irakului, aflăm concluzia clară a autorilor: Irakul caută să promoveze cercetarea științifică și inovarea în domeniul STEM, pentru a-și recăpăta rolul în regiunea MENA și pentru a contribui la dezvoltarea tehnologică globală, iar efortul pentru pregătirea tinerilor iraqieni pentru viitor este unul vital (Ibrahim ș.a., 2022).

Dacă analizăm și comparăm aceste două studii de caz, constatăm următoarele:

a) În țările cu economii foarte bine dezvoltate, educația STEM are tendința de a fi mai accesibilă și mai bine finanțată;

b) Investestind masiv în școli, universități și cercetare, aceste țări creează un mediu propice pentru învățarea STEM, oferă acces la laboratoare de înaltă tehnologie, resurse educaționale avansate și profesori bine pregătiți în domenii STEM;

c) Aceste aspecte conduc spre dezvoltarea de competențe solide în STEM, iar elevii și studenții sunt astfel pregătiți pentru cariere în domenii tehnologice sau științifice;

d) În contrast, datorită resurselor financiare insuficiente sau a altor provocări socio-economice, în țările din regiunea MENA, accesul la educația STEM poate fi mai limitat;

e) Recunoașterea importanței educației STEM, demonstrează că există un interes crescut în regiune pentru dezvoltarea abilităților STEM, ceea ce va conduce către progres economic și tehnologic;

f) Țările din regiunea MENA au început să investească în modernizarea sistemelor lor de învățământ și promovează, pe măsura posibilităților, educația digitală și colaborarea cu instituții internaționale pentru a îmbunătăți calitatea educației (Babineau, 2023; Ghosheh & Ghosheh, 2023; Nagdi ș.a., 2023).

În Asia educația STEM reprezintă o temă foarte importantă și captivantă, care completează discuțiile anterioare despre țările extrem de competitive și regiunea MENA.

Asia este o regiune vastă, diversă și dinamică, care joacă un rol cheie în dezvoltarea educației STEM la nivel global.

4.1.1.3.3. Tendințe în educația STEM în Asia

În subcapitolul 3.1.1.2. privind *„Transformarea societății prin tehnologie și inovație”*, am tratat subiecte legate de concepte noi, respectiv de la „Societate 1.0” până la posibila „Societate 5.0”, ca propuneri teoretice și filozofice, care evidențiază tranziția societății pe măsură ce progresează și evoluează în funcție de

BUPT

transformările aduse de tehnologie și inovație (Kleinert, 2021). Am analizat unul dintre cele mai concludente exemple și anume Japonia (Kumano, 2022).

Asemenea țărilor dezvoltate și extrem de competitive în domeniul STEM, multe țări din Asia au pus un accent semnificativ pe educația STEM pentru a-și pregăti forța de muncă pentru viitor. Nu întâmplător exemplul Japoniei este demn de urmat, deoarece această țară a fost un pionier în promovarea științei și tehnologiei în educație, fiind una dintre primele țări care a adoptat conceptul de „societate bazată pe cunoaștere". Angajamentul Japoniei față de STEM contribuie în mod constant la succesul ei economic și la o dezvoltarea tehnologică semnificativă.

Este semnificativă următoarea comparație între țări:

a) ***Singapore*** are unul dintre cele mai riguroase programe de educație STEM din lume. Programul educațional este axat pe competențele STEM de bază, cum ar fi matematica și știința, și promovează gândirea critică și rezolvarea de probleme. Investește semnificativ în cercetare și dezvoltare și oferă facilități de cercetare de ultimă generație universităților sale de top. Pentru a se asigura că programele de educație STEM sunt relevante pe piață, Guvernul colaborează strâns cu industria.
b) ***Coreea de Sud*** este cunoscută pentru sistemul său de educație extrem de competitiv, care pune un accent deosebit pe disciplinele STEM. Se poate afirma că există o presiune mare asupra elevilor să performeze în aceste domenii. Are universități de top la nivel mondial, iar educația STEM este un factor important în acest succes și datorită faptului că are o cultură a competiției puternică în domeniul STEM, cu numeroase competiții și olimpiade pentru elevi talentați.
c) În ***Malaysia*** se reflectă o diversitatea culturală și etnică. Există o varietate de școli și programe care se adaptează la diferite grupuri de elevi. Guvernul malaezian a depus eforturi semnificative pentru a îmbunătăți calitatea educației STEM și pentru a atrage studenți și cercetători străini.
d) ***Taiwan*** este cunoscută pentru excelență în cercetarea sa în domeniul tehnologiei și științei, și universitățile sale de top au contribuit la dezvoltarea tehnologică globală. De asemenea, are o cultură a competițiilor academice în domeniul STEM, ceea ce încurajează excelența la elevi.

Deși aceste țări au abordări diferite pentru educația STEM, toate pun un accent semnificativ pe dezvoltarea acestor competențe pentru a pregăti forța de muncă pentru viitor și a contribui la inovație și dezvoltare economică.

Am considerat oportună și introducerea acestor țări pentru a observa tendințele educației STEM, dar și pentru că Ministerul Educației din Coreea, în 2011, a reconstruit educația STEM pentru a incorpora ***„Artele"***, transformând **STEAM** într-o construcție interdisciplinară pentru „educație de convergență creativă" (Kang, 2019; Norman, Ph.D., 2023). Studiile efectuate în Coreea de Sud au constatat faptul că introducerea artelor în cursurile de dezvoltare profesională pentru profesori au crescut încrederea lor în predarea STEAM. Interviurile cu profesorii au arătat că îndrumarea în practicile de clasă în cadrul dezvoltării profesionale a fost de un real ajutor (Kang, 2019).

STEM evoluează și se adaptează în întreaga lume!

În țările extrem de competitive, se observă un angajament profund pentru excelența în STEM și o implicare semnificativă a guvernului în dezvoltarea forței

BUPT

de muncă viitoare. În regiunea MENA, resursele și provocările specifice ale regiunii influențează modul în care educația STEM este abordată, cu accent pe construirea unei baze solide de competențe STEM pentru a face față provocărilor economice și sociale. În Asia, există o diversitate de abordări, de la curriculumuri riguroase la investiții în cercetare și dezvoltare, dar toate acestea urmăresc un obiectiv comun și anume pregătirea unei forțe de muncă capabile și inovatoare pentru viitor.

În lumina acestor studii de caz, devine evident că educația STEM este esențială pentru dezvoltarea economică și socială în întreaga lume, iar fiecare regiune adoptă abordări unice pentru a atinge acest obiectiv. Această diversitate de practici și strategii încurajează explorarea și ne ajută să înțelegem mai profund complexitatea și potențialul educației STEM într-o lume interconectată și în continuă schimbare.

4.2. Cercetări teoretico-aplicative privind unele aspecte ale integrării educației STEM în Uniunea Europeană și România

În contextul actual, tehnologiile emergente și digitalizarea oferă oportunități noi pentru dezvoltarea competențelor și promovarea muncii la distanță, precum și pentru educația STEM. Cercetarea autoarei își propune să exploreze modul în care aceste inovații și trenduri contemporane influențează competențele necesare în mediul preuniversitar și să evidențieze rolul esențial al educației STEM în pregătirea elevilor pentru viitor. De asemenea, atinge obiectivul operațional:

OP9: Extinderea cercetării aplicative privind eficientizarea educației STEM la nivel național, pentru a obține o imagine mai detaliată și reprezentativă asupra implementării acesteia în diverse contexte educaționale.

În esența sa, educația STEM integrează știința, tehnologia, ingineria și matematica într-o abordare interdisciplinară menită să cultive abilități esențiale precum gândirea critică, rezolvarea complexă a problemelor și inovația. Această perspectivă holistică depășește sfera competențelor digitale, subliniind importanța formării unei înțelegeri profunde a proceselor științifice și tehnologice, precum și a aplicării cunoștințelor în contexte practice și reale. Astfel, o educație STEM eficientă echipează elevii și studenții cu instrumentele necesare pentru a naviga într-o lume din ce în ce mai digitalizată și îi pregătește să devină inovatori, creatori și lideri ai transformărilor tehnologice și științifice ale viitorului.

Totuși, STEM reprezintă un concept mult mai amplu decât simpla digitalizare și dezvoltare a competențelor și aptitudinilor de interacțiune digitalizată. Într-adevăr, în centrul educației STEM se află formarea unor competențe interdisciplinare esențiale, care includ abilități tehnice, dar și capacitatea de a aplica cunoștințele în contexte reale și de a inova în mod creativ.

Această cercetare aplicativă se concentrează pe explorarea legăturii dintre competențele profesionale necesare pentru munca și educația la distanță și importanța educației STEM integrate. Prin intermediul instrumentelor de colectare a datelor, vom analiza cum aceste competențe esențiale, inclusiv cele specifice educației STEM, contribuie la pregătirea pentru un mediu de lucru din ce în ce mai digitalizat și complex.

4.2.1. Aspecte de natură metodologică

BUPT

În cadrul acestei teze, evaluările empirice includ analiza unor chestionare, o metodă esențială pentru colectarea datelor de la participanți. Chestionarele s-au concentrat pe competențe, munca la distanță și educația STEM, trei concepte interconectate și esențiale pentru dezvoltarea educațională modernă.

În figura 4.3 este prezentată o structură dinamică a competențelor după modelul PISA, unul din punctele importante de pornire în această cercetare.



Figura 4. 3 Structura dinamică a competențelor după modelul PISA (Sälzer & Roczen, 2018)

Această structură dinamică evidențiază câteva aspecte esențiale, utilizate în articolul său din anul 2018 de autorul român Marius Mărginean (Marginean, 2018), prin generarea a trei formule de actualitate, pe care le prezentăm în continuare:

Prima formulă, despre competență, se referă la integrarea componentelor:

$$\boldsymbol{Competenta = Cunostinte + Aptitudini + Abilitati\ practice}$$

Autenticitatea acestei formule reclamă explicații privind componentele integrate: *cunoștințele* sunt fundamentul pe care se bazează competențele, oferind elevilor informațiile necesare pentru a înțelege și rezolva probleme (Birdthistle ș.a., 2023; Gaybullaevna & Jonpulatovna, 2021; Jetsadanuruk & Chansanam, 2023a, 2023b; Paschek ș.a., n.d.; Röling, 2019; S. Yu ș.a., 2022); *abilitățile* reprezintă capacitatea de a aplica cunoștințele în contexte practice, de a analiza și de a rezolva probleme în mod eficient (Abdurrahman ș.a., 2019; Camús Ferri ș.a., 2022; Charles ș.a., 2018; RISDIANTO, 2024; Salehjee & Watts, 2024; YU & Guo, 2023; Zhan ș.a., 2022), iar *atitudinile și valorile* sunt esențiale pentru a orienta modul în care elevii folosesc cunoștințele și abilitățile, promovând o utilizare responsabilă și etică a acestora (Fairhurst ș.a., 2023; Ng, 2019; Skovsgaard, 2018). În contextul educației STEM sunt necesare atât cunoștințe teoretice, abilități practice cât și aptitudini care să permită aplicarea lor în situații reale. Se poate cu ușurință observa că, în modelul PISA, competențele nu sunt statice, ci se dezvoltă și evoluează în timp. Această dinamică este esențială pentru adaptabilitatea și succesul în societatea modernă. De asemenea, după cum sugerează figura, competențele formate prin interacțiunea dintre cunoștințe, abilități și atitudini se traduc în acțiuni concrete (Chien & Chu, 2018; Eltanahy, 2023; Mirea ș.a., 2023; Mirea, Robescu, ș.a., 2021; Skovsgaard, 2018; X. Xu ș.a., 2023). În contextul educațional, acest lucru se referă la capacitatea elevilor de a aplica ceea ce au învățat pentru a rezolva probleme reale, pentru a lua decizii informate și pentru a contribui în mod pozitiv la societate.

A doua formulă arată că într-un mediu educațional sau profesional, atitudinea joacă un rol substanțial în obținerea performanței:

BUPT

$$Perfomanta = Competenta + Atitudine$$

Se recunoaște astfel, faptul că, pe lângă competențe, atitudinea influențează semnificativ rezultatele obținute. În educația STEM, o atitudine pozitivă și deschisă către învățare, curiozitate și inovație poate amplifica efectul competențelor dezvoltate, conducând la performanțe superioare (Baesu ș.a., 2015; S. Freeman ș.a., 2014; Gilmore ș.a., 2015; Inchausti & Sullivan, 2018; Ye ș.a., 2023).

Mărginean își extinde analiza asupra celei de-a treia formule și ajunge la concluzia că:

$$Performanta = Cunostinte + Aptitudini + Abilitati\ practice + Atitudine$$

Această formulă continuă să fie de actualitate, deoarece integrează toate componentele esențiale care contribuie la performanță. De asemenea, poate fi adaptată pentru a include competențele digitale și abilitățile de colaborare necesare în munca la distanță, subliniind necesitatea unei abordări holistice în formarea și evaluarea performanței (Burke & Litwin, 1992; Gorski & Dumitrascu, 2023; Micari ș.a., 2016; Norman, 2023; Sarfraz ș.a., 2021).

4.2.1.1. Conexiune între structura dinamică a competențelor după Modelul PISA și cercetarea teoretico-aplicativă privind munca la distanță și educația STEM

În contextul educațional actual, marcat și de tranziția rapidă către învățământul la distanță, de integrarea din ce în ce mai pronunțată a inteligenței artificiale și de accentul pe educația STEM integrată, evaluarea și dezvoltarea competențelor esențiale pentru educatori și studenți devine imperativă. La nivel național, european și mondial, educația trece printr-o transformare profundă, impulsionată de necesitatea de a pregăti elevii și studenții pentru un viitor dominat de tehnologie și inovație. Această investigație aplicativă analizează în profunzime aceste transformări educaționale prin intermediul a două instrumente de colectare a datelor, structurate sub forma unor chestionare distincte.

Primul chestionar, ***„Identificarea nevoilor de formare pentru educatorii, managerii și lucrătorii de la distanță”***, realizat în cadrul proiectului Erasmus VirtualEDU „Schema de actualizare și certificare pentru educatorii virtuali” (numărul proiectului 2022-1-RO01-KA220-HED-000086331), a servit ca sursă de inspirație metodologică (www.virtual-edu.eu). Acesta a subliniat importanța adaptării formării profesionale pentru educatorii implicați în învățământul la distanță.

Al doilea chestionar, ***„Strategii de Dezvoltare Sinergică: Competențe Cheie pentru Învățământul la Distanță și Educația STEM”***, este dezvoltat integral în cadrul cercetării mele aplicative pentru teză. Acesta își propune să identifice și să promoveze strategiile de dezvoltare a competențelor cheie necesare în educația STEM și învățământul la distanță, răspunzând astfel la provocările emergente ale educației contemporane.

Prin utilizarea modelului PISA ca reper metodologic, cercetarea de față examinează structura dinamică a competențelor necesare în educația modernă și modul în care acestea pot fi dezvoltate și integrate eficient în sistemele educaționale. Modelul PISA oferă cadrul de bază pentru evaluarea competențelor

BUPT

elevilor, care include nu doar cunoștințele fundamentale, ci și abilitățile cognitive și non-cognitive esențiale pentru succesul în diverse contexte educaționale și profesionale.

Această cercetare aplicativă se concentrează pe două direcții majore:

1. Evaluarea și dezvoltarea competențelor educatorilor și managerilor pentru a susține învățământul la distanță.

2. Identificarea și promovarea strategiilor de dezvoltare a competențelor cheie în educația STEM, esențiale pentru pregătirea elevilor pentru un viitor dominat de tehnologie și inovație.

Astfel, cercetarea oferă o bază solidă pentru elaborarea de politici educaționale și programe de formare care să răspundă cerințelor și provocărilor actuale ale educației la nivel național și european.

4.2.1.2. Structura dinamică a competențelor după Modelul PISA

Modelul PISA se concentrează pe evaluarea competențelor elevilor de 15 ani în trei domenii principale: lectură, matematică și științe. Acesta definește competențele nu doar ca un set static de cunoștințe, ci ca un construct dinamic care include abilități cognitive și non-cognitive, atitudini și valori, necesare pentru a naviga și a rezolva probleme în contexte diverse și complexe (OECD Publishing, 2019, 2024). Conform modelului PISA, prezentat în figura 4.3, se disting trei tipuri de competențe:

1. Cunoștințe fundamentale: Înțelegerea conceptelor de bază în domeniile respective;
2. Abilități cognitive: Capacitatea de a aplica cunoștințele pentru a rezolva probleme și pentru a lua decizii informate;
3. Abilități non-cognitive: Atitudini, motivații și comportamente care influențează învățarea continuă și performanța.

4.2.1.3. Conexiunea modelului PISA cu cercetarea aplicativă privind munca și învățământul la distanță și educația STEM

Cercetarea aplicativă pe tema ***„Strategii de dezvoltare sinergică: Competențe cheie pentru învățământul la distanță și educația STEM”*** își propune să identifice și să promoveze strategiile care dezvoltă competențele necesare educatorilor și elevilor pentru a excela în mediul educațional modern.

Conexiunea între modelul PISA și cercetarea aplicativă se realizează prin următoarele repere:

- ***Cunoștințe fundamentale***, deoarece modelul PISA subliniază importanța cunoștințelor fundamentale în matematică, științe și citire, iar cercetarea aplicativă identifică necesitatea ca educatorii STEM să aibă o înțelegere profundă a conceptelor pe care le predau și să fie capabili să transmită aceste cunoștințe într-un mod clar și accesibil în mediul online;
- ***Abilități cognitive***, întrucât modelul PISA evaluează capacitatea elevilor de a aplica cunoștințele în contexte noi și de a rezolva probleme, în timp ce cercetarea aplicativă analizează strategiile didactice care ajută la dezvoltarea abilităților cognitive ale elevilor în mediul online, cum ar fi utilizarea tehnologiilor interactive și a metodologiilor problem-based learning (PBL, învățarea bazată pe probleme), și

BUPT

- ***Abilități non-cognitive***, pentru că modelul PISA include atitudini, motivație și comportamente care sprijină învățarea continuă și cercetarea aplicativă explorează modul în care educatorii pot sprijini dezvoltarea competențelor non-cognitive ale elevilor, cum ar fi autonomia, disciplina și motivația, prin utilizarea unor platforme de învățare adaptative și prin crearea unui mediu de învățare pozitiv și incluziv.

În ceea ce privește modelul PISA și munca la distanță se poate afirmă că modelul PISA se concentrează pe evaluarea competențelor esențiale ale elevilor în domeniile citire, matematică și științe, incluzând abilități cognitive și non-cognitive necesare pentru rezolvarea problemelor în contexte diverse. Aceste competențe sunt esențiale nu doar pentru succesul academic, ci și pentru adaptarea la provocările muncii la distanță (remote).

În contextul muncii la distanță, competențele evaluate de PISA, precum gândirea critică, capacitatea de a lucra autonom, abilitățile de rezolvare a problemelor și utilizarea eficientă a tehnologiei, devin deosebit de importante. Munca la distanță necesită angajați care pot comunica eficient prin intermediul platformelor digitale, care pot gestiona sarcini și proiecte fără supraveghere directă și care pot naviga prin volume mari de informații pentru a lua decizii informate. Astfel, competențele dezvoltate și evaluate conform modelului PISA formează fundamentul pentru o adaptare eficientă la cerințele muncii la distanță în diverse domenii profesionale. Această legătură subliniază relevanța competențelor evaluate de PISA în contextul actual al muncii la distanță, evidențiind continuitatea și aplicabilitatea lor în afara mediului educațional. Aceste chestionare oferă informații valoroase despre percepțiile și experiențele elevilor și profesorilor, contribuind la evaluarea eficacității intervențiilor educaționale și la identificarea nevoilor specifice în diferite contexte educaționale.

Capitolul de cercetare aplicativă va oferi o înțelegere aprofundată a interdependenței dintre munca la distanță și educația STEM, punând în evidență competențele esențiale necesare pentru educatori. Prin intermediul acestei analize, se va putea contribui la dezvoltarea unor strategii educaționale adaptabile și eficiente, aliniate cerințelor actuale ale sistemului educațional și ale pieței muncii. De asemenea, cercetările aplicative incluse în acest capitol au avut ca scop obținerea unei imagini de ansamblu asupra diversității și similarităților în implementarea educației STEM integrate în diferite contexte educaționale. Această comparație va contribui la evaluarea eficacității intervențiilor educaționale și la identificarea nevoilor specifice în educația STEM, la nivel european, național și local, sprijinind formularea de concluzii bine fundamentate și aducând o contribuție valoroasă și inovatoare la domeniul educației STEM.

4.2.1.4. Obiectivele cercetării aplicative

Obiectivul operațional al acestei cercetări, **OP5**, constă în analiza și compararea datelor provenite din cele două surse distincte de chestionare privind evaluarea și identificarea nevoilor de formare ale educatorilor, managerilor și lucrătorilor de la distanță, precum și promovarea strategiilor de dezvoltare sinergică a competențelor cheie, pentru îmbunătățirea educației la distanță și STEM.

(OP5), care se referă la testarea și validarea metodologiilor propuse, conectat cu (OP9), extinde cercetarea aplicativă la nivel național pentru a obține o imagine mai detaliată asupra implementării.

BUPT

OP9. Extinderea cercetării aplicative privind eficientizarea educației STEM la nivel național, pentru a obține o imagine mai detaliată și reprezentativă asupra implementării acesteia în diverse contexte educaționale.

Prima sursă o reprezintă răspunsurile la întrebările din chestionarul din cadrul proiectului VirtualEDU[37], intitulat ***„Identificarea nevoilor de formare pentru educatorii, managerii și lucrătorii de la distanță”*** și reprezintă o inițiativă remarcabilă în cadrul proiectului Erasmus privind „Schema de actualizare și certificare pentru educatorii virtuali” (numărul proiectului 2022-1-RO01-KA220-HED-000086331).

Scopul acestui chestionar este să identifice competențele esențiale pentru managerii și educatorii implicați în activități desfășurate într-un mediu de lucru la distanță, facilitând astfel o abordare eficientă și eficace a acestui tip de activități. Participanții la sondaj nu sunt doar din mediul universitar, ci reprezintă o gamă variată de entități: Universitatea de Vest din Timișoara, Universitatea Politehnica Timișoara, Universitatea din Rijeka (Uniri), BICERO, ECQA, Denkstatt România, evidențiind astfel interesul și implicarea unor angajatori relevanți din domeniul educației și al organizațiilor neguvernamentale. Având în vedere că mulți dintre participanți sunt din România, acest chestionar devine relevant atât pentru mediul universitar din țară, cât și pentru analiză la nivel european. Această relevanță se datorează atât participării preponderente a entităților românești, cât și nevoii de a identifica nevoile specifice de formare în contextul educației la distanță în România. *A doua sursă* o reprezintă răspunsurile chestionarului din cercetarea aplicativă proprie a autoarei, intitulat: „**Strategii de dezvoltare sinergică: competențe cheie pentru învățământul la distanță și educația STEM (știință, tehnologie, inginerie și matematică)” ,** care poate fi accesat la următorul link[38] și este anexat prezentei lucrări (Anexa 8). Compararea rezultatelor comune acestui chestionar cu cele din proiectul VirtualEDU considerăm că va furniza o perspectivă valoroasă asupra similarităților și diferențelor între nevoile de formare ale personalului universitar și preuniversitar în ceea ce privește munca la distanță și competențele cheie pentru viitorul nu foarte îndepărtat. Acest obiectiv general subliniază importanța comparării și analizei datelor din cele două seturi de chestionare, precum și scopul lor de a oferi o imagine comprehensivă a implementării educației STEM în diferite contexte educaționale.

Pentru a atinge obiectivul general enunțat **(OP5)**, putem distinge următoarele trei obiective operaționale specifice cercetării aplicative:

O51. Analiza datelor din chestionarul proiectului Erasmus, VirtualEDU;

O52. Colectarea și analiza datelor din cercetarea proprie desfășurată în învățământul preuniversitar din România, la nivel național și local;

O53. Compararea datelor și elaborarea unei analize.

Aceste obiective operaționale vor ghida procesul de cercetare și vor facilita atingerea obiectivului general al cercetării aplicative.

Analiza și informațiile obținute din chestionarul desfășurat în cadrul proiectului VirtualEDU au servit ca un fundament solid și o sursă inspirațională pentru dezvoltarea celui de-al doilea set de date, concentrat pe mediul educațional preuniversitar din România, la nivel regional și local. Datele și concluziile extrase din proiectul VirtualEDU au furnizat o perspectivă amplă și detaliată asupra muncii la distanță, evidențiind practici eficiente, provocări și nevoi de dezvoltare. Acest

[37] www.virtual-edu.eu

[38] https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdkcPj_n7MFZ_KDbCk-Pkyt4nwDeFsxmKC8NFz4WeoK8zEr6A/viewform?usp=pp_url

BUPT

lucru a servit drept inspirație și punct de plecare pentru investigarea similară în contextul educației preuniversitare din România, permitând o analiză comparativă și o înțelegere mai profundă a modului în care educația STEM este implementată și percepută la nivel național și local. Astfel, chestionarul din proiectul VirtualEDU a fost nu doar o sursă de informații valoroase, ci și un catalizator pentru explorarea și îmbogățirea cunoștințelor în domeniul educației STEM în contextul preuniversitar din România. Compararea rezultatelor acestor seturi de date, conduce la obținerea unei imagini de ansamblu asupra diversității și similarităților în implementarea educației STEM integrate, atât la nivel european cât și local. Această comparație nu doar că sprijină formularea unor concluzii bine fundamentate, dar și asigură că cercetarea prezentată aduce o contribuție valoroasă și inovatoare la domeniul educației STEM, așa cum prezentăm în secțiunea următoare.

4.2.2. Context și justificare

Invenții precum internetul și telefonul au facilitat munca la distanță, oferind posibilitatea angajaților de a colabora eficient din locații diverse. Internetul, născut la sfârșitul secolului al XX-lea, a transformat radical comunicarea globală, accesul la informații și colaborarea la distanță. De exemplu, internetul a permis dezvoltarea unor platforme educaționale online, oferind acces la resurse educaționale pentru elevi din întreaga lume.

Telefonul, inventat de Alexander Graham Bell în 1876, a revoluționat comunicarea, permițând interacțiunea vocală la distanță. Astăzi, tehnologiile derivate din această invenție, precum smartphone-urile, sunt esențiale în facilitarea comunicării și colaborării, inclusiv în contextul educațional și profesional.

Educația STEM, esențială în contextul tehnologiilor emergente, pregătește elevii pentru a face față cerințelor unei economii globale digitalizate. Programele STEM dezvoltă competențe critice în domenii precum programarea, analiza datelor și ingineria, competențe fundamentale pentru inovație și dezvoltare tehnologică.

Invențiile au modelat progresul tehnologic și economic de-a lungul timpului, evidențiind dinamica dezvoltării de la începuturile istoriei umane până în prezent.

De-a lungul istoriei, numeroase invenții revoluționare au modelat semnificativ dezvoltarea umană și au influențat diverse aspecte ale societății. Printre cele mai notabile se numără roata, tiparul, penicilina, busola, becul electric, telefonul, motorul cu ardere internă, contraceptivele, internetul, cuiele, curentul electric continuu și curentul electric alternativ. Fiecare dintre acestea a jucat un rol deosebit în transformarea transportului, comunicării, medicinei, navigației și altor domenii esențiale (Carayannis, 2020; Rauen, 2014; Simonis, 1938).

Detalii despre fiecare invenție menționată, incluzând cine, unde și când a fost inventată, sunt prezentate în tabelul următor:

Tabelul 4. 4 Invenții, inventatori și tipul de competență asociată

Nr. crt.	Invenție	Inventator	Locul invenției	Data	Impactul asupra societății	Tipul de competență asociată
1	Roata	Inventator necunoscut	Mesopotamia (actualul Irak)	Aprox 3500 î.Hr.	Transformarea transportului și a industriei.	Competențe inginerești și mecanice

BUPT

2	Tiparul	Johannes Gutenberg	Mainz, Germania	1440	Revoluționarea diseminării cunoștințelor și a educației.	Competențe literare și editoriale
3	Penicilina	Alexander Fleming	Londra, Marea Britanie	1928	Avans major în medicina modernă și tratarea infecțiilor bacteriene.	Competențe medicale și biologice
4	Busola	Inventator necunoscut	China	Aprox sec al II-lea î.Hr.	Facilitarea navigației și explorării maritime.	Competențe de navigație și orientare
5	Becul electric	Thomas Edison	Menlo Park, New Jersey, SUA	1879	Extinderea utilizării energiei electrice și iluminarea eficientă.	Competențe de inginerie electrică și fizică
6	Telefonul	Alexander Graham Bell	Boston, SUA	1876	Revoluțion-area comunicațiilor la distanță.	Competențe în tele-comunicații și tehnologia informației
7	Motorul cu ardere internă	Nikolaus Otto	Germania	1876	Dezvoltarea transportului modern, inclusiv automobilele.	Competențe inginerești și mecanice
8	Contra-ceptivele	Gregory Pincus și John Rock	SUA	1960	Schimbări majore în planificarea familială și controlul natalității.	Competențe medicale și farma-cologice
9	Internetul	Vint Cerf și Bob Kahn	SUA	1969	Transformarea comunicațiilor globale și accesului la informație.	Competențe în informatică și tehnologia informației
10	Cuiele	Inventator necunoscut	Mesopotamia	Aprox. 3000 î.Hr.	Fundamentale în construcții și diverse aplicații industriale.	Competențe inginerești și de construcții
11 a	Curentul electric continuu (DC)	Aloxandro Volta	Italia	1800	Dezvoltarea primelor baterii și dispozitive care folosesc curent continuu.	Competențe în electricitate și electro-chimie
11 b	Curentul electric continuu (DC)	Michael Faraday	Regatul Unit	1831	Dezvoltarea primelor generatoare și motare DC.	Competențe în electro-magnetism și inginerie electrică
12 a	Curentul electric alternativ (AC)	Nicola Tesla	Statele Unite (New York)	Anii 1880	Transmiterea electricității pe distanțe mari. Revoluționarea infrastructurii energetice globală și facilitarea electrificării urbane și rurale.	Competențe în inginerie electrică, electro-magnetism și inovație
12 b	Curentul electric alternativ (AC)	George Westinghouse	Statele Unite (Pittsburg)	Anii 1880	Contribuție la adoptarea AC ca standard pentru distribuția de energie electrică. Tranziția către societatea modernă alimentată de electricitate.	Competențe în inginerie electrică, mangement industrial

BUPT

Aceaste informații oferă o perspectivă clară asupra modului în care fiecare invenție a contribuit la dezvoltarea diferitelor competențe și subliniază relevanța istorică și educațională a fiecărei inovații tehnologice. Conexiunea între competențe și invenții, inovarea și transferul tehnologic este esențială din mai multe motive, mai ales atunci când privim aceste aspecte dintr-o perspectivă dinamică educațională.

Vom analiza, în continuare, importanța acestei conexiuni între competențe și invenții prin prisma dezvoltării integrate a trei dintre cele mai importante, așa cum se poate observa și din figura următoare:



Figura 4. 4 Competențele tehnice, interpersonale și verzi

- ***Competențele tehnice ("hard skills")*** sunt abilități tehnice și specializate necesare pentru a utiliza și a inova tehnologiile. De exemplu, dezvoltarea motorului cu ardere internă a necesitat competențe inginerești avansate, iar dezvoltarea internetului a necesitat competențe în informatică și tehnologia informației.

- ***Competențele interpersonale ("soft skills")*** includ abilități interpersonale, de comunicare și trăsăturile de caracter, care sunt esențiale pentru colaborare și inovare. Invenții precum telefonul și internetul au facilitat dezvoltarea competențelor soft prin îmbunătățirea comunicării globale și a colaborării la distanță.

- ***Competențele verzi ("green skills")***, esențiale în contextul actual al sustenabilității și schimbărilor climatice, sunt imperative pentru evaluarea invențiilor și inovațiilor tehnologice prin prisma impactului lor asupra mediului. Dezvoltarea tehnologiilor sustenabile, cum ar fi sursele de energie regenerabilă, necesită competențe green, care integrează cunoștințe avansate de mediu și sustenabilitate.

- Conectarea competențelor cu invențiile și inovațiile tehnologice pregătește elevii și studenții pentru provocările viitorului. Într-o lume în continuă schimbare, unde noile tehnologii apar rapid, este esențial ca educația să fie dinamică și adaptabilă, încurajând dezvoltarea unor competențe relevante și actualizate.

- Integrarea competențelor în educație permite studenților să înțeleagă nu doar cum să folosească tehnologiile existente, ci și cum să contribuie la dezvoltarea lor și să se adapteze la noi inovații.

BUPT

- Inovația și transferul tehnologic depind de competențele indivizilor și echipelor implicate. Competențele ***„hard”*** permit dezvoltarea și perfecționarea tehnologiilor, în timp ce competențele ***„soft”*** facilitează colaborarea și comunicarea între diverse echipe și domenii.

- Competențele ***„green”*** devin din ce în ce mai importante în transferul tehnologic, deoarece societatea globală pune un accent crescut pe soluții sustenabile și ecologice. Inovatorii trebuie să fie conștienți de impactul ecologic al tehnologiilor lor și să dezvolte soluții care să minimizeze acest impact.

- Istoria ne arată că invențiile care au avut cel mai mare impact asupra societății au fost cele care au dezvoltat și integrat diverse competențe. De exemplu, tiparul lui Gutenberg nu a revoluționat doar industria editorială, ci a avut un impact profund asupra educației și diseminării cunoștințelor, dezvoltând competențe literare și editoriale.

- Educația trebuie să recunoască și să învețe din aceste exemple istorice, adaptându-se pentru a cultiva competențele necesare în era digitală și a inovațiilor rapide.

Realizarea conexiunii între competențe (hard, soft, green etc.) și invenții, inovarea și transferul tehnologic este fundamentală pentru a crea un sistem educațional dinamic și relevant. Acest lucru nu doar pregătește studenții pentru a face față provocărilor viitorului, dar și promovează o cultură a inovării și sustenabilității, esențială pentru progresul tehnologic și economic al societății.

Analizarea și cercetarea acestor subiecte sunt edificatoare în cadrul cercetărilor aplicative pentru mai multe motive:

i) **Competențele** reprezintă abilitățile și cunoștințele necesare pentru succesul academic și profesional în diverse domenii, inclusiv STEM. Într-o lume în continuă schimbare, dezvoltarea competențelor adecvate este fundamentală pentru a pregăti elevii și studenții să facă față provocărilor viitoare și să se adapteze la noi tehnologii și metode de lucru.

ii) **Munca la distanță** a devenit o realitate omniprezentă, accelerată de evenimente globale recente, cum ar fi pandemia de COVID-19. Aceasta implică utilizarea tehnologiilor digitale pentru a facilita colaborarea și productivitatea fără a fi necesară prezența fizică. În contextul educației, munca la distanță necesită competențe specifice, cum ar fi autonomia, gestionarea timpului și utilizarea eficientă a tehnologiilor informatice.

iii) **Educația STEM** este esențială pentru formarea unei forțe de muncă competente în domenii tehnice și științifice. Integrarea STEM în curricula educațională stimulează gândirea critică, inovația și rezolvarea de probleme, competențe esențiale pentru viitor.

Cele trei concepte sunt interconectate prin faptul că dezvoltarea competențelor STEM este esențială pentru a performa eficient în munca la distanță și pentru a răspunde cerințelor pieței muncii moderne. Chestionarele care se concentrează pe aceste aspecte oferă o perspectivă holistică asupra modului în care elevii și profesorii percep și se adaptează la noile cerințe educaționale și profesionale.

Analizarea și cercetarea acestor subiecte în cadrul cercetărilor aplicative sunt necesare pentru a înțelege mai bine cum pot fi îmbunătățite metodele de predare și învățare, cum pot fi integrate eficient noile tehnologii și cum pot fi dezvoltate competențele necesare pentru munca la distanță. Prin aceste analize, se pot formula recomandări practice și strategii educaționale care să răspundă nevoilor

BUPT

specifice ale diferitelor contexte educaționale și să contribuie la o educație de calitate, relevantă și adaptată secolului XXI.

4.2.3. Investigarea nevoilor și motivațiilor pentru dezvoltarea competențelor cheie în educația preuniversitară din România

4.2.3.1 Prezentarea instrumentului de colectare de date (chestionarului)

Chestionarul utilizat și anexat în această cercetare aplicativă (Anexa 8), constă dintr-un număr total de nouăsprezece întrebări, structurate în patru secțiuni principale:

I. ***Întrebări demografice:*** Această secțiune cuprinde patru întrebări (nr. 1, 2, 10 și 11) care colectează informații despre vârsta, genul, nivelul de învățământ preuniversitar al respondenților, precum și aria curriculară unde activează. Aceste întrebări sunt esențiale pentru a caracteriza eșantionul și a permite analiza diferențiată în ceea ce privește gradul de implicare în educația STEM integrată.

II. ***Întrebări de percepție:*** Această secțiune include șase întrebări (nr. 6, 7, 12, 13, 14, și 15) menite să capteze opiniile și atitudinile respondenților față de subiectul cercetării. Întrebările sunt formulate pe scala Likert, permițând respondenților să-și exprime gradul de acord sau dezacord cu diverse afirmații.

III. ***Întrebări de comportament:*** În această secțiune se găsesc cinci întrebări (nr. 3, 4, 5, 8, și 9) care explorează comportamentele și obiceiurile respondenților în legătură cu subiectul studiat. Întrebările sunt orientate spre frecvența și natura acțiunilor specifice, oferind date concrete pentru analiză.

IV. ***Întrebări pentru opinii și perspective detaliate:*** Ultima secțiune conține patru întrebări (nr. 16, 17, 18, și 19) care permit respondenților să-și exprime liber opiniile și sugestiile. Aceste răspunsuri sunt esențiale pentru a obține o înțelegere profundă și nuanțată a perspectivei respondenților.

Întrebările din chestionar au fost formulate pentru a răspunde direct obiectivelor cercetării. Întrebările demografice permit segmentarea clară a eșantionului, esențială pentru analiza diferențiată între subgrupuri. Întrebările de percepție sunt critice pentru a înțelege atitudinile și opiniile respondenților, oferind o bază solidă pentru interpretarea datelor în contextul studiului. Întrebările de comportament oferă informații concrete despre acțiunile respondenților, permițând corelarea acestora cu variabilele percepute și demografice. Întrebările privind opiniile și perspectivele respondenților subliniază că secțiunea este dedicată colectării de răspunsuri elaborate, concentrându-se pe gândurile și percepțiile lor.

Prin această structură, chestionarul asigură colectarea unor date relevante și complete, facilitând o analiză detaliată și inferențială în cadrul tezei.

BUPT

4.2.3.2 Repere metodologice

Această secțiune descrie metodologia utilizată pentru a colecta și analiza datele în cadrul cercetării aplicative, centrată pe competențele necesare pentru munca la distanță în formarea profesională a viitorilor educatori STEM. Metodologia de cercetare este esențială pentru a asigura validitatea și fiabilitatea rezultatelor obținute, permite formularea de concluzii bine fundamentate și recomandări pertinente. Secțiunea începe prin a descrie contextul și scopul cercetării, urmată de detalii privind proiectarea cercetării, populația și eșantionul, instrumentele de colectare a datelor, procedurile de colectare, metodele de analiză a datelor, considerațiile etice și limitările studiului.

1) Contextul și scopul cercetării:

Așa cum am arătat mai sus, problema de cercetare se concentrează pe competențele necesare pentru desfășurarea muncii la distanță (remote work) și importanța acestora în formarea profesională a viitorilor educatori STEM. Scopul studiului este de a analiza cum aceste competențe sunt percepute și dezvoltate în rândul profesorilor și de a identifica pașii necesari pentru educația STEM integrată, și de a sublinia necesitatea dezvoltării competențelor specifice pentru munca la distanță.

2) Proiectarea, tipul și ipotezele cercetării

Aceasta este o cercetare mixtă, combinând atât metode cantitative (date statistice din chestionar) cât și calitative (analiza răspunsurilor deschise).

Am formulat:

- ✓ ***Ipoteză principală***: Competențele necesare pentru munca la distanță sunt esențiale pentru formarea eficientă a viitorilor educatori STEM

și

- ✓ ***Ipoteză secundară***: Profesorii percep orele de STEM și competențele de munca la distanță ca fiind benefice pentru dezvoltarea profesională continuă și pentru pregătirea elevilor pentru viitoarele provocări tehnologice.

3) Populația și eșantionul

3a) Definirea populației: Respondenții sunt profesori din județul Caraș-Severin.

3b) Metoda de eșantionare: Invitația de participare la completarea chestionarului a fost comunicată pe cale oficială, prin email, de către Inspectoratul Școlar Județean (ISJ) și ulterior, la a doua intervenție, a fost transmisă directorilor de școli din județ, prin canalul de comunicare WhatsApp, cu acordul conducerii ISJ.

3c) Dimensiunea eșantionului: Au ales să răspundă la chestionar 361 de respondenți. Dimensiunea eșantionului a fost determinată de disponibilitatea și alegerea liberă de a participa a fiecărui profesor.

3d) Formula de eșantionare, definirea parametrilor din formulă și calcule:

În această secțiune, se descrie cum a fost determinată dimensiunea eșantionului și sunt precizate calculele statistice utilizate pentru a justifica eșantionul ales.

Formula de eșantionare este următoarea (Piroska, 2022) și (Alreck & Settle, 2003):

$$n = \frac{N\frac{z^2 p(1-p)}{e^2}}{\frac{z^2 p(1-p)}{e^2} + N - 1}$$

BUPT

unde :

n reprezintă dimensiunea eșantionului;

N reprezintă dimensiunea populației de profesori;

z reprezintă coeficientul nivelului de încredere (în procente, 95% = 1,96);

p reprezintă proporția eșantionului (în procente, 50% = 0,5);

e reprezintă marja de eroare (în procente, 5% = 0,05).

Se va aplica formula pentru a calcula dimensiunea eșantionului necesar, folosind datele din răspunsurile la chestionar (Bashir, 2001).

3e) Definirea parametrilor, justificarea valorilor și aplicarea formulei

N = 2806: reprezintă ***dimensiunea populației de profesori în Caraș-Severin***, calculată conform datelor oficiale ale Ministerului Educației[39], în noiembrie 2023 și este alcătuită din personalul didactic de predare pe perioadă nedeterminată = 2091, plus personalul didactic de predare pe perioadă determinată = 715.

Am considerat că se impune o comparație și previziuni bazate pe datele furnizate de către Ministerul Educației la nivel național și pe cele din județul Caraș-Severin, care se regăsesc la secțiunea de analiză cantitativă a cercetării aplicative, art. 4.2.3.2. și care se referă la răspunsurile primite privind informațiile generale ale chestionarului, respectiv informațiile despre participanți.

Pentru **z = 1,96**: care reprezintă ***coeficientul corespunzător nivelului de încredere.*** Pentru un nivel de încredere de 95%, valoarea z este 1,96. Aceasta provine din distribuția normală standard, care asigură că 95% din datele eșantionului se află în acest interval. Un nivel de încredere de 95% este standard în multe cercetări academice și oferă un echilibru între precizie și practicabilitate.

Pentru **p = 0,5**: ***Proporția estimată a populației care prezintă caracteristica de interes.*** Utilizarea valorii de 0,5 pentru proporție este o practică comună pentru a asigura cea mai mare variabilitate posibilă și pentru a obține cea mai conservatoare dimensiune a eșantionului (proporția maximă, care dă dimensiunea maximă a eșantionului).

Pentru **e = 0,05**: ***Marja de eroare acceptată***. O marjă de eroare de 5% este acceptabilă în multe studii sociale și educaționale, asigurând un nivel de precizie adecvat.

3f) Aplicarea formulei și calculul eșantionului necesar

Folosind formula:

$$n = \frac{N\,\frac{z^2 p(1-p)}{e^2}}{\frac{z^2 p(1-p)}{e^2} + N - 1}$$

Respectiv:

$$n = N\,\frac{z^2 p(1-p)}{e^2} : \left(\frac{z^2 p(1-p)}{e^2} + N - 1\right)$$

Calculăm pas cu pas, înlocuind în formulă:

$$\boldsymbol{n} = \left(\frac{2806 \times 1{,}96^2 \times 0{,}5 \times (1-0{,}5)}{0{,}05^2}\right) \div \left(\frac{1{,}96^2 \times 0{,}5 \times (1-0{,}5)}{0{,}05^2} + 2806 - 1\right) \approx \mathbf{337{,}72}$$

În consecință, eșantionul de 361 de respondenți este suficient pentru o marjă de eroare de 5% și un coeficient al nivelului de încredere de 95%, asigurând reprezentativitatea și fiabilitatea rezultatelor cercetării (Moore ș.a., 2013).

[39] https://www.edupedu.ro/cel-mai-mare-numar-de-profesori-suplinitori-din-ultimii-5-ani-care-predau-in-scolile-din-romania-sunt-aproape-44-600-de-cadre-didactice-angajate-pe-perioada-determinata-in-anul-scolar-2023-2024/

BUPT

4) Instrumentul de colectare a datelor

4a) Descrierea chestionarului: Chestionarul conține întrebări închise, întrebări deschise și întrebări cu scala Likert.

4b) Validarea chestionarului: Chestionarul a fost verificat în cadrul UPT și managementului proiectului VirtualEDU.

5) Procedura de colectare a datelor

5a) Metodologia de administrare: Invitația de participare la completarea chestionarului a fost comunicată pe cale oficială, prin email, de către ISJ și ulterior, la a doua intervenție, a fost transmisă directorilor de școli din județ, prin WhatsApp, cu acordul conducerii ISJ.

5b) Calendarul colectării datelor: Colectarea datelor a avut loc în perioada 15 aprilie 2024 – 30 mai 2024 (pentru detalii suplimentare referitoare la calendar și preferințele elevilor privind disciplinele opționale, a se vedea Anexa 7, 8 și 9).

6) Analiza datelor

6a) Tehnici de analiză: Datele colectate au fost analizate folosind tabele și grafice obținute în Excel. Întrebările deschise au fost analizate calitativ prin codificarea răspunsurilor și identificarea temelor recurente.

6b) Software utilizat: Excel a fost utilizat pentru descărcarea și analiza răspunsurilor.

6c) Analiza secundară a datelor: Pentru a oferi o perspectivă comparativă, am realizat o analiză secundară a datelor din proiectul VirtualEDU. Aceasta a inclus o analiză detaliată a competențelor necesare pentru munca la distanță, relevate de chestionarul VirtualEDU, și compararea acestora prin triangulare cu datele colectate prin chestionarul nostru, analiză care se regăsește în secțiunea analizei cantitative 4.2.3.4.1.

7) Considerații Etice

7a) Acordul informat: Consimțământul informat a fost obținut prin introducerea chestionarului, care a explicat scopul studiului, confidențialitatea datelor și dreptul respondenților de a se retrage în orice moment.

7b) Confidențialitatea și anonimatul: Datele personale ale participanților au fost protejate prin anonimizarea răspunsurilor și păstrarea confidențialității acestora.

8) Posibile erori și limitări

În ceea ce privește selecția participanților, respondenții au fost cei care au ales să răspundă, ceea ce poate introduce un element de auto-selecție.

9) Rezultate anticipate

În interpretarea așteptărilor rezultatelor obținute, se anticipează că analiza va arăta că profesorii consideră competențele de munca la distanță ca fiind esențiale pentru formarea profesională a educației STEM și că aceste competențe sunt benefice pentru dezvoltarea profesională continuă.

10) Concluzii

10a) Sumarizarea metodologiei: Studiul a utilizat un instrument de colectare a datelor (un chestionar online) distribuit prin email (Menon & Muraleedharan, 2020) și Whatsapp, a colectat răspunsuri de la 361 de profesori și a folosit metode mixte de analiză, cu accent pe tehnici cantitative și calitative.

10b) Implicarea pentru cercetările viitoare: Considerăm că se recomandă extinderea studiului la nivel național și realizarea unor studii longitudinale pentru a evalua impactul pe termen lung al competențelor de muncă la distanță asupra formării educației STEM.

11. Referințe

BUPT

Această secțiune de referințe este esențială pentru a oferi credibilitate și context metodologiei și rezultatelor cercetării. În cadrul acestei lucrări, am utilizat o combinație de date primare colectate prin intermediul chestionarului propriu și date secundare provenite din proiectul VirtualEDU. De asemenea, ne-am bazat pe o varietate de resurse bibliografice pentru a fundamenta teoretic și metodologic studiul (Allen ș.a., 2015; Bailey & Kurland, 2002; Bell & Bryman, 2007; Bryman, 2016; Bybee, 2013; Creswell, 2003; Honey ș.a., 2014; PH. and Chang, 2009).

11a) Proiectul VirtualEDU și analiza secundară a datelor:

Datele din proiectul VirtualEDU au fost utilizate pentru a efectua o analiză comparativă cu datele colectate prin chestionarul propriu. Proiectul VirtualEDU oferă o bază solidă de date privind competențele necesare pentru munca la distanță în contextul educației STEM. Aceste date sunt esențiale pentru a înțelege modul în care aceste competențe sunt percepute și dezvoltate de către profesori, oferind astfel un punct de referință valoros pentru analiza noastră (www.virtual-edu.eu).

11b) Literatura de specialitate

11b1) Metode de cercetare: Pentru a fundamenta metodologic cercetarea, ne-am bazat pe lucrări fundamentale din domeniul metodologiei cercetării, cum ar fi cele de Creswell (2014) și Bryman (2016). Aceste resurse oferă ghiduri detaliate privind designul cercetării, colectarea și analiza datelor și considerațiile etice.

11b2) Teoria educației STEM: Lucrările de autoritate din domeniul educației STEM, cum ar fi Bybee (2013) și Honey, Pearson, și Schweingruber (2014), au fost utilizate pentru a defini și contextualiza importanța educației STEM în formarea profesională a profesorilor. Aceste resurse subliniază necesitatea integrării competențelor STEM în curriculum și formarea continuă a cadrelor didactice.

11b3) Competențe pentru munca la distanță: Studiile privind competențele necesare pentru munca la distanță, cum ar fi cele de Bailey și Kurland (2002) și Allen, Golden, și Shockley (2015), au fost esențiale pentru a înțelege cerințele specifice ale muncii la distanță și impactul acesteia asupra performanței și satisfacției profesionale. Aceste lucrări au oferit un cadru teoretic pentru analizarea competențelor pe care profesorii trebuie să le dezvolte pentru a fi eficienți în mediul de muncă la distanță.

11c) Surse de date statistice și analitice

Utilizarea software-ului Excel: Am folosit Excel pentru colectarea și analiza datelor din chestionar. Resursele și manualele online pentru utilizarea Excel în analiza datelor au fost consultate pentru a asigura acuratețea și eficiența procesului analitic. Aceste surse au oferit ghiduri pas cu pas pentru crearea de tabele pivot, grafice și statistici descriptive.

11d) Considerații etice

Confidențialitate și consimțământ informat: Manualele și ghidurile etice privind cercetarea cu subiecți umani, cum ar fi Codul de Etică al Asociației Americane de Psihologie (APA) și Directivele Comitetului de Etică al Universității (ex. Bell și Bryman, 2007), au fost utilizate pentru a asigura respectarea standardelor etice în colectarea și gestionarea datelor.

Tabelul 4.5 organizează informațiile într-un mod clar și concis, permițând o înțelegere rapidă a relevanței fiecărei referințe în cadrul cercetării.

BUPT

Tabelul 4. 5 Resurse privind metode de cercetare

Nr. crt	Autor(i)	Anul apari-ției	Referința completă	Relevanță
1	Creswell, J. W.	2014	Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. SAGE Publications.	Oferă o descriere detaliată a diferitelor metode de cercetare, fiind esențială pentru structurarea și implementarea designului de cercetare mixt.
2	Bryman, A.	2016	Bryman, A. (2016). *Social Research Methods*. Oxford University Press.	Lucrarea este un ghid complet privind metodele de cercetare socială. Include tehnici de colectare și analiză a datelor, fundamentale pentru metodologia acestui studiu.
3	Bybee, R. W.	2013	Bybee, R. W. (2013). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. NSTA Press.	Discută importanța educației STEM și oferă perspective asupra implementării acesteia în curriculum. Este o justificare teoretică a studiului nostru.
4	Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H.	2014	Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. National Academies Press.	Examinează starea actuală și perspectivele integrării educației STEM. Oferă un cadru pentru analiza noastră.
5	Bailey, D. E., & Kurland, N. B.	2002	Bailey, D. E., & Kurland, N. B. (2002). A review of telework research: Findings, new directions, and lessons for the study of modern work. Journal of Organizational Behavior, 23(4), 383-400.	Analizează telemunca și competențele necesare pentru munca la distanță. Este o bază teoretică pentru analiza competențelor profesorilor.
6	Allen, T. D., Golden, T. D., & Shockley, K. M.	2015	Allen, T. D., Golden, T. D., & Shockley, K.	Revizuiește eficiența telemuncii și

BUPT

			M. (2015). *How Effective Is Telecommuting? Assessing the Status of Our Scientific Findings*. Psychological Science in the Public Interest, 16(2), 40-68.	impactul asupra performanței și satisfacției profesionale. Este relevantă pentru contextul muncii la distanță în educație.
7	Bell, E., & Bryman, A.	2007	Bell, E., & Bryman, A. (2007). *The ethics of management research: An exploratory content analysis*. British Journal of Management, 18(1), 63-77.	Resursa oferă ghiduri privind etica în cercetare. Asigură respectarea standardelor etice în studiul nostru.
8	VirtualEDU Project Data	2024	VirtualEDU Project Data (2024).	Datele din proiectul VirtualEDU sunt baza comparativă valoroasă pentru analiza noastră, inclusiv pentru triangulare. Permit o evaluare robustă a competențelor privind munca la distanță și a percepțiilor profesorilor privind educația STEM.

În continuare vom proceda la prezentarea informațiilor, a observațiilor și a concluziilor privind atât analiza cantitativă cât și analiza calitativă a răspunsurilor la întrebările instrumentului de colectare a datelor.

4.2.3.3. Analiza cantitativă a competențelor privind munca la distanță și a perspectivelor asupra educației STEM

O etapă primordială în cadrul oricărui studiu de cercetare este analiza cantitativă a datelor obținute prin intermediul chestionarelor (Diaconu-Gherasim ș.a., 2022; *FD1 - Metode Cantitative de Cercetare*, n.d.). Instrumentul nostru de colectare (chestionarul) poate fi parcurs integral în Anexa 8. Deși în mod obișnuit răspunsurile sunt analizate în ordinea numerică a întrebărilor, în cazul cercetării noastre am ales adoptarea unei abordări alternative. Totuși, pentru a urmări ordinea strict numerică a răspunsurilor, a rezultatelor adunate și aranjate în tabele și a grafice, acestea se pot urmări în mod crescător în Anexa 9. Acolo unde vizualizarea este esențială în interpretare, tabele și figurile sunt prezentate și în textul lucrării noastre, corespunzător necesităților.

Vom începe cu analiza răspunsurilor referitoare la importanța educației STEM (întrebarea nr. 13), coroborate cu datele demografice ale participanților, respectiv

BUPT

informațiile privind ariile curriculare, nivelul de învățământ, vârsta și genul participanților (întrebările nr. 1, 2, 14 și 15). În acest sens aducem următoarele argumente:

i) Primul pas în această abordare constă în analiza răspunsurilor întrebării nr. 13 privind importanța educației STEM. Astfel se stabilește imediat contextul general al studiului și se oferă o imagine de ansamblu asupra atitudinilor participanților față de subiectul principal al cercetării. Considerăm că această abordare creează un fundament solid pentru înțelegerea și interpretarea ulterioară a datelor.

ii) Datele demografice, respectiv ariile curriculare, nivelul de învățământ, vârsta și genul, permit segmentarea datelor încă de la începutul analizei. Procesul facilitează identificarea tendințelor și corelațiilor în restul setului de date și oferă o perspectivă detaliată și nuanțată asupra răspunsurilor obținute.

iii) Prin obținerea informațiilor demografice la începutul analizei, este posibilă filtrarea și examinarea celorlalte răspunsuri. Aceasta conduce la o analiză mai contextualizată și detaliată și permite identificarea unor tipare specifice în cadrul subgrupurilor.

iv) Datele inițiale referitoare la educația STEM și demografie ajută la identificarea factorilor care pot influența răspunsurile la alte întrebări din chestionar. Se permite astfel explorarea unor ipoteze specifice și aprofundarea înțelegerii fenomenelor studiate.

v) Abordarea propusă facilitează structurarea raportului de cercetare într-o manieră coerentă și logică. Prin construirea analizei pe baza datelor fundamentale, se creează un fir narativ clar și accesibil, care sprijină interpretarea și prezentarea concluziilor.

vi) Pentru factorii de decizie din domeniul educației (publicul țintă), informațiile de context sunt esențiale. Aceste date permit o înțelegere profundă și o interpretare corectă a restului analizelor și asigură relevanța și utilitatea ei.

vii) Datele esențiale obținute încă de la începutul analizei permit efectuarea de comparații între diferitele subgrupuri pe parcursul întregii analize. Aceasta contribuie la o înțelegere mai profundă și integrată a rezultatelor și permite evidențierea diferențelor și similarităților între grupuri.

Odată stabilit contextul general și segmentate datele demografice și având în vedere importanța lor critică pentru educația STEM, următorul pas logic în analiza noastră cantitativă este investigarea competențelor (întrebările principale nr. 5, 6, 7).

Fără aceste competențe, implementarea unei educații STEM cuprinzătoare și eficientă ar fi imposibilă. În mod general, competențele, incluzând abilitățile de muncă și educație la distanță care fac obiectul instrumentului de colectare a datelor, sunt fundamentale pentru integrarea eficientă a educației STEM. În mod particular, competențele digitale și de lucru la distanță au devenit esențiale în contextul educațional actual, caracterizat de o digitalizare accelerată. Aceste abilități permit formatorilor, elevilor și studenților să acceseze resurse educaționale variate, să colaboreze la proiecte și să participe la cursuri online, toate fiind componente critice ale educației STEM moderne. Astfel, analiza detaliată a competențelor în rândul participanților oferă o înțelegere profundă a pregătirii lor

BUPT

pentru a beneficia de programele STEM și a capacității lor de a aplica aceste cunoștințe în contexte reale.

Abordarea descrisă anterior, combinată cu analiza aprofundată a competențelor, permite construirea unei analize cantitative structurată și relevantă, care oferă o imagine completă a datelor colectate și evidențiază relațiile critice dintre variabile. Aceasta asigură o interpretare coerentă și fundamentată a rezultatelor, contribuind la formularea unor concluzii solide și utile pentru factorii de decizie și alți actori interesați.

4.2.3.3.1. Analiză integrată privind importanța educației STEM

Pentru început, vom structura analiza cantitativă în trei secțiuni, care vor realiza o conexiune cu a patra secțiune și anume, perspectivele asupra educației STEM. Așa cum am precizat, pentru o analiză clară, prezentăm tabelar și grafic datele obținute din răspunsurile la întrebarea nr. 13, despre importanța educației STEM (prezentate și în Anexa 9):

Tabelul 4.6 Importanța educației STEM pentru dezvoltarea competențelor

Nr. crt.	Gradul de importanță	Răspunsuri
1	Nu este importantă	8
2	Oarecum importantă	25
3	Importantă	140
4	Foarte importantă	188

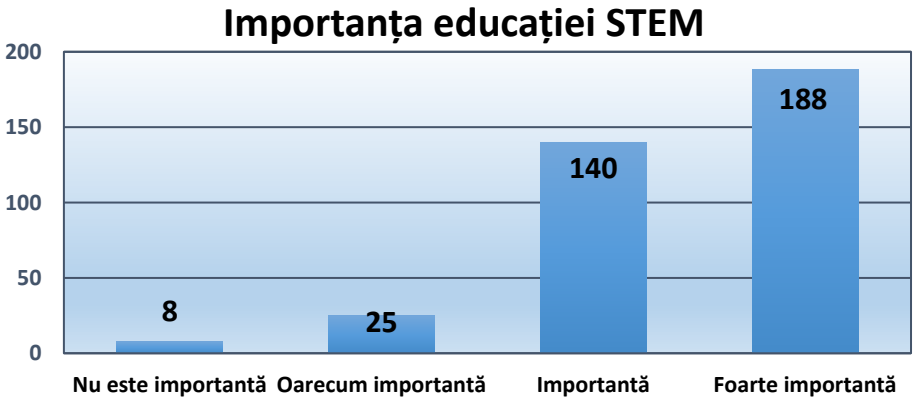


Figura 4. 5 Graficul importanței educației STEM pentru dezvoltarea competențelor

Prima secțiune analizată este ***profilul demografic al respondenților***:

a) Distribuția pe vârste: cea mai mare categorie: 45-55 ani (33,8%), urmată de: 35-45 ani (21,1%) și 55-65 ani (21,3%) și de categoriile mai tinere (<25 ani și 25-35 ani), care reprezintă împreună 22,4%;
b) Distribuția pe gen: feminin: 70,4%, masculin: 18,3%, nu specific: 11,3%;
c) Nivelul de învățământ: învățământ secundar (liceu, școală profesională): 44,4%, învățământ gimnazial: 32,4%, învățământ primar: 15,8%, educație timpurie: 7,3%;

BUPT

d) Aria curriculară: matematică și științe ale naturii: 20,9%, tehnologii și informatică: 20,9%, limba și literatura română: 20%, științe ale societății și umaniste: 17,2%.

O analiză comprehensivă care îmbină datele furnizate (tabelul și graficul importanței educației STEM, ariile curriculare, nivelul de învățământ, vârsta și genul participanților) conduce către o imagine nuanțată și către o interpretare bazată pe această abordare integrată:

i) Cu referire la importanța generală a STEM, graficul arată că majoritatea covârșitoare a respondenților (328 din 361, sau 90,9%) consideră educația STEM ca fiind importantă sau foarte importantă. Acest lucru sugerează o recunoaștere largă a valorii STEM în educație.

ii) Faptul că ariile curriculare legate direct de STEM (matematică și științe ale naturii, tehnologii și informatică) au cel mai mare număr de respondenți (106 fiecare) sugerează o posibilă supra-reprezentare a educatorilor din domeniul STEM. Acest lucru poate influența pozitiv percepția generală asupra importanței STEM.

iii) Majoritatea respondenților provin din învățământul gimnazial (146) și secundar (200). Acest lucru poate indica o percepție mai accentuată a importanței STEM în nivelurile superioare de educație, posibil datorită complexității crescânde a curriculumului STEM în aceste etape.

iv) Distribuția vârstei participanților arată o concentrare în intervalul 45-55 ani (122 respondenți) și 55-65 ani (77 respondenți). Aceasta sugerează că percepția asupra importanței STEM este puternică printre educatorii cu experiență, care ar putea avea o perspectivă mai amplă asupra evoluției necesităților educaționale.

v) Există o disproporție semnificativă între participanții de gen feminin (254) și masculin (66). Acest dezechilibru poate influența rezultatele, dar reflectă realitatea din domeniul educației din țara noastră, unde femeile sunt adesea mai numeroase (Institutul Național de Statistică, 2024). În anul școlar 2023-2024, personalul didactic din România a însumat 245.000 de persoane, dintre care 83% sunt femei în sistemul preuniversitar (Andrei, 2024). Această majoritate feminină subliniază rolul pe care femeile îl au în educația din România, influențând formarea și dezvoltarea tinerelor generații.

Combinând aceste informații preliminare, putem deduce că există mai mulți factori care influențează percepția puternică asupra importanței STEM:

i) Primul factor identificat este experiența educatorilor. Având în vedere că majoritatea face parte din grupele de vârstă 45-65 ani și activează în învățământul gimnazial și secundar, probabil că aceștia au o înțelegere profundă a importanței STEM.

ii) Un al doilea factor este domeniul de expertiză al participanților. Preponderența respondenților din ariile curriculare STEM poate indica o tendință favorabilă față de importanța educației STEM.

iii) Contextul educațional este al treilea factor, iar concentrarea pe nivelurile superioare de învățământ (gimnaziu și liceal) indică o recunoaștere a rolului crescut al STEM în pregătirea elevilor pentru viitor.

iv) Al patrulea factor este reprezentat de perspectiva de gen. Deși există un dezechilibru în favoarea participanților de gen feminin, acesta reflectă o

BUPT

creștere a interesului și implicării femeilor în promovarea educației STEM (H. O. K. Ahmed, 2016; Banks & Barlex, 2020; Cech & Blair-Loy, 2019; Garbuz, 2023; García-Ramos ș.a., 2022; Jergins, 2023; Kiazad ș.a., 2024; Roehrig ș.a., 2021b).

Această secțiune a analizei integrate preliminare sugerează că percepția puternică asupra importanței STEM este rezultatul combinațiilor de factori care includ experiența educațională, specializarea în domeniu, nivelul de învățământ și posibil o schimbare în dinamica de gen în educația STEM. Rezultatele indică o tendință clară de valorizare a educației STEM în sistemul educațional, cu potențiale implicații pentru dezvoltarea curriculumului și politicile educaționale viitoare.

Vom include în analiza cantitativă integrată preliminară, legată de importanța educației STEM, o **a doua secțiune**, care va cuprinde răspunsurile primite la întrebările nr. 3 și 4 din instrumentul de colectare al datelor, referitoare la ***munca la distanță (remote)***:

a) Rezultatele cu privire la analiza experienței cu munca la distanță identifică următoarele procente: dintre respondenți 40,7% au lucrat în trecut la distanță, dar nu mai fac acest lucru, 38,5% nu au lucrat niciodată la distanță, 19,7% lucrează parțial de la distanță (hibrid) și 1,1% lucrează în prezent complet de la distanță. Observăm că majoritatea respondenților (61,5%) au avut o anumită experiență cu munca la distanță, fie în trecut, fie în prezent.
b) Cu privire la analiza duratei experienței participanților la munca la distanță, se remarcă următoarele procentaje: 37,1% au lucrat între 1 an și 3 ani, 31,6% au lucrat până la 1 an și 21,3% au lucrat până la 6 luni. Aceste rezultate indică că majoritatea celor cu experiență în munca la distanță (68,7%) au lucrat astfel pentru o perioadă semnificativă (peste 1 an).

Prin corelarea și combinarea acestor date cu importanța percepută a educației STEM, putem formula următoarele observații:

i) Faptul că o mare parte din respondenți au avut experiență cu munca la distanță (61,5%) sugerează un anumit grad de familiarizare cu tehnologiile digitale. Această experiență contribuie la aprecierea ridicată a importanței educației STEM, care include componente tehnologice esențiale.
ii) Tranziția de la munca la distanță înapoi la modalitățile tradiționale (40,7% nu mai lucrează la distanță) indică o anumită capacitate de adaptare a respondenților. Această flexibilitate poate fi asociată cu o mai mare apreciere a abilităților STEM, care sunt adesea legate de inovație și adaptabilitate.
iii) Experiența semnificativă cu munca la distanță (68,7% au lucrat astfel peste 1 an) subliniază importanța competențelor STEM în medii de lucru moderne și flexibile și contribuie la percepția pozitivă asupra educației STEM.
iv) Chiar dacă mulți respondenți nu mai lucrează la distanță, aprecierea ridicată a educației STEM (90,9% o consideră importantă sau foarte importantă) sugerează că respondenții văd valoarea acestor competențe dincolo de contextul specific al muncii la distanță.
v) Proporția relativ mare (38,5%) care nu au lucrat niciodată la distanță, corelată cu importanța percepută a STEM, ar putea indica o recunoaștere a

BUPT

nevoii de competențe STEM pentru viitoarele oportunități de muncă flexibilă sau la distanță.

În această a doua secțiune a analizei cantitative integrate se observă o corelație pozitivă între experiența privind munca la distanță și aprecierea importanței educației STEM. Experiența cu tehnologiile și metodele de lucru moderne consolidează percepția că educația STEM este vitală pentru adaptabilitatea și succesul în mediul profesional contemporan, indiferent de modalitatea actuală de lucru.

Pentru cea de-**a treia secțiune** ne vom concentra asupra întrebării nr. 5 din instrumentul de colectare al datelor și anume asupra ***competențelor profesionale la distanță (remote)***, în analiză directă cu importanța educației STEM. De asemenea, pentru a facilita o mai bună interpretare, prezentăm graficul rezultatelor (Figura 4.6).

Pentru a face o comparație relevantă între competențele profesionale la distanță și importanța educației STEM, am ales ***analiza distribuției importanței***, combinată cu ***analiza comparativă între competențe***. Rezultatele permit analizarea distribuției răspunsurilor pentru fiecare dintre cele zece competențe (așa după cum se poate observa din figura 4.6), calcularea scorului general de importanță și pe compararea competențelor. Pentru a putea afla care este valoarea scorului mediu ponderat al fiecărei competențe, se atribuie valori numerice pentru fiecare nivel de importanță: **nu este important = 1, oarecum important = 2, important = 3, foarte important = 4, este obligatoriu = 5** și calcularea mediei ponderate pe baza acestor valori. În ceea ce privește compararea competențelor, un grafic comparativ (figura 4.7) este util pentru a vizualiza importanța fiecărei competențe profesionale în mediul remote. Ca un ultim pas în această secțiune, vom adăuga datele relevante despre importanța educației STEM pentru a face o comparație directă și clară.

Pentru analiza scorului general de importanță (Lu ș.a., 2024; Odu, 2019) calculăm media ponderată pentru fiecare competență, după următoarea formulă:

$$Scor\ mediu\ ponderat = \frac{\sum(Număr\ răspunsuri \times Valoare\ nivel\ de\ importanță)}{\sum Număr\ răspunsuri}$$

După aplicarea acestei formule pentru fiecare dintre cele zece competențe profesionale, rezultatele sunt prezentate în Tabelul 4.7. De asemenea, după aplicarea formulei privind scorul mediu ponderat bazat pe rezultatele importanței educației STEM (nr. crt. 11 din tabelul de mai sus), rezultatul este 3,41, ceea ce indică o atenție între *„Important”* și *„Foarte important”*, iar comparația cu competențele profesionale este mai ușor de observat.

BUPT

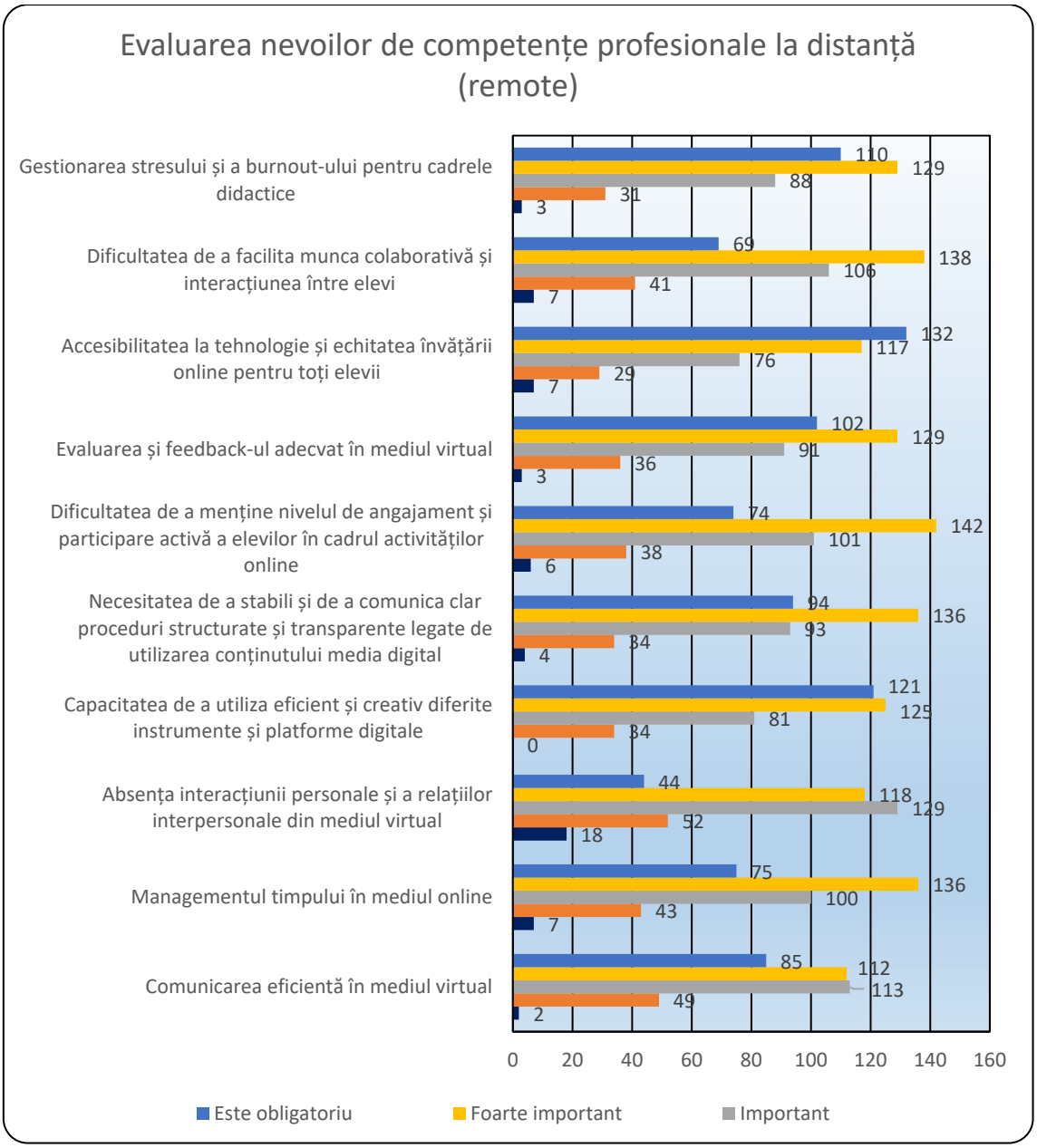


Figura 4. 6 Competențe profesionale la distanță (remote)

Tabelul 4.7 Valorile scorului mediu ponderat pentru competența profesională la distanță și importanța STEM

Nr. crt.	Competența	Rezultat scor mediu ponderat
1	Comunicarea eficientă în mediul virtual	3,63
2	Managementul timpului în mediul online	3,63
3	Absența interacțiunii personale și a relațiilor interpersonale din mediul virtual	3,33
4	Capacitatea de a utiliza eficient și creativ diferite instrumente și platforme digitale	3,92
5	Necesitatea de a stabili și de a comunica clar proceduri structurate și transparente legate de utilizarea conținutului media digital	3,78

BUPT

6	Dificultatea de a menține nivelul de angajament și participare activă a elevilor în cadrul activităților online	3,66
7	Evaluarea și feedback-ul adecvat în mediul virtual	3,81
8	Accesibilitatea la tehnologie și echitatea învățării online pentru toți elevii	3,94
9	Dificultatea de a facilita munca colaborativă și interacțiunea între elevi	3,61
10	Gestionarea stresului și a burnout-ului pentru cadrele didactice	3,86
11	Importanța educației STEM	3,41

Analiza rezultatelor prezentate în figura 4.7 oferă o perspectivă valoroasă, atât asupra percepțiilor respondenților cu privire la importanța educației STEM, cât și asupra competențelor profesionale în context educațional. Importanța educației STEM a obținut un scor mediu ponderat de 3,41, ceea ce sugerează o recunoaștere semnificativă a valorii sale și o înțelegere generală a rolului pe care disciplinele STEM îl joacă în educația modernă.

În ceea ce privește competențele profesionale evaluate, se observă o variație interesantă a scorurilor medii ponderate:

Scorurile cele mai mari sunt: *Accesibilitatea la tehnologie și echitatea învățării online pentru toți elevii*, cu 3,94 și *Capacitatea de a utiliza eficient și creativ diferite instrumente și platforme digitale*, cu 3,92. Faptul că *Accesibilitatea la tehnologie și echitatea învățării online pentru toți elevii* a obținut cel mai mare scor (3,94) subliniază preocuparea primordială a educatorilor pentru asigurarea unor oportunități egale de învățare în era digitală. Acest rezultat sugerează existența disparităților în accesul la educație și o dorință puternică de a le aborda. *Capacitatea de a utiliza eficient și creativ diferite instrumente și platforme digitale* urmează îndeaproape cu un scor de 3,92, indică o recunoaștere foarte puternică a importanței abilităților digitale în mediul educațional actual și evidențiază faptul că, deși competențele digitale sunt considerate primordiale, preocuparea pentru echitate și accesibilitate în educație este percepută ca fiind ușor mai importantă. Acest aspect poate reflecta o înțelegere nuanțată a faptului că abilitățile tehnice, oricât de avansate, trebuie să fie susținute de un acces echitabil la resurse pentru a fi cu adevărat eficiente în procesul educațional.

Gestionarea stresului și a burnout-ului pentru cadrele didactice a înregistrat scorul 3,86. Este un rezultat care ne conduce la o conștientizare acută a presiunilor cu care se confruntă educatorii, în special în contextul schimbărilor rapide și al adaptării la noi metode de predare. *Evaluarea și feedback-ul adecvat în mediul virtual* (3,81) și *Necesitatea de a stabili și de a comunica clar proceduri structurate și transparente legate de utilizarea conținutului media digital* (3,78) au obținut scoruri peste medie, ceea ce indică o recunoaștere a provocărilor specifice asociate cu educația online și importanța adaptării practicilor pedagogice la acest mediu.

Competențele legate de interacțiunea și colaborarea în mediul virtual, precum *Dificultatea de a facilita munca colaborativă și interacțiunea între elevi* (3,61) și *Absența interacțiunii personale și a relațiilor interpersonale din mediul virtual* (3,33), au obținut scoruri relativ mai mici, dar totuși semnificative. Aceasta sugerează că, deși sunt percepute ca provocări, ele nu sunt considerate la fel de critice ca alte aspecte evaluate. *Comunicarea eficientă în mediul virtual* și *Managementul timpului în mediul online* au obținut scoruri identice (3,63),

BUPT

indicând o recunoaștere echilibrată a importanței acestor competențe în contextul educației la distanță.

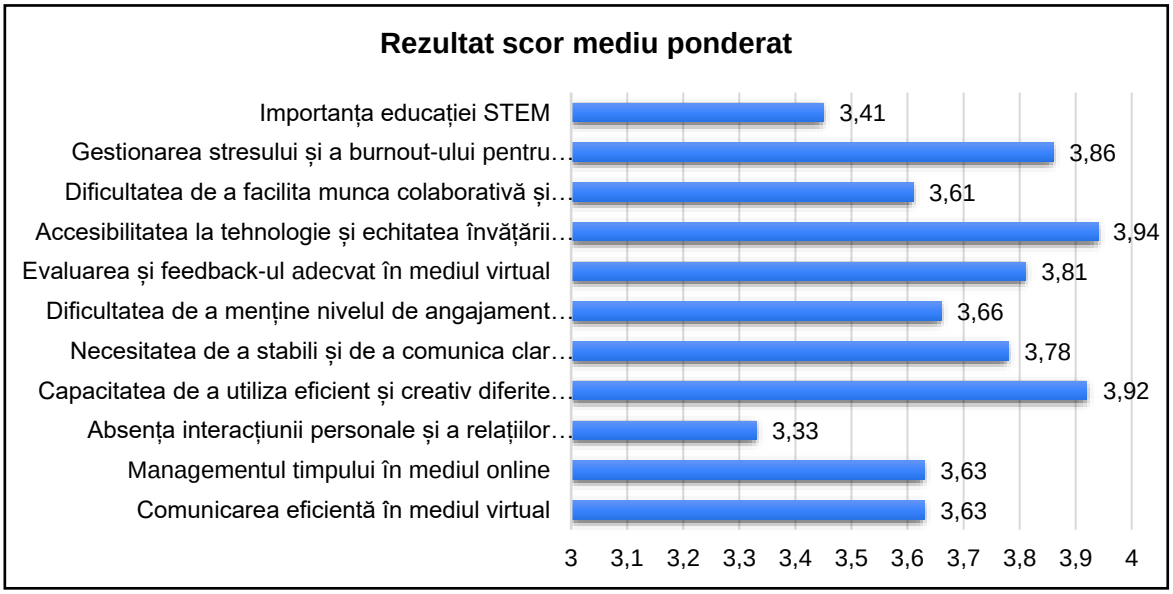


Figura 4.7 Graficul valorilor scorului mediu ponderat privind competențele profesionale și importanța STEM

Analizate în ansamblu, rezultatele evidențiază o conștientizare nuanțată a diverselor provocări și competențe necesare în educația modernă, cu un accent particular pe *abilitățile digitale, accesibilitate* și *gestionarea stresului*. Corelația dintre scorurile ridicate pentru competențele digitale și importanța percepută a educației STEM sugerează o recunoaștere a interconexiunii dintre aceste domenii în peisajul educațional contemporan.

Aceste constatări pot avea implicații semnificative pentru dezvoltarea programelor de formare profesională a cadrelor didactice, precum și pentru elaborarea politicilor educaționale care să abordeze provocările identificate și să consolideze competențele considerate esențiale în era digitală (în acest sens, a se vedea și rezultatele obținute la întrebarea nr. 7) .

Următoarea **secțiune (a patra** și ultima din acest subcapitol) se referă la ***analiza perspectivelor educației STEM***, prin studierea răspunsurilor identificate întrebărilor nr. 9, 10, 11 și 12, în directă conexiune cu răspunsurile întrebării nr. 13, importanța educației STEM. De asemenea, se cuvine ca, la finalul acestei secțiuni, să facem și câteva precizări.

În figura nr. 4.8 sunt prezentate datele referitoare la răspunsurile întrebării nr. 10, și anume la disciplinele de ore opționale STEM, predate în anul școlar 2023-2024 în Județul Caraș-Severin.

BUPT

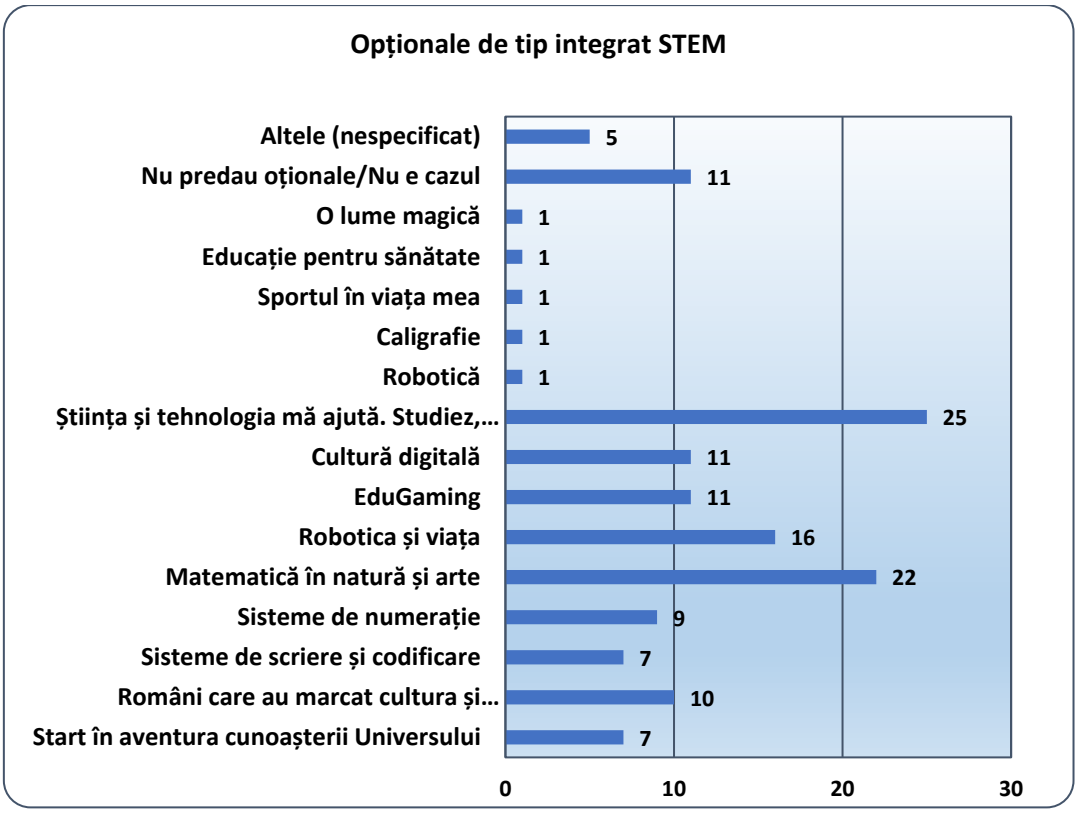


Figura 4.8 Disciplinele de ore opționale de tip integrat STEM

De asemenea, în figura 4.9 se poate observa numărul de profesori/formatori implicați în predarea acestor ore opționale (datele corespund răspunsurilor pentru întrebarea nr. 9 din instrumentul de colectare):

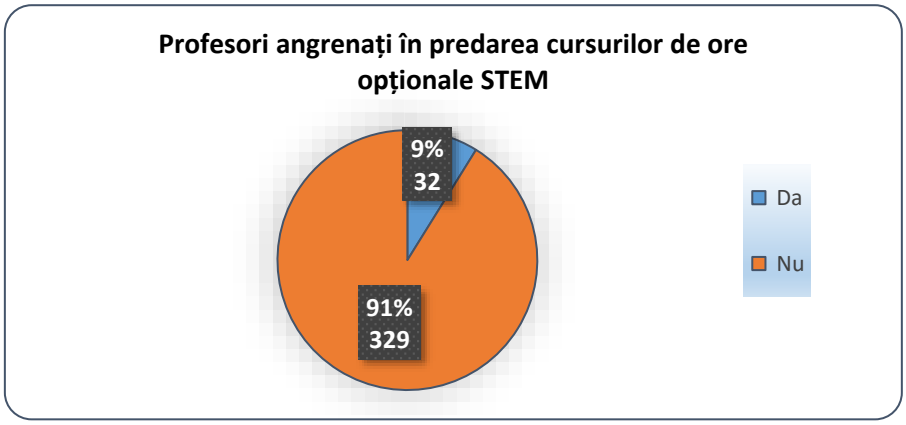


Figura 4.9 Numărul profesorilor/formatorilor

Pentru acuratețe, în figura 4.10, sunt prezentate și datele privind numărul de elevi participanți la orele opționale de tip integrat STEM (răspunsurile de întrebarea nr. 12), respectiv: **72%** dintre clase au până la 25 de elevi participanți; **21%** dintre clase au între 25 și 50 de elevi participanți; **6%** dintre clase au între 50 și 75 de elevi participanți și **1%** dintre clase au mai mult de 75 de elevi participanți.

BUPT

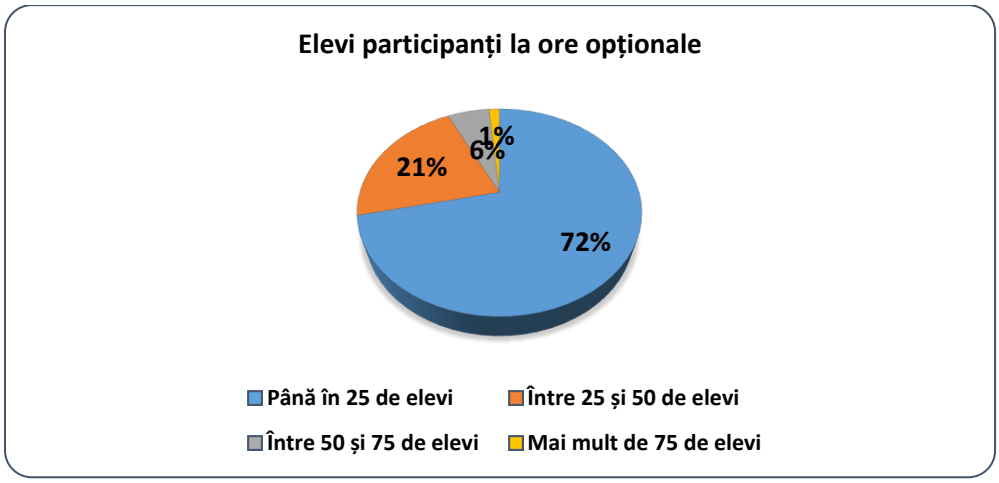


Figura 4.10 Grupele de elevi participanți la orele opționale de tip integrat STEM

În interpretarea rezultatelor pentru această secțiune, avem nevoie de clarificări atât în ceea ce privește participarea profesorilor și elevilor, cât și a nivelului de învățământ căruia se adresează orele opționale de tip integrat STEM. De asemenea vom analiza diversitatea disciplinelor, astfel încât să putem identifica îmbunătățiri necesare pentru formularea unor strategii eficiente. În figura 4.11 sunt prezentate răspunsurile la întrebarea nr. 11 cu privire la nivelul de învățământ al orelor opționale, cu precizarea că aceiași disciplină poate fi predată la mai mult de un nivel sau la toate.

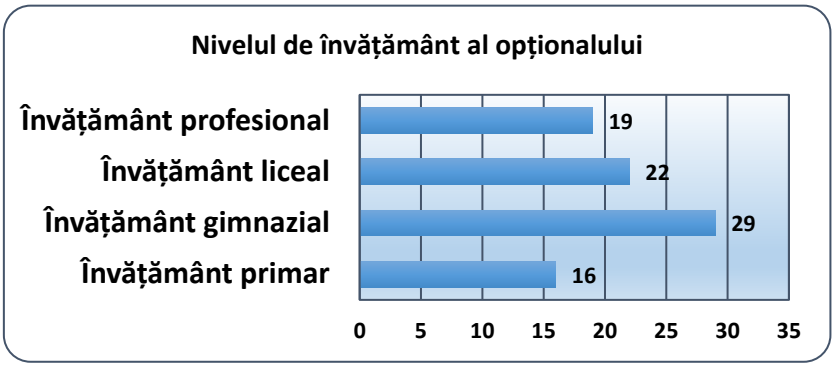


Figura 4.11 Nivelul de învățământ al opționalului de tip integrat STEM

Varietatea de ore opționale STEM reflectă un interes în creștere pentru aplicațiile practice și interdisciplinaritate. Cele mai reprezentative sunt: *„Știința și tehnologia mă ajută. Studiez, aplic, creez!”* cu 25 de răspunsuri, *„Matematică în natură și arte”* cu 22 de răspunsuri și *„Robotica și viața”* cu 16 răspunsuri. Cursurile care au mai puțini participanți indică o nevoie de reevaluare sau de promovare mai ridicată.

O provocare pentru extinderea programelor opționale STEM este procentajul de doar 9% (32 de respondenți) dintre profesorii care sunt angrenați în predarea acestor cursuri. Procentul mic indică o nevoie potențială de creștere a numărului de profesori/formatori pentru a stimula interesul elevilor în acest domeniu, însă în același timp sugerează mai multe perspective: i) Importanța investițiilor în programe de formare continuă, care să ofere profesorilor competențele necesare pentru a preda orele STEM (cursuri de actualizare a cunoștințelor, seminarii și ateliere de lucru practice); ii) Importanța promovării colaborării între cadrele didactice pentru a dezvolta și împărtăși bune practici în predarea STEM; iii)

BUPT

Importanța rețelelor de profesori și platforme online, care pot facilita acest schimb de informații și resurse.

Un procentaj încurajator este cel de 72% privind participarea claselor cu grupuri mici (până la 25 de elevi), favorabile pentru activități practice STEM. Acest fapt poate sugera că orele opționale STEM nu sunt fie suficient de cunoscute, fie suficient de atractive pentru a atrage un număr mare de elevi. În același timp mai poate arăta că există oportunități de îmbunătățire prin: i) Organizarea de activități extracurriculare, concursuri și proiecte interdisciplinare (care să stimuleze curiozitatea elevilor) și ii) Identificarea și susținerea elevilor talentați, care au aptitudini și interes deosebit pentru STEM (burse și programe speciale).

În ceea ce privește nivelul de învățământ, opționalele STEM sunt cel mai frecvent oferite la nivel gimnazial (29%) și liceal (22%), ceea ce indică o concentrare pe aceste niveluri educaționale. Această distribuție relativ echilibrată între diferitele niveluri de învățământ arată că orele opționale STEM sunt oferite la toate nivelurile, dar există o ușoară preferință pentru gimnaziu și liceu.

Analiza corelației acestor date cu importanța percepută a educației STEM, arată că din cei 361 respondenți, 328 (91%) consideră educația STEM importantă sau foarte importantă. Totuși, mai arată și că există un decalaj semnificativ între percepția importanței și implementarea efectivă a programelor STEM, reflectată în numărul limitat de profesori implicați și varietatea redusă a opționalelor oferite. Acest decalaj poate fi îmbunătățit prin: i) Creșterea numărului de profesori care predau ore opționale STEM prin formare și dezvoltare profesională; ii) Creșterea interesului elevilor pentru cursurile STEM prin activități extracurriculare, competiții și parteneriate cu instituții de învățământ superior sau companii tehnologice; iii) Promovarea cursurilor care au avut puțini participanți, pentru a asigura o distribuție mai echitabilă și pentru a maximiza resursele disponibile.

Datele colectate de la întrebarea nr. 10 arată o diversitate a disciplinelor oferite în cadrul orelor opționale integrate STEM, ceea ce sugerează un potențial mare de personalizare a învățării și perspective de îmbunătățire prin: i) Adaptarea curriculumului în mod constant, pentru a reflecta evoluțiile tehnologice și științifice și pentru a răspunde intereselor actuale ale elevilor, inclusiv includerea unor subiecte emergente, cum ar fi inteligența artificială și sustenabilitatea; ii) Integrarea practică prin includerea componentelor practice și aplicate, care să permită elevilor să învețe prin experiență și să vadă relevanța directă a cunoștințelor în viața reală.

În subcapitolul următor vom aprofunda analiza cantitativă și rezultatele obținute prin instrumentul de colectare a datelor, cu referire la competențe (întrebarea principală numărul 6, respectiv întrebările secundare de la numărul 6.1 până la 6.5.).

4.2.3.3.2. Analiza competențelor esențiale pentru munca la distanță în contextul educației STEM integrate

Competențele necesare pentru munca la distanță și educația STEM devin din ce în ce mai importante într-o societate tot mai tehnologizată. Acest subcapitol se concentrează pe identificarea și evaluarea competențelor esențiale pentru munca la distanță, în strânsă legătură cu educația STEM integrată. Așa cum am precizat deja, următoarea analiza cantitativă este realizată cu date colectate din cinci

BUPT

domenii esențiale ale competențelor, având ca bază triangularea rezultatelor din mediul universitar[40].

Pentru a analiza în mod cuprinzător rezultatele, vom realiza cele cinci grafice, vom utiliza metode cantitative relevante și frecvent utilizate, vom aplica aceleași tehnici prezentate în subcapitolul anterior. Aceste tehnici includ calcularea procentajelor, scorurilor medii ponderate, analiza distribuției răspunsurilor, compararea competențelor și analiza corelațiilor. Vom dezvolta această analiză pe baza tuturor datelor furnizate în graficele următoare (Figurile 4.12, 4.13, 4.14 și 4.15).

Calcularea procentajelor pentru fiecare categorie de răspuns ne va permite să înțelegem distribuția percepției importanței pentru fiecare competență. Folosind valori numerice atribuite fiecărei categorii de răspuns, vom calcula scorurile medii ponderate pentru fiecare competență sau abilitate. Cu ajutorul analizei distribuției răspunsurilor vom identifica tendințele centrale și dispersia răspunsurilor pentru fiecare competență. Pentru a evalua prioritățile percepute, vom identifica competențele cu cele mai mari și cele mai mici scoruri. De asemenea, vom analiza corelațiile între diferitele competențe și abilități pentru a identifica suprapuneri (grupări) sau pattern-uri între competențe. Prin compararea datelor între cele cinci grafice vom identifica similitudini sau diferențe în evaluarea competențelor specifice și a abilităților interpersonale.

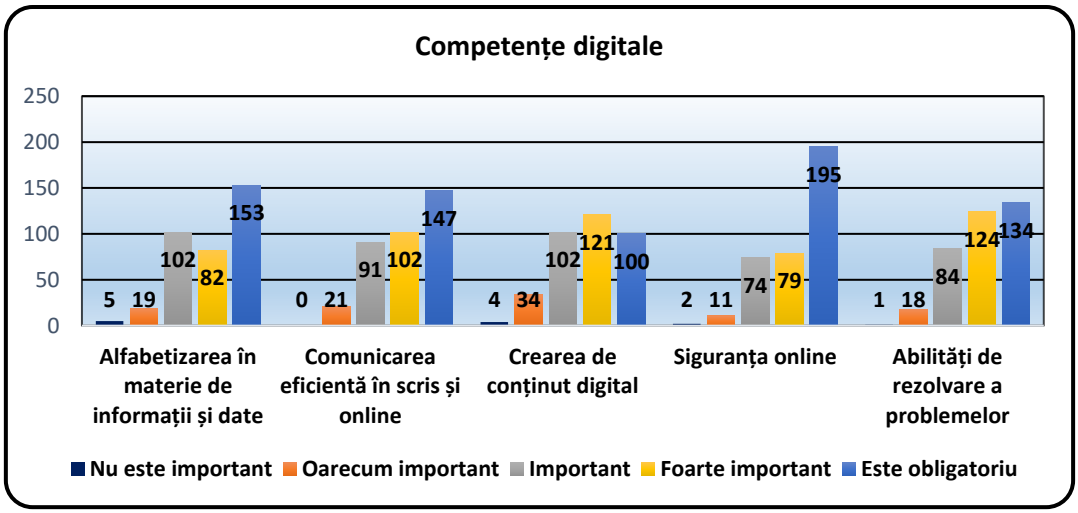


Figura 4.12 Competențele digitale

[40] proiectul european VirtualEdu, accesibile la (https://www.virtual-edu.eu/resources/best-practices

BUPT

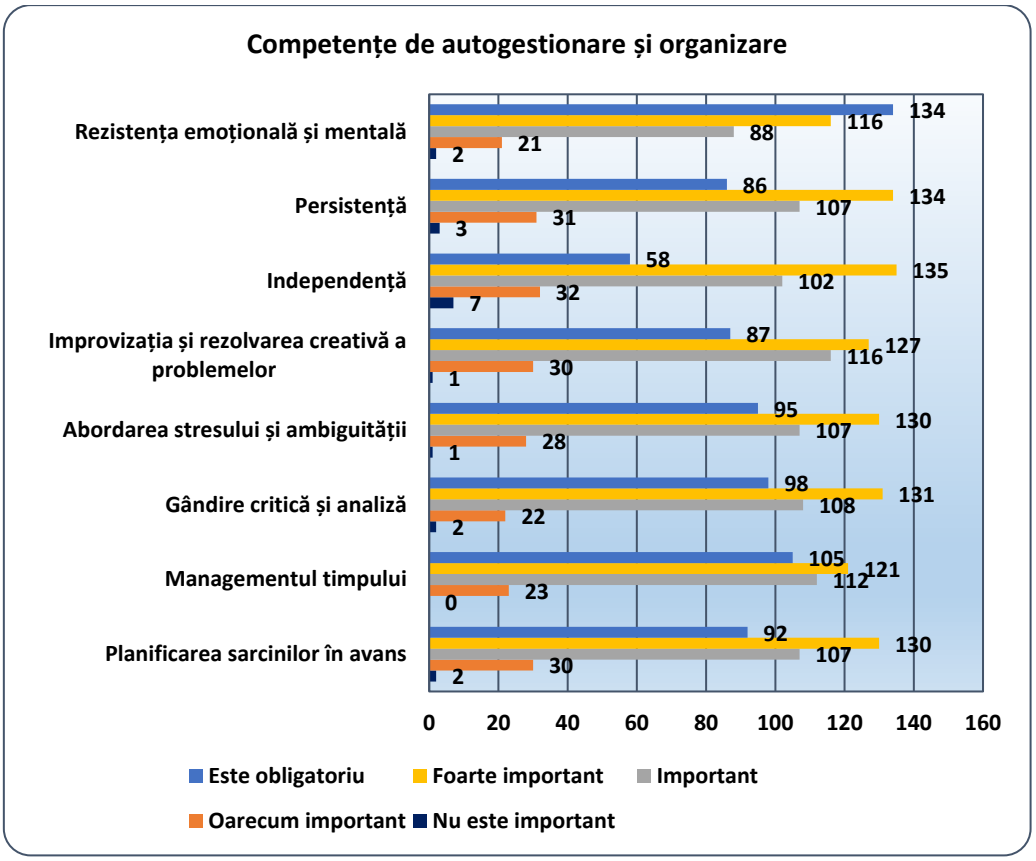


Figura 4.13 Competențele de autogestionare și organizare

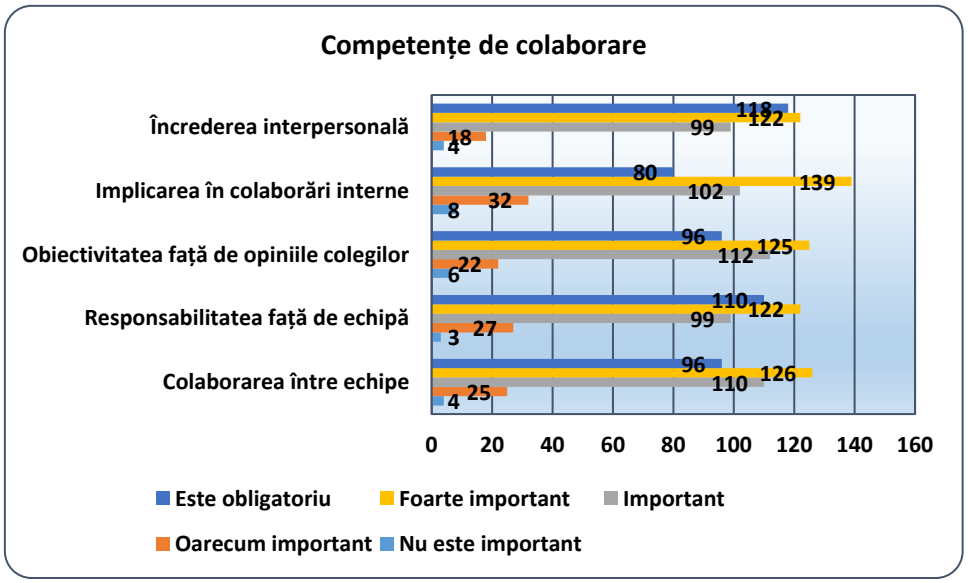


Figura 4.14 Competențele de colaborare

Educația STEM integrată pune accentul pe abordări interdisciplinare și aplicații practice ale cunoștințelor și necesită un set complex de competențe care transcend granițele tradiționale ale disciplinelor academice. În paralel, tranziția către modele de muncă la distanță, accelerată de contextul global recent, evidențiază importanța adaptabilității și a competențelor digitale avansate. În acest context, analiza cantitativă a acestor competențe oferă o bază solidă pentru înțelegerea nevoilor actuale și viitoare ale educației și pieței muncii (Figura 4.16).

BUPT

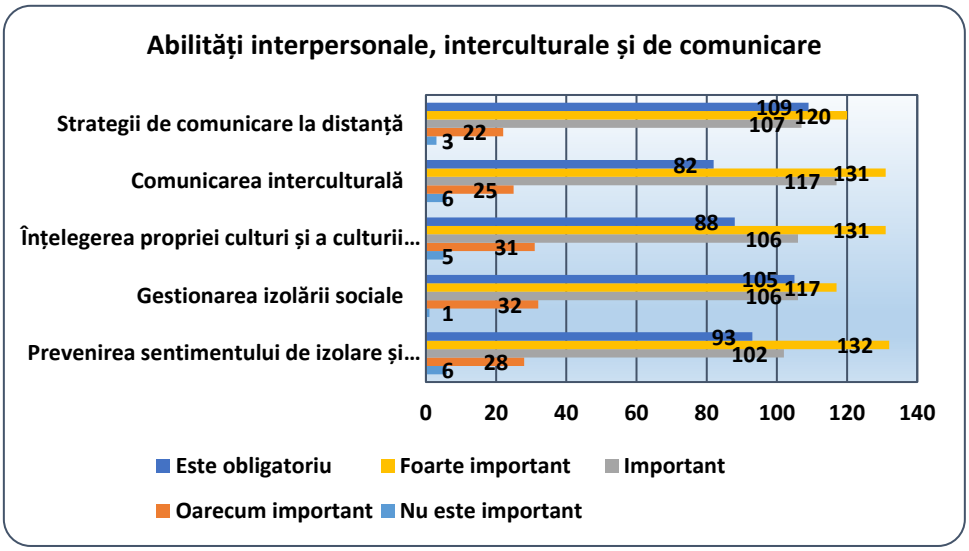


Figura 4.15 Competențe de comunicare

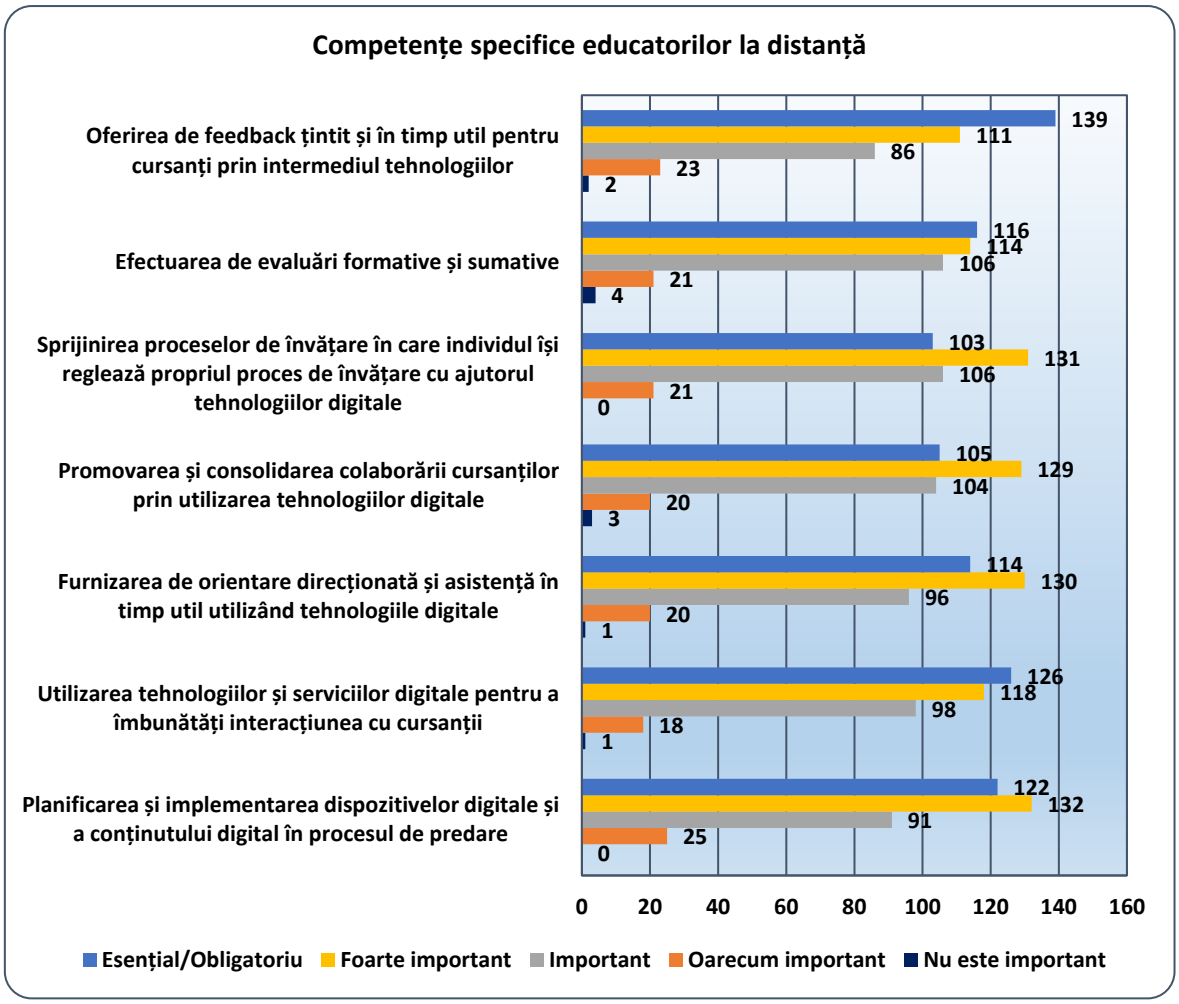


Figura 4.16 Competențe specifice educatorilor pentru munca la distanță

BUPT

Cu datele din Tabelul 4.8, care centralizează rezultatele obținute prin calcularea scorurilor medii ponderate pentru cele cinci competențe vom putea face observații edificatoare și vom folosi metoda statistică ANOVA cu scopul de a compara aceste scoruri.

Tabelul 4. 8 Centralizator cu scorurile mediu ponderate

Nr.crt	Compet. digitale	Compet. de autogestionare și organizare	Compet. de colaborare	Compet. interpersonale, interculturale și de comunicare	Compet. specifice educatorilor la distanță
1	3,99	3,78	3,79	3,77	4,05
2	4,04	3,85	3,86	3,81	3,97
3	3,77	3,83	3,78	3,74	3,93
4	4,26	3,80	3,70	3,71	3,87
5	4,03	3,75	3,92	3,86	3,88
6		3,34			4,00
7		3,75			
8		3,99			

Așa după cum se poate observa în această centralizare, au fost folosite toate răspunsurile pentru fiecare set de competențe și avem următoarele rezultate: pentru competențele digitale, competențele de colaborare și competențele interpersonale, interculturale și de comunicare câte cinci răspunsuri, pentru competențele specifice educatorilor la distanță șase răspunsuri, iar pentru competențele de autogestionare și organizare opt răspunsuri.

Din tabelul centralizator cu scorurile medii ponderate pentru cele cinci categorii de competențe, se pot distinge următoarele:

Deoarece scorurile variază între 3,34 și 4,26 toate competențele sunt considerate cel puțin moderat importante, unele fiind percepute ca foarte importante. În setul din categoria competențelor digitale se observă cea mai mare variație a scorurilor medii ponderate, de la 3,77 la 4,26. Comparativ, tot în aceeași categorie, cu trei din cinci competențe având scoruri peste 4,00 este evident că, în general, această categorie are cele mai mari scoruri, în timp ce scoruri relativ ridicate (toate fiind peste 3,87) au competențele specifice educatorilor la distanță. Scoruri mai apropiate între ele și, în general, mai mici au celelalte trei categorii de competențe. Un scor remarcabil (4,26) apare la ce-a de-a patra competență digitală, și anume *„Siguranța online”*, iar cel mai mic scor (3,34) este la cea de-a șasea competență de autogestionare și organizare, respectiv la *„Independență”*. Cu o variație doar între 3,71 și 3,86 competențele interpersonale, interculturale și de comunicare au cele mai consistente scoruri. Datorită faptului că, în general, scorurile sunt apropiate de 4,00, se poate indica importanța ridicată acordată majorității competențelor studiate. Pentru că nu există diferențe extreme între cele cinci categorii de competențe, toate sunt considerate esențiale și relevante în contextul studiat, dar cu potențiale arii de focalizare sunt competențele digitale și cele specifice educatorilor la distanță, dacă observăm scorurile lor relativ mai mari.

Această analiză oferă o perspectivă de ansamblu asupra importanței relative a diferitelor categorii de competențe și ghidează deciziile privind prioritizarea dezvoltării anumitor abilități în contextul educațional sau profesional studiat. Pentru o realiza comparația între cele cinci categorii de competențe studiate, s-au

BUPT

folosit testele parametrice ANOVA, cu ajutorul Excel obținându-se rezultate prezentate în Figura 4.17.

Anova: Single Factor

SUMMARY				
Groups	***Count***	***Sum***	***Average***	***Variance***
Competențe digitale	5	20,09	4,02	0,03037
Competențe autogestionare și organizare	8	30,09	3,76	0,034927
Competențe de colaborare	5	19,05	3,81	0,007
Competențe interpersonale, interculturale și de comunicare	5	18,89	3,78	0,00347
Competențe specifice educatorilor la distanță	6	23,7	3,95	0,00492

ANOVA

Source of Variation	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***P-value***	***F crit***
Between Groups	0,297056	4	0,074263987	4,121508	0,011085	2,776289
Within Groups	0,432448	24	0,018018646			
Total	0,729503	28				

Figura 4.17 Rezultate ale testelor parametrice ANOVA

Din interpretarea datelor ANOVA rezultatele principale sunt următoarele:
F-statistic: 4,121508 este mai mare decât F critical 2,776289;
P-value: 0,011085 este mai mic decât nivelul de semnificație tipic de 0,05.

Deoarece există diferențe semnificative statistic între mediile scorurilor celor cinci categorii de competențe, se va respinge ipoteza nulă că toate mediile sunt egale. De asemenea, competențele digitale au cea mai mare medie (4,02) și cea mai mare varianță (0,03037), competențele de autogestionare și organizare au cea mai mică medie (3,76), dar cea mai mare varianță (0,034927), iar competențele interpersonale, interculturale și de comunicare au cea mai mică varianță (0,00347) ceea ce arată că există variații semnificative în modul în care sunt percepute importanța sau necesitatea diferitelor categorii de competențe. Aceasta este o limitare a metodei ANOVA, deoarece nu determină care dintre grupuri diferă semnificativ între ele, iar pentru o delimitare mai clară sunt necesare alte teste (de exemplu, post-hoc Tukey HSD, realizat cu Python, așa cum se poate observa în figura 4.19).

În Tabelul 4.9 sunt sintetizate (în baza rezultatelor ANOVA obținute) explicațiile Privind cele cinci categorii de competențe și variațiile diferențelor observate, explicații pe care le vom relua și după calcularea testului post-hoc Tukey HSD.

BUPT

Tabelul 4.9 Suprapunerea competențelor de bază în contextul muncii la distanță

Nr. crt.	Compet.	Compet. digitale	Compet. de auto-gestionare și organizare	Compet. de colaborare	Compet. interpersonale, interculturale și de comunicare	Compet. educatorilor la distanță
1	Competențe digitale	N/A	Utilizarea aplicațiilor de management al timpului și sarcinilor	Utilizarea instrumentelor de colaborare	Comunicare eficientă și sensibilă din punct de vedere cultural prin mediul digital	Utilizarea platformelor de e-learning și a resurselor digitale
2	Competențe de auto-gestionare și organizare	Utilizarea aplicațiilor de planificare și organizare	N/A	Coordonarea sarcinilor în cadrul echipelor virtuale	Menținerea unei dinamici de echipă pozitive și productive	Planificarea lecțiilor și a activităților educaționale online
3	Competențe de colaborare	Utilizarea platformelor de colaborare pentru proiecte de echipă	Coordonarea sarcinilor în cadrul echipelor virtuale	N/A	Construirea relațiilor de muncă prin respect și înțelegere interculturală	Colaborarea cu colegii educatori și cu studenții în mediul online
4	Competențe interpersonale, interculturale și de comunicare	Comunicare eficientă și sensibilă din punct de vedere cultural prin mediul digital	Menținerea unei dinamici de echipă pozitive și productive	Construirea relațiilor de muncă prin respect și înțelegere interculturală	N/A	Comunicarea eficientă cu studenții din diverse culturi
5	Competențe specifice educatorilor la distanță	Utilizarea platformelor de e-learning și a resurselor digitale	Planificarea eficientă a cursurilor și gestionarea timpului de predare	Colaborarea cu alți educatori pentru dezvoltaea curriculum-ului și a materialelor didactice	Comunicarea eficientă cu studenții din diverse culturi	N/A

Pentru realizarea testului Tukey HSD, dar și pentru o mai bună vizualizare a scorurilor medii ponderate a fiecărei categorii de competențe de bază, se va urmări graficul din Figura 4.18, care centralizează aceste date:

BUPT

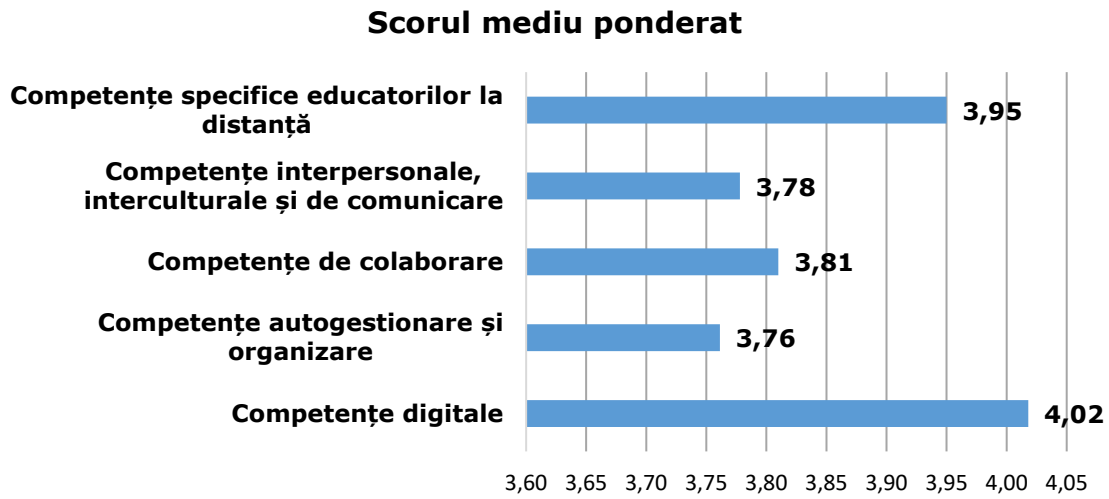


Figura 4.18 Vizualizarea scorurilor medii ponderate ale competențelor de bază

Testul post-hoc Tukey HSD este realizat pentru a identifica diferențele semnificative dintre grupurile de competențe. Rezultatele acestui test sunt prezentate în figura 4.19.

```
Multiple Comparison of Means - Tukey HSD, FWER=0.05
=================================================
 group1        group2    meandiff p-adj  lower upper reject
-------------------------------------------------
autogestionare   colaborare   -0.0517 0.001  -0.058  -0.045  True
autogestionare  digitale      -0.2590 0.001  -0.268  -0.250  True
autogestionare  educatori     -0.1900 0.001  -0.198  -0.182  True
autogestionare  interpersonale -0.0710 0.001  -0.078  -0.064  True
colaborare      digitale      -0.2073 0.001  -0.216  -0.198  True
colaborare      educatori     -0.1383 0.001  -0.147  -0.130  True
colaborare      interpersonale -0.0193 0.005  -0.026  -0.013  True
digitale        educatori      0.0687 0.001  0.061   0.076  True
digitale        interpersonale  0.1880 0.001  0.180  0.196  True
educatori       interpersonale  0.1193 0.001  0.111  0.127  True
-------------------------------------------------
```

Figura 4.19 Rezultatele testului Tukey HSD (extras - realizat cu Python)

În continuare prezentăm interpretarea rezultatelor:

- ✓ Cu privire la diferențele semnificative, se poate observa că toate perechile de grupuri prezintă diferențe semnificative (indicat de coloana *„reject”* cu valoarea *„True”*), astfel că mediile competențelor sunt diferite în mod semnificativ între toate perechile de grupuri.
- ✓ În ceea ce privește direcția diferențelor:
  - Competențele digitale au un scor mediu semnificativ mai mare decât toate celelalte competențe.

BUPT

- Competențele de autogestionare și organizare au un scor mediu semnificativ mai mic decât toate celelalte competențe.
- Competențele specifice educatorilor la distanță este a doua ca valoare medie, semnificativ diferită față de celelalte competențe, cu excepția competențelor digitale.
- Competențele de colaborare și competențele interpersonale, interculturale și de comunicare au diferențe semnificative, dar mai puțin pronunțate față de restul grupurilor.

Testul Tukey HSD confirmă faptul că există diferențe semnificative între grupurile de competențe analizate, iar diferențele pot fi esențiale în contextul muncii la distanță și al educației STEM integrate. Se evidențiază astfel necesitatea de a acorda atenție diferitelor competențe pentru a asigura o performanță optimă în aceste domenii.

După realizarea testului Tukey HSD este util un tabel de suprapunere a competențelor (așa după cum am realizat și pentru concluziile rezultatelor ANOVA; tabelul nr. 4.10). Sintetizarea informațiilor (în ordinea alfabetică a competențelor), evidențierea relațiilor și a diferențelor semnificative dintre competențe oferă o imagine concisă și mai clară a modului în care cele cinci competențe de bază se compară între ele, în vederea sprijinirii discuțiilor privind importanța și necesitatea lor în contextul muncii la distanță și al educației STEM integrate.

Tabelul 4.10 Suprapunerea competențelor de bază după testul Tukey HSD

Nr. crt.	Competențe	Autogestionare și organizare	Colaborare	Digitale	Educatori la distanță	Interpersonale, interculturale și de comunicare
1	**Autogestionare și organizare**	-	D	D	D	D
2	**Colaborare**	D	-	D	D	D
3	**Digitale**	D	D	-	NS	D
4	**Educatori la distanță**	D	D	NS	-	D
5	**Interpersonale, interculturale și de comunicare**	D	D	D	D	-

Legendă:
D – diferență semnificativă
NS – fără diferență semnificativă

Atât rezultatele testului ANOVA cât și ale testului Tukey HSD indică diferențe semnificative. Doar între competențele digitale și competențele educatorilor la distanță nu există diferențe semnificative. Utilizarea acestei analize și a concluziilor obținute contribuie la o mai bună înțelegere a priorităților și necesităților educaționale în contextul contemporan, susține în același timp obiectivele proiectului VirtualEDU, care promovează bune practici și resurse educaționale adaptate pentru mediul virtual. Această abordare integrată poate fi valorificată pentru a îmbunătăți strategiile educaționale și pentru a sprijini eficient atât studenții, cât și educatorii în mediul online.

Mai mult, într-o întrebare ulterioară (întrebarea nr. 7 din instrumentul de colectare al datelor), respondenții sunt solicitați să evalueze importanța diverselor subiecte care trebuie acoperite într-o activitate de formare pentru dezvoltarea competențelor profesionale la distanță.

BUPT

Ca o avanpremieră pentru subcapitolul privind analiza calitativă a cercetării, întrebarea nr. 7 este introdusă strategic, pentru a aprofunda înțelegerea rezultatelor obținute în analiza cantitativă a răspunsurilor la întrebarea nr. 6.

În figura 4.20 sunt prezentate grafic datele obținute de la întrebarea nr. 7.

Interpretarea răspunsurilor din grafic conduce la afirmația că, atât *competențele specifice educatorilor la distanță, strategiile eficiente de colaborare* cât și *competențele digitale* sunt considerate ca fiind cele mai importante subiecte de acoperit în cadrul activităților de formare profesională. Această observație este în deplină concordanță cu concluziile anterioare privind importanța *competențelor digitale* și a *competențelor specifice educatorilor la distanță*.

Următoarele observații subliniază și aceste aspecte:

- ✓ În primul rând, răspunsurile oferă o perspectivă suplimentară asupra priorităților de formare ale participanților, completează astfel datele obținute anterior și sprijină consolidarea lor prin identificarea specifică a subiectelor de formare care sunt considerate esențiale pentru dezvoltarea acestor competențe.
- ✓ În al doilea rând, întrebarea nr. 7 ajută la triangularea datelor, demonstrează că un alt punct de vedere confirmă consistența și relevanța concluziilor anterioare. Triangularea datelor, prin utilizarea mai multor metode sau surse de date pentru a aborda aceeași problemă de cercetare, este o tehnică cunoscută și specifică în cercetarea academică pentru a asigura validitatea și fiabilitatea rezultatelor. În cazul nostru, întrebarea servește ca un instrument de triangulare care validează importanța competențelor identificate anterior.
- ✓ În al treilea rând, analiza răspunsurilor permite o înțelegere detaliată a contextului în care aceste competențe sunt considerate esențiale, deoarece subiectele de formare identificate ca fiind esențiale, oferă indicii despre nevoile și provocările specifice întâmpinate de profesioniștii care lucrează la distanță. Este posibilă astfel, dezvoltarea unui program de formare bine direcționat și adaptat atât la cerințele reale ale pieței muncii, cât și ale mediului educațional.

Introducerea întrebării numărul 7 în chestionar a fost esențială în vederea obținerii unei perspective comprehensive și validate asupra competențelor necesare pentru munca la distanță. Răspunsurile obținute consolidează concluziile anterioare, oferă informații valoroase pentru dezvoltarea unor programe de formare eficiente, prin urmare asigură importanța și relevanța cercetării. De asemenea, contribuie la o mai bună înțelegere a nevoilor și priorităților profesionale în contextul educației STEM integrate și al muncii la distanță.

Explicațiile oferite pot fi considerate și parte a analizei calitative (prezentată în subcapitolul imediat următor), deoarece se concentrează pe interpretarea și înțelegerea semnificației datelor obținute din chestionar, prin extinderea aspectelor strict cantitative ale acestora.

BUPT

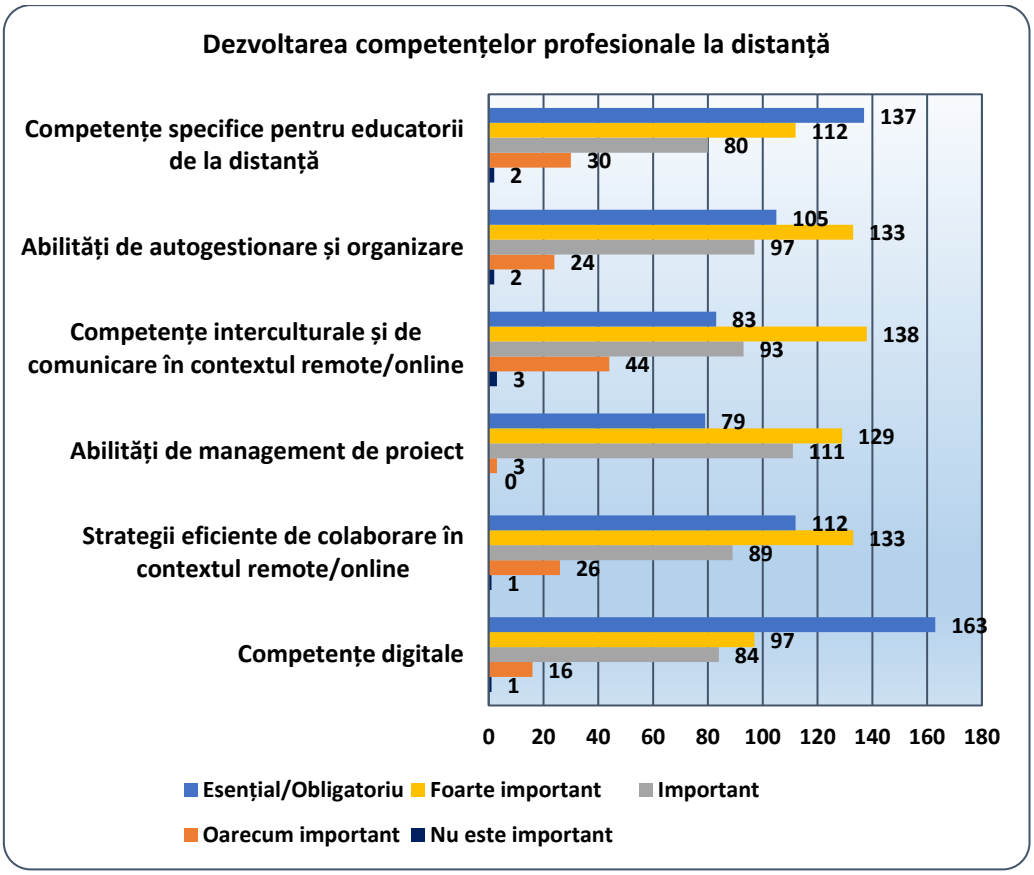


Figura 4.20 Graficul rezultatelor privind dezvoltarea competențelor profesionale la distanță

4.2.3.4. Analiza calitativă

Analiza calitativă în cadrul unui instrument de colectare a datelor despre competențele profesionale pentru munca la distanță este esențială pentru o înțelegere nuanțată și contextualizată a fenomenului studiat (Naeem ș.a., 2023). Această abordare permite explorarea profundă a experiențelor, percepțiilor și provocărilor individuale ale profesioniștilor, oferă perspective valoroase care pot scăpa analizelor cantitative. Metodele calitative facilitează descoperirea de teme emergente, identificarea subtilităților în dezvoltarea competențelor și înțelegerea factorilor contextuali care influențează eficacitatea muncii la distanță (Dake & Gyimah, 2023).

În subcapitolul precedent, rezultatele analizei cantitative au evidențiat că un procent semnificativ de cadre didactice consideră *competențele digitale* esențiale pentru educația la distanță. De asemenea, datele sugerează că *infrastructura și echipamentele* reprezintă o provocare majoră. Cu toate acestea, cifrele singure nu sunt suficiente. Pentru a crea o tranziție fluidă între analiza cantitativă și cea calitativă și pentru a înțelege mai profund aceste perspective, precum și a identifica provocările și soluțiile propuse de profesori, este necesară o analiză calitativă detaliată.

Prin urmare, am adresat întrebări pentru a capta experiențele și opiniile individuale ale cadrelor didactice (întrebarea nr. 8). Răspunsurile numerice pot indica tendințe generale, dar nu surprind nuanțele și motivele din spatele acestor

BUPT

tendințe. De aceea, în chestionarul de cercetare aplicativă, am inclus întrebări ca o modalitate de a explora detaliile și perspectivele personale ale respondenților, care nu pot fi captate prin întrebări cu răspunsuri predefinite (întrebarea nr. 7).

Acest subcapitol va începe cu o comparație între rezultatele chestionarului aplicat în mediul preuniversitar și datele colectate din proiectul VirtualEDU, urmată de o analiză detaliată a răspunsurilor, comparație ale cărei date pot fi observate atât în tabelul nr. 4.11, cât și în graficul din figura nr. 4.21 și va continua cu analiza calitativă propriu-zisă.

4.2.3.4.1. Analiză comparativă între mediul universitar și preuniversitar privind competențele în educația la distanță

Rezultatele analizei cantitative arată că pentru a înțelege în profunzime tendințele într-o lume în continuă și profundă schimbare, este necesar să analizăm și perspectivele cadrelor didactice.

Tabelul 4. 11 Sinteză a datelor comparative între mediul universitar și cel preuniversitar privind competențele profesionale la distanță

Nr. crt.	Competențe	Categorie	Chestionar aplicat	Proiect VirtualEDU
1	Competențe specifice pentru educatorii la distanță	Esențial/Obligatoriu	137	118
		Foarte important	112	97
		Important	30	53
		Oarecum important	2	14
		Nu este important	2	6
2	Abilități de autogestionare și organizare	Esențial/Obligatoriu	133	100
		Foarte important	105	102
		Important	24	61
		Oarecum important	2	18
		Nu este important	2	7
3	Competențe interculturale și de comunicare	Esențial/Obligatoriu	138	106
		Foarte important	93	78
		Important	44	61
		Oarecum important	3	33
		Nu este important	3	10
4	Abilități de management de proiect	Esențial/Obligatoriu	129	95
		Foarte important	111	70
		Important	0	25
		Oarecum important	3	4
		Nu este important	3	4
5	Strategii eficiente de colaborare	Esențial/Obligatoriu	133	116
		Foarte important	112	96
		Important	26	56
		Oarecum important	1	18
		Nu este important	1	2
6	Competențe digitale	Esențial/Obligatori	163	128
		Foarte important	97	87
		Important	16	52
		Oarecum important	1	18
		Nu este important	1	3

BUPT

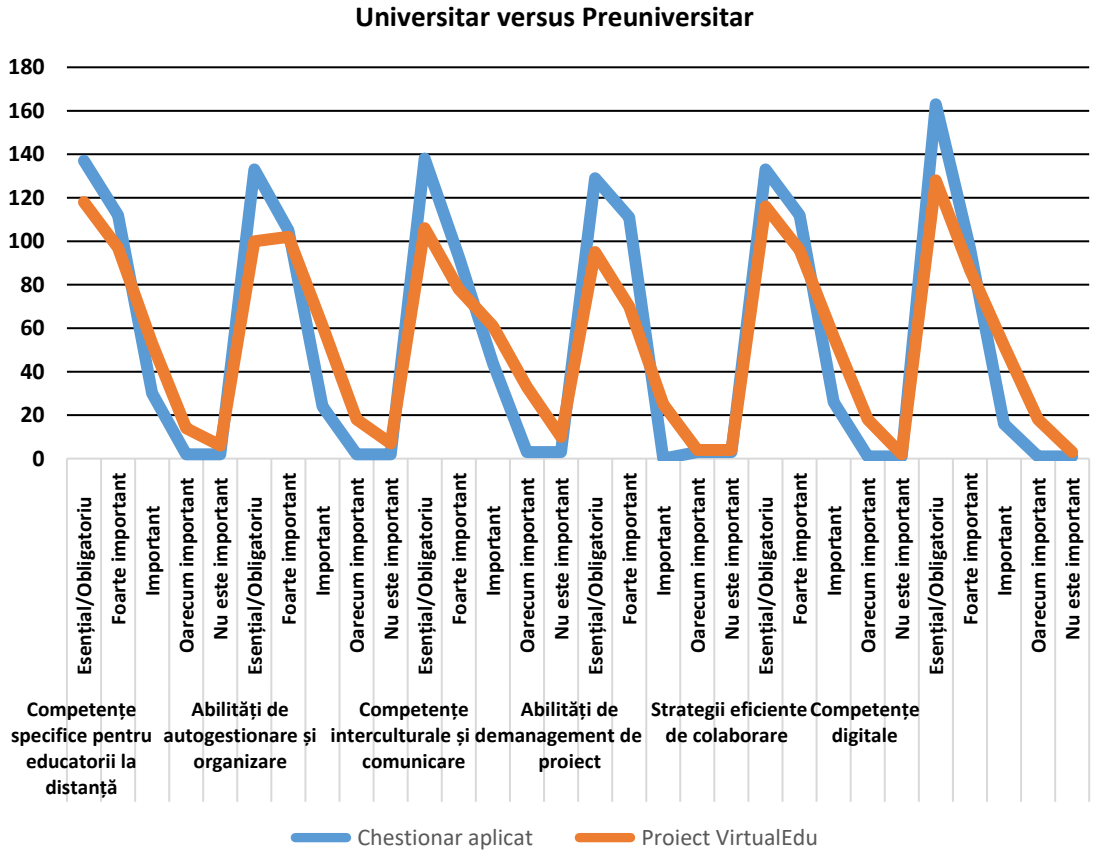


Figura 4. 21 Analiză comparativă între mediul universitar și cel preuniversitar privind competențele profesionale la distanță

Comparația între răspunsurile obținute din chestionarul aplicat în mediul preuniversitar și cele din proiectul VirtualEDU relevă similitudini și diferențe semnificative în percepțiile asupra competențelor necesare pentru educația la distanță. Graficul comparativ de mai sus prezintă aceste rezultate, evidențiind importanța competențelor digitale și strategiilor eficiente de colaborare în ambele medii. Diferențele observate sugerează nevoi distincte între cadrele didactice din mediul universitar și preuniversitar.

Analiza cantitativă

a) Pentru competențe specifice pentru educatorii la distanță:

- Atât în chestionarul aplicat, cât și în proiectul VirtualEDU, această competență este considerată esențială/obligatorie într-un procent semnificativ (137 vs. 118).

- Diferențele dintre cele două surse sugerează că, deși percepțiile sunt similare, educatorii preuniversitari acordă o importanță ușor mai mare acestei competențe.

b) Pentru abilități de autogestionare și organizare:

- Percepțiile sunt foarte asemănătoare între cele două grupuri, ambele considerând aceste abilități foarte importante/relevante.

- Ușoarele variații pot fi atribuite contextelor diferite în care se desfășoară activitatea educațională.

c) Pentru competențe interculturale și de comunicare:

BUPT

- Ambele grupuri consideră aceste competențe importante, cu o ușoară diferență în favoarea mediului universitar pentru relevanță esențială/obligatorie (106 vs. 138).

- Aceste diferențe pot reflecta nevoia mai acută de competențe interculturale în mediul universitar, unde diversitatea elevilor poate fi mai mare.

d) Abilități de management de proiect:

- Există o similitudine semnificativă în evaluările ambelor grupuri, deși mediul preuniversitar acordă o importanță ușor mai mare acestor abilități.

- Relevanța acestor abilități este recunoscută în ambele medii, fiind esențială pentru gestionarea eficientă a proiectelor educaționale la distanță.

e) Strategii eficiente de colaborare:

- Atât mediul universitar, cât și cel preuniversitar recunosc importanța strategiilor de colaborare, cu o ușoară diferență în favoarea mediului preuniversitar.

- Aceasta reflectă necesitatea de a colabora eficient în echipe diverse, mai ales în contextul educației la distanță.

f) Competențe digitale:

- Această competență este considerată esențială/obligatorie de ambele grupuri, cu mediul preuniversitar acordând o importanță mai mare (163 vs. 128).

- Diferențele pot reflecta nevoia de competențe digitale avansate în mediul preuniversitar pentru utilizarea tehnologiilor complexe în predare și cercetare.

Analiza calitativă

Diferențele și similitudinile identificate în percepțiile celor două grupuri sugerează o nevoie comună de competențe în educația la distanță, cu accent pe competențele digitale și de autogestionare. Variabilitatea în importanța acordată competențelor interculturale și de comunicare, precum și abilităților de management de proiect, reflectă particularitățile fiecărui mediu educațional.

Urmare a acestor analize comparative se evidențiază următoarele observații:

- ✓ Dezvoltarea și implementarea unor programe de formare specifice este necesară pentru îmbunătățirea și consolidarea competențelor digitale atât în mediul universitar, cât și în cel preuniversitar;
- ✓ atenție deosebită ar trebui acordată pentru dezvoltarea competențelor interculturale și de comunicare în mediul universitar, unde atât diversitatea studenților, cât și a profesorilor poate fi mai pronunțată;
- ✓ În programele de formare profesională ar trebui incluse module privind abilitățile de management de proiect, adaptate specificului pentru fiecare mediu educațional. Mai mult, programele de formare profesională ar trebui să fie personalizate tocmai pentru a răspunde acestor nevoi specifice;
- ✓ De asemenea, se recomandă dezvoltarea unor strategii de colaborare eficiente care să fie integrate în activitățile educaționale zilnice, pentru a promova colaborarea eficientă, atât între cadrele didactice, cât și între elevi/studenți.

Integrarea unei abordări mixte, care combină analiza cantitativă și calitativă, oferă o imagine completă asupra nevoilor și percepțiilor cadrelor didactice și facilitează astfel implementarea unor strategii eficiente de dezvoltare a competențelor necesare pentru educația la distanță.

BUPT

4.2.3.4.2. Analiza calitativă privind dezvoltarea profesională în contextul educației la distanță

Comparația realizată mai sus subliniază necesitatea unei analize calitative pentru a înțelege mai bine motivele din spatele acestor percepții, iar în cadrul instrumentului de colectare al datelor (chestionarului) aplicat, întrebarea nr. 8 invită respondenții să sugereze subiecte suplimentare care ar fi benefice pentru dezvoltarea profesională în contextul educației și muncii la distanță.

Din cei 361 de respondenți, 38,5% (139 de persoane) nu au avut sugestii. Acest procent semnificativ indică satisfacția privind subiectele actuale, dar și o lipsă de idei suplimentare. Totuși, majoritatea respondenților (61,5%, adică 222 de persoane) au oferit sugestii valoroase.

Respondenții au subliniat diverse teme, care sunt esențiale pentru îmbunătățirea și diversificarea programelor de formare profesională. Acești piloni principali sunt prezentați sintetic în harta conceptuală din figura 4.22, iar fiecare categorie a fost detaliată mai jos pentru a sublinia importanța și relevanța lor.

Majoritatea respondenților au evidențiat necesitatea unor programe care să îmbunătățească competențele digitale și tehnologice. Aceste competențe includ utilizarea eficientă a platformelor de e-learning și integrarea noilor tehnologii în procesul educațional, inclusiv prin combinarea cu inteligența artificială. Se sugerează cursuri specifice pentru utilizarea avansată a instrumentelor digitale, care să ajute la creșterea eficienței predării online.

Comunicarea eficientă în mediul online este foarte importantă. Respondenții au subliniat necesitatea unor tehnici de comunicare adaptate mediului virtual, precum și strategii pentru construirea și menținerea relațiilor interpersonale la distanță. Aceste abilități sunt necesare pentru crearea unui mediu educațional coeziv și suportiv.

Educația continuă și dezvoltarea profesională sunt esențiale pentru a ține pasul cu schimbările rapide din domeniul tehnologiei educaționale. Respondenții au sugerat că este nevoie de programe de formare continuă adaptate noilor realități, acces la resurse și module de actualizare a competențelor pentru profesori și alți profesioniști din domeniu.

Pentru desfășurarea eficientă a educației online sunt vitale atât asigurarea accesului la echipamente adecvate, cât și îmbunătățirea infrastructurii tehnice. Respondenții au menționat necesitatea unor investiții în infrastructura IT și în echipamente moderne, pentru a susține calitatea predării și învățării la distanță.

O abilitate care nu trebuie să lipsească niciunui profesor este gestionarea eficientă a timpului și resurselor în mediul online. Respondenții au indicat necesitatea unor strategii de management al timpului și al resurselor, care să contribuie la optimizarea activităților educaționale și la reducerea stresului asociat cu munca la distanță.

De o importanță majoră în contextul educației la distanță sunt aspectele privind siguranța datelor personale și securitatea informațiilor. Respondenții au subliniat necesitatea unor politici clare de securitate cibernetică și protecția datelor, pentru a crea un mediu educațional sigur și de încredere.

Foarte importante sunt considerate: adaptarea curriculumului pentru a include componente digitale și diversificarea materialelor educaționale. Respondenții au sugerat necesitatea de a actualiza și diversifica curriculumul pentru a răspunde mai bine nevoilor elevilor în mediul online.

BUPT

Trebuie luate în considerare nevoile specifice ale diferitelor grupuri de elevi. Respondenții au menționat necesitatea de a dezvolta cursuri de sprijin pentru elevii cu cerințe educaționale speciale și pentru alte grupuri vulnerabile.

De asemenea importante sunt reglementările și politicile educaționale pentru învățământul la distanță. Respondenții au subliniat necesitatea unor clarificări legislative și a unor reglementări adaptate pentru a sprijini eficient educația online.

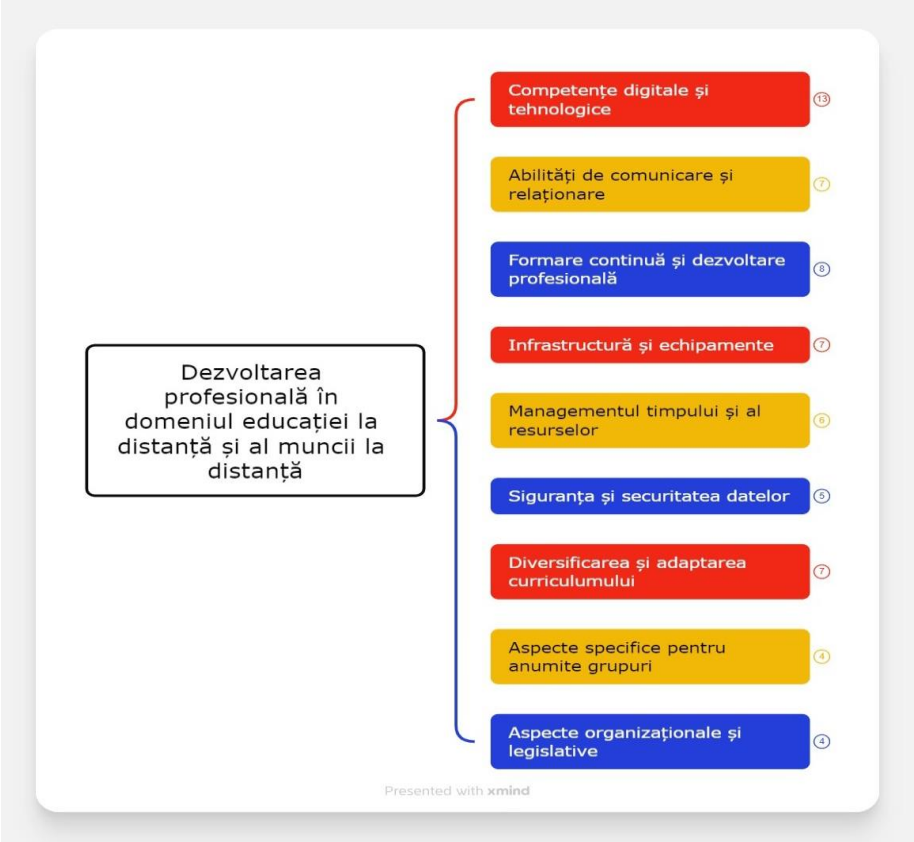


Figura 4.22 Dezvoltarea profesională în contextul educației și muncii la distanță, harta conceptuală

Din citatele reprezentative din răspunsurile oferite de profesori am ales câteva cu accent pozitiv, dar și unele foarte interesante privind partea mai puțin atractivă:

„Educația la distanță este bună pentru partea teoretică, ajută foarte mult, sunt instrumente AI foarte bune pentru o înțelegere de bază a principiilor. Însă nu va înlocui niciodată partea practică, în care deprinderile de lucru sunt dezvoltate mult mai corect și ușor. Chiar și în era roboților și coboților, înainte de a programa acel robot să schimbe un rulment, de exemplu, operatorul ar trebui să știe să execute manual această operație."

„Cel mai important lucru este deschiderea cadrelor didactice către nou."

„Asigurarea materialelor necesare: laptopuri, tablete și diferite materiale pentru învățământul online pentru profesori și elevi. Aici suntem deficitari."

„Cursuri gratuite pentru profesori pentru a se familiariza cu acest mod de lucru."

„Dezvoltarea competențelor digitale prin accesul cursanților gratuit, la toate platformele digitale." Figura 4.23 prezintă sinteza răspunsurilor privind aceste competențe.

BUPT

„Formarea și dezvoltarea pozitivă a elevului/studentului, vizând prioritar gândirea analitică, sintetică și critică, nu memoria mecanică de scurtă durată și totodată susținerea si consolidarea motivației intrinseci.”

„Fără munca de la distanță.”

„Învățământ primar nu se poate face de la distanță. Mai ales clasa I în care elevii învață scrierea de mână. Din cauza pandemiei și a dezinteresului familiilor, elevii au un scris ilizibil.”

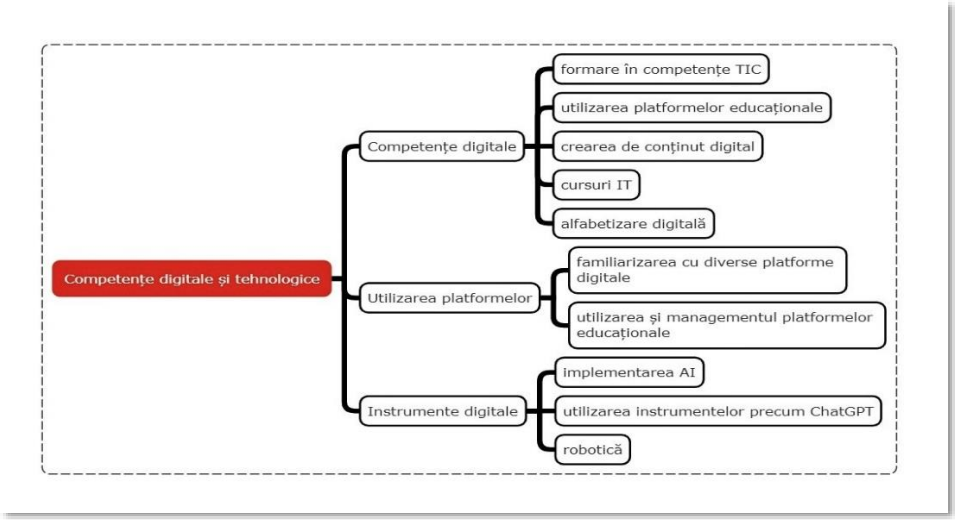


Figura 4.23 Competențele digitale și tehnologice, harta conceptuală

Sugestiile oferite de respondenți subliniază o nevoie clară de dezvoltare și adaptare a programelor de formare profesională. In Figura 4.24 aceste sugestii sunt sintetizate, iar ele evidențiază importanța investițiilor în tehnologie, formarea continuă a cadrelor didactice și dezvoltarea competențelor digitale și de comunicare. Integrarea acestor sugestii în strategia de dezvoltare profesională va contribui semnificativ la îmbunătățirea calității educației la distanță și la eficientizarea muncii remote, asigurând un mediu educațional modern, sigur și eficient.

BUPT

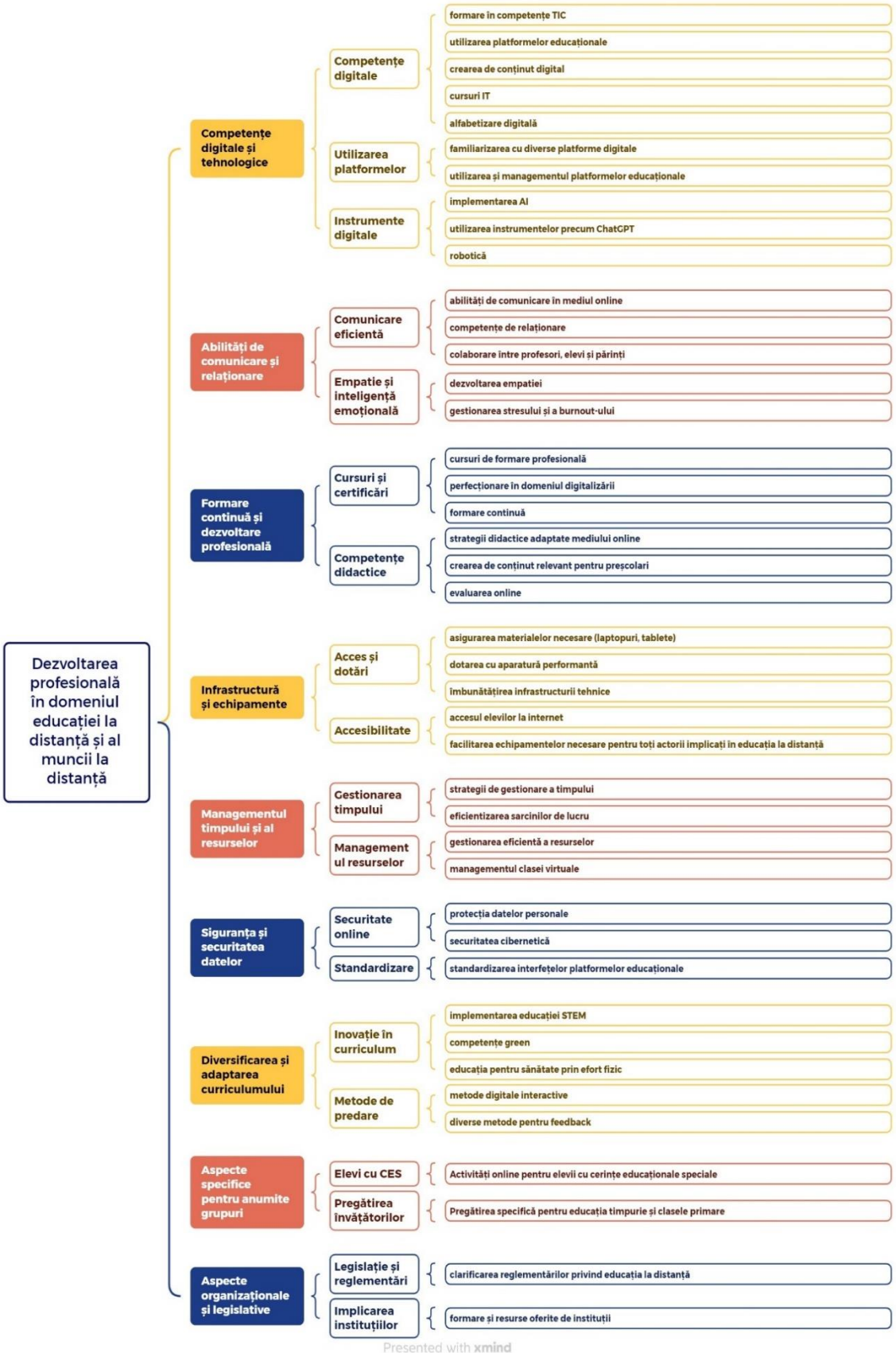


Figura 4. 24 Formarea și dezvoltarea profesională

BUPT

4.2.4. Concluzii și direcții viitoare de cercetare privind activitatea la distanță

4.2.4.1. Concluzii bazate pe analiza răspunsurilor

Din analiza integrală a instrumentului de colectare al datelor (chestionarul aplicat), se pot trage concluzii importante:

Prima concluzie este cu privire la competențele digitale și tehnologice. Multe răspunsuri sugerează necesitatea dezvoltării competențelor digitale și a utilizării tehnologiei în educație. Acest lucru include atât competențe TIC, cât și utilizarea platformelor educaționale și a echipamentelor tehnologice adecvate. Existența unei infrastructuri tehnologice adecvate (echipamente, internet de înaltă calitate) este considerată esențială pentru succesul educației la distanță și al muncii la distanță.

A doua concluzie se referă la abilități de comunicare și relaționare, care, atât în mediul online cât și offline, sunt văzute ca fundamentale. Acestea includ comunicarea eficientă cu elevii, părinții și colegii, precum și colaborarea între diferitele părți implicate în procesul educațional.

A treia concluzie arată că există o dorință clară pentru cursuri de formare continuă, atât în domeniul digitalizării cât și în alte arii relevante, cum ar fi managementul timpului, empatia și reziliența. Atât profesorii, cât și personalul didactic își doresc acces la cursuri și resurse care să le permită să se adapteze și să își îmbunătățească competențele în contextul predării la distanță.

Cea de-***a patra concluzie*** sugerează că sunt necesare clarificări legislative și procedurale pentru a reglementa educația și munca la distanță. Aceasta include protecția datelor personale și standardizarea utilizării platformelor educaționale.

Concluzii bazate pe analiza răspunsurilor și legătura cu educația STEM integrată

A cincea concluzie se referă la dezvoltarea competențelor STEM. Răspunsurile evidențiază nevoia de competențe digitale avansate, care sunt parte integrantă a educației STEM. Aceste competențe includ nu doar utilizarea tehnologiei, ci și abilități de gândire critică, soluționare a problemelor și inovare.

A șasea concluzie arată importanța implementării noilor tehnologii. Menționarea utilizării inteligenței artificiale și a roboticii sugerează o dorință de integrare a noilor tehnologii în curriculumul educațional. Aceste subiecte sunt esențiale pentru o educație STEM relevantă și actualizată.

A șaptea concluzie aduce în atenție infrastructura tehnologică, deoarece accesul la echipamente și resurse tehnologice este primordial pentru implementarea cu succes a educației STEM. Fără infrastructura adecvată, este dificil să se predea și să se învețe aceste subiecte eficient.

O ***a opta concluzie***, cu privire la formare specifică pentru educația STEM, arată că profesorii au nevoie de cursuri de formare specializate care să le permită să predea eficient subiectele STEM. Aceasta include nu doar competențe tehnice, ci și metode pedagogice moderne și interactive.

După parcurgerea și analiza cantitativă și calitativă a răspunsurilor la întrebarea nr. 8, este evident că pentru a îmbunătăți educația la distanță și munca la distanță, este necesară o investiție semnificativă în dezvoltarea competențelor digitale, infrastructura tehnologică și formarea continuă a profesorilor. Integrarea educației STEM este primordială, deoarece pregătește elevii pentru provocările

BUPT

viitorului și asigură că aceștia au abilitățile necesare pentru a naviga într-o lume din ce în ce mai digitalizată.

4.2.4.2. Concluzii și implicații pentru implementare

Această secțiune funcționează ca o punte între rezultatele cercetării și implementarea practică și oferă cadrul necesar pentru viitoarele studii și inițiative, în domeniul educației la distanță. Astfel, prin abordarea concluziilor și implicațiilor practice, cercetarea nu rămâne doar la nivel teoretic, ci are un impact concret și benefic asupra educației STEM și a sistemului educațional în ansamblu.

Cercetarea aplicativă a explorat multiple aspecte ale educației STEM, ale muncii și educației la distanță, oferind o perspectivă cuprinzătoare asupra provocărilor și oportunităților existente. Concluziile principale ale acestei cercetări, împreună cu implicațiile relevante pentru implementarea în practică, sunt prezentate în continuare.

Ca ***o primă concluzie***, accesul și disponibilitatea resurselor tehnologice reprezintă un factor determinant pentru succesul educației la distanță. Lipsa accesului la o tehnologie adecvată creează o barieră semnificativă pentru elevi și profesori, afectând performanța educațională. Implicația derivată din această concluzie este necesitatea de a investi în infrastructura tehnologică și de a asigura resurse tehnologice accesibile pentru toți participanții la procesul educațional. Această necesitate include distribuirea de echipamente și asigurarea accesului la internet de înaltă viteză.

A doua concluzie se referă la experiențele și percepțiile elevilor și profesorilor în cadrul educației la distanță. Analiza a evidențiat o gamă largă de percepții, de la entuziasm și apreciere pentru flexibilitatea oferită, până la frustrare și dificultăți în adaptare. În acest context, este necesară implicarea activă a elevilor și profesorilor în procesul de evaluare, dar și îmbunătățirea continuă a platformelor și metodologiilor de predare. Implementarea unor sondaje periodice și a unor grupuri de discuții oferă feedback valoros pentru adaptarea strategiilor educaționale.

Ca o ***a treia concluzie***, metodele de predare și activitățile educaționale joacă rolul principal în succesul educației STEM la distanță. Am identificat activități și metode care se dovedesc a fi mai eficiente în mediul online, iar integrarea tehnologiilor emergente, cum ar fi realitatea augmentată și inteligența artificială, pot îmbunătăți semnificativ experiența educațională. Prin urmare, sunt deosebit de necesare atât formarea continuă a cadrelor didactice în utilizarea acestor tehnologii, cât și dezvoltarea de resurse educaționale adaptate pentru succesul pe termen lung.

A patra concluzie se concentrează asupra performanței și rezultatelor educaționale. În anumite cazuri, educația la distanță poate produce rezultate comparabile sau chiar superioare educației tradiționale, mai ales când este implementată corespunzător. În acest sens, monitorizarea continuă a performanței și ajustarea metodelor de predare pentru a răspunde nevoilor specifice ale elevilor devine o practică vitală. De asemenea, este foarte importantă dezvoltarea de instrumente de evaluare adaptate contextului online.

A cincea concluzie privește colaborarea și suportul oferit în cadrul educației la distanță. Lipsa interacțiunii directe poate conduce la sentimentul de izolare, atât pentru elevi, cât și pentru profesori. Astfel, pentru a menține un mediu educațional sănătos și productiv, devin primordiale crearea de comunități de

BUPT

învățare online și facilitarea comunicării constante. Pentru reducerea sentimentului de izolare sunt importante activitățile de implementare a unor platforme de colaborare eficiente și organizarea de sesiuni de suport și mentorat.

În final, dar nu în cele din urmă, ***a șasea concluzie*** se referă la impactul asupra sănătății mentale și bunăstării participanților la educația la distanță. Stresul și anxietatea pot fi amplificate de provocările tehnice și de lipsa interacțiunii față în față. Prin urmare, pentru a asigura bunăstarea tuturor participanților este esențială implementarea unor măsuri de suport pentru sănătatea mentală, cum ar fi consilierea psihologică.

Aceste concluzii și implicații pentru implementare subliniază necesitatea unei abordări integrate și adaptabile în educația STEM și în educația la distanță. Prin abordarea acestor aspecte, implementarea unor soluții eficiente și punerea lor responsabilă în practică, se asigură un mediu educațional de calitate, capabil să răspundă provocărilor contemporane, dar și pentru viitor.

4.2.4.3. Direcții viitoare de cercetare privind educația și munca la distanță

În contextul educației, analiza strategică este esențială pentru planificarea direcțiilor viitoare și pentru adaptarea la schimbările rapide din domeniu. O abordare inovativă a acestei analize este WOTS, un twist al binecunoscutei analize SWOT. Prin schimbarea ordinii de evaluare, WOTS pune accentul pe Puncte slabe (Weaknesses), Oportunități (Opportunities), Amenințări (Threats) și, în cele din urmă, Puncte tari (Strengths). Abordarea WOTS este inedită datorită modului de lucru, care începe cu identificarea punctelor slabe, ceea ce permite o evaluare directă și sinceră a deficiențelor. Această abordare este deosebit de utilă în mediul educațional, unde este important să se recunoască și să se abordeze slăbiciunile pentru construirea unei baze puternice, înainte de a explora oportunitățile și de a contracara amenințările. În comparație cu analiza SWOT tradițională, WOTS promovează o planificare realistă și bine fundamentată, prin evitarea supraestimării punctelor tari (Benzaghta ș.a., 2021; Kazan ș.a., 2023; Ravanavar & Charantimath, 2012).

De asemenea, analiza WOTS se încadrează în mod ideal în secțiunea de direcții viitoare, pentru că oferă fundația de dezvoltare a unor strategii educaționale orientate spre viitor, prin identificarea și abordarea problemelor structurale înainte de a valorifica oportunitățile. Acest tip de analiză este, prin natura sa, calitativă și descriptivă, oferind o evaluare detaliată și nuanțată a contextului educațional (Dyson, 2004; Rauch, 2007).

Pentru a ajuta la consolidarea argumentației și la demonstrarea familiarității cu literatura de specialitate, numeroși autori sunt recunoscuți pentru contribuțiile în domeniul analizei strategice, implicit al dezvoltării modelelor de analiză SWOT și WOTS și al diferențelor dintre modele. Fred R. David (2017) a prezentat în cartea sa WOTS ca o variantă a analizei SWOT, punând accent pe evaluarea *"Ce este?" (What is?)* în loc de punctele slabe (David ș.a., 2017). Heinz Weihrich (1982), a propus TOWS ca o alternativă la SWOT, cu accent pe analiza factorilor externi înainte de cei interni (Weihrich, 1982). Ghazinoory, Abdi și Azadegan-Mehr (2011), au discutat WOTS ca o variantă a SWOT care încurajează o analiză mai obiectivă (Ghazinoory ș.a., 2011).

Până în prezent, analiza WOTS nu a fost folosită pe scară largă în literatura de specialitate, însă a fost aplicată în diverse medii de afaceri și organizaționale pentru a îmbunătăți planificarea strategică. În context educațional, această

BUPT

abordare se dovedește a fi deosebit de valoroasă pentru identificarea și abordarea slăbiciunilor sistemice și pentru valorificarea oportunităților emergente într-un mod realist și bine fundamentat (Kazan ș.a., 2023).

Analiza WOTS prezentată aici se încadrează într-o metodologie calitativă și descriptivă. Ea utilizează datele din instrumentul de colectare al datelor (chestionarul aplicat) și proiectul VirtualEDU (graficul din figura 4.23), pentru a oferi o imagine detaliată a competențelor și provocărilor întâlnite atât în mediul preuniversitar, cât și în cel universitar, imagine pe care am sintetizat-o în tabelul 4.12. Spre deosebire de abordările pur cantitative, care se bazează pe date numerice, analiza WOTS permite o înțelegere mai profundă și nuanțată a contextului educațional, prin prisma experiențelor și percepțiilor participanților.

Tabelul 4. 12 Sinteza comparativă a analizei WOTS pentru mediul preuniversitar și mediul universitar

Categorie	**Aspecte identificate**	**Detalii mediu preuniversitar**	**Detalii mediu universitar**
Puncte slabe	Competențe specifice pentru educatorii la distanță	Nivel scăzut de importanță	-
	Abilități de autogestionare și organizare	-	Nivel scăzut de importanță
	Competențe interculturale și de comunicare	-	Nivel scăzut de importanță
	Abilități de management de proiect	Nivel scăzut de importanță	-
	Strategii eficiente de colaborare	Nivel scăzut de importanță	Nivel scăzut de importanță
	Competențe digitale	Nivel scăzut de importanță	-
Oportunități	Proiecte educaționale (de exemplu: VirtualEDU)	Dezvoltare competențe	Dezvoltare competențe
	Acces la resurse și training	Parteneriate e-learning	Parteneriate e-learning
	Colaborări internaționale	Dezvoltare competențe interculturale	Dezvoltare competențe interculturale
Amenințări	Eșecul în îmbunătățirea competențelor digitale	Dificultăți de adaptare	-
	Lipsa de importanță pentru strategii de colaborare	Dificultăți în proiecte colaborative	-
	Deficiențe în competențele interculturale	-	Limitarea colaborărilor internaționale
Puncte tari	Competențe interculturale și de comunicare	Foarte importante	-
	Abilități de autogestionare și organizare	Esențiale	-
	Competențe digitale	-	Foarte importante
	Abilități de management de proiect	-	Foarte importante
	Strategii eficiente de colaborare	-	Foarte importante

BUPT

Datele din graficul comparativ privind competențele și abilitățile necesare în mediul preuniversitar și universitar, coroborate cu tabelul de mai sus, arată că analiza WOTS relevă următoarele concluzii:

- ✓ ***Puncte slabe***: Mediul preuniversitar prezintă deficiențe semnificative în competențele specifice pentru educatori la distanță, abilitățile de management de proiect și competențele digitale. Comunicarea și colaborarea eficientă sunt, de asemenea, identificate ca fiind domenii problematice.
- ✓ ***Oportunități:*** Proiecte educaționale precum VirtualEDU oferă oportunități de dezvoltare a competențelor necesare. Accesul la resurse globale și parteneriate cu platforme de e-learning pot contribui semnificativ la îmbunătățirea competențelor interculturale și digitale.
- ✓ ***Amenințări:*** Lipsa îmbunătățirii competențelor digitale și strategiilor de colaborare poate duce la dificultăți în adaptarea la noile metode de învățare și la implementarea proiectelor colaborative. Inegalitatea accesului la tehnologie și sentimentul de izolare socială sunt, de asemenea, amenințări semnificative.
- ✓ ***Puncte tari:*** În mediul preuniversitar, competențele interculturale și de comunicare, alături de abilitățile de autogestionare și organizare, reprezintă puncte tari esențiale. În mediul universitar, competențele digitale și abilitățile de management de proiect sunt foarte apreciate, sugerând o puternică capacitate tehnologică și de gestionare eficientă a proiectelor.

În acest context, pentru a oferi o direcție valoroasă pentru cercetările viitoare, vom folosi Modelul cadru de aliniere (congruență) Nadler-Tushman (figura nr. 3.15), model despre care am discutat pe larg în secțiunile 3.4.2 și 3.4.3 ale lucrării. Considerăm că acest model structurat facilitează evaluarea și îmbunătățirea aliniamentului atât între diferitele componente ale unui sistem educațional, cât și a unui sistem profesional de muncă la distanță, contribuind la identificarea soluțiilor optime.

În vederea îmbunătățirii alinierii între componentele unui sistem educațional și/sau de muncă la distanță, utilizarea Modelului de aliniere Nadler-Tushman (a se vedea și secțiunea 3.4.3. din lucrare), adaptat și prezentat în figura nr. 3.16, ajută la evaluarea congruenței interne a sistemului și facilitează identificarea și implementarea soluțiilor necesare pentru optimizarea performanței.

Modelul de aliniere (congruență) Nadler-Tushman este un instrument esențial pentru evaluarea și optimizarea sistemelor complexe, fie ele educaționale, fie profesionale de muncă la distanță. Acest model oferă o abordare structurată pentru a asigura că toate componentele unui sistem funcționează în armonie, ceea ce este esențial pentru atingerea performanțelor optime. De asemenea, modelul se bazează pe principiul că eficiența unui sistem este determinată de gradul de congruență între componentele sale și sugerează că atunci când există o congruență puternică, adică un aliniament corect între componentele interne ale unui sistem, performanțele sistemului sunt maxime. Dacă există disfuncționalități sau lipsă de congruență, acestea pot duce la performanțe sub așteptări.

Procesul propus ca direcții viitoare de cercetare, în baza Modelului cadru de aliniere Nadler-Tuschman, în opt etape (figura 4.25), pentru evaluarea și ajustarea congruenței, este următorul:

BUPT

1) Identificarea indicatorilor de performanță redusă, ceea ce implică o introspecție atentă asupra performanțelor curente ale sistemului și identificrea ariilor care nu funcționează conform așteptărilor.
2) Analiza elementelor fundmentale, prin evaluarea resurselor disponibile, a structurii organizatorice și strategiei generale, pentru a identifica posibilele surse ale problemelor de congruență.
3) Identificarea Output-urilor care verifică rezultatele obținute și evaluarea concordanței acestora cu obiectivele strategice ale organizației sau sistemului.
4) Identificarea discrepanțelor este o etapă vitală în vederea identificării diferențelor dintre obiectivele stabilite și rezultatele efectiv obținute, ceea ce poate dezvălui necesitatea unei intervenții (a se vedea, în acest sens, secțiunea 2.1.2.1 a prezentei lucrări).
5) Analizarea celor patru componente, care se realizează prin analiza interacțiunilor dintre: *resurse, structura organizatorică, cultura internă și funcțiile componentelor*, pentru a identifica posibile conflicte sau neconcordanțe (a se vedea și figura. 3.15 din secțiunea 3.4.2)
6) Evaluarea cadrului de aliniere dintre principiile de operare și obiectivele organizației prin identificarea ariilor care necesită ajustări pentru a asigura congruența.
7) Corelarea alinierii cu rezultatele presupune evaluarea impactului ajustărilor realizate, prin compararea alinierii obținute cu problemele identificate anterior.
8) Implementarea măsurilor constă în aplicarea soluțiilor bazate pe cunoașterea profundă a situației, ceea ce poate implica reorganizări, ajustări și realinieri pentru a asigura congruența și performanța optimă.

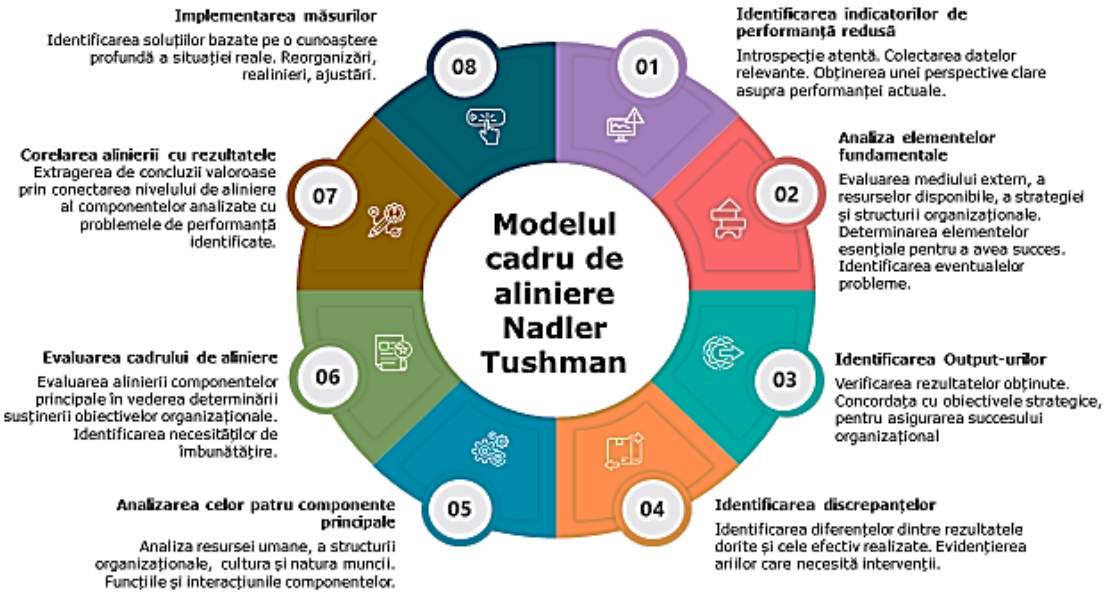


Figura 4.25 Modelul de congruență Nadler-Tushman

Originalitatea modelului rezidă în abordarea sa sistematică și holistică. Spre deosebire de alte modele care se concentrează pe ajustarea unei singure

BUPT

componente a unui sistem, Nadler-Tushman subliniază importanța interacțiunii și aliniamentului dintre toate componentele. Aceasta oferă o imagine de ansamblu asupra modului în care fiecare parte a sistemului influențează și este influențată de celelalte.

Modelul este extrem de util în contexte în care este necesară o ajustare fină a sistemului pentru a răspunde unor cerințe dinamice sau pentru a se adapta la schimbări externe. În educația STEM modelul poate fi aplicat pentru a asigura că toate aspectele programelor educaționale sunt în armonie, pornind de la curriculum și metode de predare, până la resursele disponibile și strategiile de evaluare. În munca la distanță, modelul poate ghida ajustările necesare pentru a asigura că echipele distribuie sarcinile eficient și colaborează eficient, chiar și în absența unei interacțiuni față în față.

În concluzie, Modelul de aliniere Nadler-Tushman oferă un cadru clar pentru analiza și îmbunătățirea sistemelor și facilitează o adaptare rapidă și eficientă la schimbările necesare, asigurând performanțe optime într-un mod inovator și aplicabil în diverse domenii. De asemenea, cu referire directă la contextul complex al educației la distanță și al educației STEM, modelul cadru de aliniere Nadler-Tushman oferă o bază solidă pentru a evalua și optimiza diferitele componente ale unui sistem educațional, respectiv resursele tehnologice, metodele de predare, colaborarea și bunăstarea mentală a elevilor și profesorilor. Acest model subliniază importanța congruenței între diversele elemente ale sistemului educațional pentru a asigura eficacitatea și succesul acestuia.

La finalul acestui capitol, tabelul de mai jos prezintă propunerea pentru direcții viitoare de cercetare, care se aliniază perfect cu etapele din modelul Nadler-Tushman și oferă un cadru sistematic pentru a explora și a îmbunătăți educația la distanță.

Tabelul 4.13 Propuneri pentru direcții viitoare de cercetare privind educația și munca la distanță

Nr. crt.	**Direcții de cercetare**	**Scopul cercetării**	**Întrebări de cercetare**
1	Evaluarea accesului și disponibilității resurselor tehnologice	Investigarea impactului accesului la tehnologie asupra succesului educației la distanță	Care sunt barierele tehnologice cele mai frecvente întâmpinate de elevi și profesori? (Beaunoyer ș.a., 2020) Cum influențează disponibilitatea resurselor tehnologice performanța educațională? (Scheerder ș.a., 2017)
2	Analiza experiențelor și percepțiilor elevilor și profesorilor	Evaluarea gradului de confort și competență în utilizarea platformelor online	Cum percep elevii și profesorii eficacitatea educației la distanță comparativ cu educația tradițională? (Rapanta ș.a., 2020) Ce factori contribuie la satisfacție sau insatisfacție în educația la distanță? (Dhawan, 2020)
3	Evaluarea metodelor de predare și a	Identificarea celor mai eficiente metode de	Care sunt tipurile de activități educaționale care produc cele

BUPT

	activităților educaționale	predare pentru educația STEM la distanță	mai bune rezultate în educația STEM la distanță? (Bond ș.a., 2021) Cum pot fi utilizate tehnologii inovatoare pentru a îmbunătăți procesul educațional? (Fuchs, 2022; Hodges ș.a., 2020)
4	Investigarea performanței și a rezultatelor educaționale	Măsurarea impactului educației la distanță asupra dezvoltării competențelor STEM	Cum variază competențele dobândite de elevi înainte și după implementarea educației la distanță? (Means ș.a., 2014) Care sunt factorii determinanți ai succesului academic în contextul educației la distanță? (Lai & Bower, 2019)
5	Analiza colaborării și suportului oferit	Evaluarea nivelului de suport și colaborare în educația la distanță	Cum percep elevii și profesorii suportul primit în cadrul educației la distanță? (Borup ș.a., 2014) Care sunt metodele eficiente pentru îmbunătățirea colaborării între elevi și între profesori? (Garrison ș.a., 1999)
6	Investigarea impactului asupra sănătății mentale și bunăstării	Evaluarea efectelor educației la distanță asupra sănătății mentale a elevilor și profesorilor	Ce impact are educația la distanță asupra stresului, anxietății și bunăstării generale a elevilor și profesorilor? (Rajkumar, 2020) Ce măsuri pot fi luate pentru a îmbunătăți sănătatea mentală în cadrul educației la distanță? (Sahu, 2020)

Fiecare direcție de cercetare identificată în tabel abordează un aspect esențial al sistemului educațional, de la accesul la resurse tehnologice până la impactul asupra sănătății mentale, reflectând nevoia de congruență și coerență între componente pentru a atinge performanța dorită.

BUPT

5. CONSIDERAȚII ȘI PERSPECTIVE PRIVIND EDUCAȚIA STEM ÎN ROMÂNIA. STRATEGII, REUȘITE ȘI PROVOCĂRI

Educația STEM este unul dintre pilonii fundamentali în formarea competențelor necesare într-o societate modernă bazată pe inovare și tehnologie. Educația umanistă și socială, educația antreprenorială, educația pentru dezvoltare durabilă și educația digitală contribuie la pregătirea viitoarei generații capabile să facă față provocărilor complexe ale societății contemporane. În România, implementarea educației STEM aduce cu sine o serie de reușite, dar și provocări semnificative. În acest capitol, ne vom concentra pe strategiile utilizate pentru a îmbunătăți educația STEM, rezultatele obținute până în prezent și dificultățile întâmpinate. Harta conceptuală din figura 5.1 ilustrează principalele direcții și perspective ce conturează acest peisaj educațional.

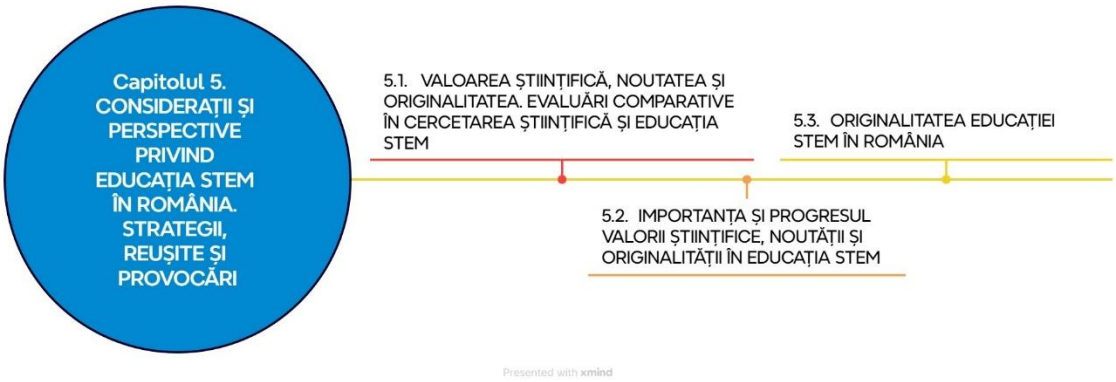


Figura 5. 1 Harta conceptuală a capitolului 5

Astăzi, în România, optimizarea sistemului educațional impune o reevaluare profundă, iar una dintre abordările majore pentru aceasta este reproiectarea (AICESIS, 2019). Această strategie nu doar este necesară, ci și oportună, deoarece introduce elemente de disciplină, inovare, digitizare, digitalizare, transfer tehnologic iar integrarea acestor elemente într-un concept STEM este esențială și reprezintă o consecință naturală a transformării radicale a proceselor de învățământ.

În acest sens, în acest capitol sunt interconectate obiectivele opraționale care se concentrează pe procesul de testare și validare **(OP5)**, modul în care rezultatele pot fi extinse și aplicate la nivel național **(OP9)** și oferă o imagine completă asupra implementării la scară largă:

OP5. Testarea, validarea și transpunerea în formă operațională a metodologiei de cercetare, a soluțiilor propuse;
OP9. Extinderea cercetării aplicative privind eficientizarea educației STEM la nivel național, pentru a obține o imagine mai detaliată și reprezentativă asupra implementării acesteia în diverse contexte educaționale.

Asociația Internațională a Consiliilor Economice și Sociale și a Instituțiilor Asemănătoare (AICESIS) a fost înființată în iulie 1999 la Port Louis, Mauritius. Este o asociație în conformitate cu legea olandeză, cu sediul în Bruxelles, Belgia.

BUPT

AICESIS adună instituții din 72 de țări de pe patru continente: Africa, America Latină-Caribe, Asia și Europa[41]. Consiliul Economic şi Social din România este membru fondator al AICESIS şi este membru al Consiliului de administrație[42].

În octombrie 2019 s-au desfășurat la București lucrările Conferinței Internaționale AICESIS-CES România. Importanța acestei conferințe privind educația STEM derivă din însăși *tema principală de lucru a Președinției României 2017-2019 și anume „Impactul revoluției digitale asupra viitorului omenirii”*[43]. Această temă amplă a abordat subiecte precum evoluția tehnologiei digitale, transformările socio-economice asociate cu aceasta și modul în care aceste schimbări vor influența viitorul societății noastre.

Una dintre concluzii se referă la faptul că impactul revoluției digitale asupra viitorului implică o nevoie crescută de a pregăti tinerii pentru a se adapta la noile cerințe ale pieței muncii și pentru a contribui la dezvoltarea societății bazate pe cunoaștere. Educația STEM joacă un rol fundamental în această tranziție, deoarece se concentrează pe dezvoltarea abilităților tehnologice și științifice necesare pentru a înțelege și aprofunda schimbările aduse de tehnologie. Încă din introducerea raportului de activitate prezentat în cadrul conferinței se evidențiază folosirea de concepte specifice „Educației 5.0”, așa cum se poate observa și din nota de subsol.

„A citi non-linear” nu mai este doar o provocare ci o realitate a zilelor noastre (Amadieu ș.a., 2009), iar înțelesul conceptului, care nu se regăsește ca un termen standardizat în vreun dicționar tradițional, reunește și implică tehnici precum *skimming*[44] (parcurgerea rapidă în vederea identificării informației importante), *scanning* (Amadieu ș.a., 2009; Liu, 2005) (o căutare specifică pentru a afla informația relevantă sau cuvinte cheie) sau *citirea în diagonală* pentru a realiza rapid conexiuni între diverse informații, aparent disparate. Se poate cu ușurință observa legătura specifică citirii non-lineare cu competențele care pot fi obținute prin educația STEM, și anume dezvoltarea gândirii critice și a abilității de sinteză pentru a extrage esența și înțelege relațiile dintre informațiile disponibile, indiferent de modul în care acestea sunt prezentate, abilitate sine-qua-non într-o lume cu o cantitate vastă și diversă de informații.

Reproiectarea educației reprezintă un pas esențial pentru alinierea cu nevoile societății contemporane și cu evoluțiile tehnologice rapide. Ea poate

---

[41] https://aicesis.org/

[42] https://www.ces.ro/aicesis/ro/49

[43] *„Așa după cum am arătat mai devreme, în școlile din zilele noastre nu se mai învață o serie întreagă de meserii, pentru că există mașini care fac aceleași operații cu mult mai bine și mult mai repede decât omul. Există însă alte meserii care le-au luat locul și care chiar dacă nu sunt învățate în școală, sunt deprinse de către noua generație născută la frontiera dintre milenii în și prin forme de învățare non-lineară. Deci, în loc să ne întrebăm dacă va mai fi nevoie să știm să citim spre exemplu, să ne întrebăm dacă nu cumva va trebui să învățăm un nou mod de a citi - non-linear. Non-linearitatea este și va rămâne cheia acestui nou viitor și spre a putea să îi valorificăm toate oportunitățile și mai ales acelea legate de eradicarea „giganților” beveridgieni, va trebui să ne adaptăm și să valorificăm non-linearitatea. Generația născută la frontiera dintre milenii deja o face. Viitorul este de fapt aici și nu sună deloc rău.”* Pasaj preluat din sursa originală, fără modificări: Impactul Revoluției Digitale Asupra Viitorului Omenirii, Tema principală de lucru a Președinției Române 2017 – 2019, RAPORT DE ACTIVITATE, AICESIS, București, 9-11 octombrie 2019, pp 3-4

[44] J. Starke, C. Luce and J. Sillito, "Searching and skimming: An exploratory study," 2009 IEEE International Conference on Software Maintenance, Edmonton, AB, Canada, 2009, pp. 157-166, doi: 10.1109/ICSM.2009.5306335.

BUPT

contribui la formarea unei forțe de muncă calificate și la dezvoltarea unei societăți mai competitive și inovatoare în România.

În contextul reproiectării educației STEM în România, este esențial să integrăm conceptele de ***valoare științifică***, ***noutate*** și ***originalitate***. Aceste concepte joacă un rol fundamental, atât în cercetarea științifică generală, cât și în educația STEM, oferind un suport puternic pentru evaluarea și dezvoltarea inițiativelor educaționale. Dezvoltăm aceste abordări în secțiunea următoare.

5.1. Valoarea științifică, noutatea și originalitatea. Evaluări comparative în cercetarea științifică și educația STEM

Subiectul comparării și analizei conceptelor de ***„valoare științifică”***, ***„noutate”*** și ***„originalitate”*** în contextul educației STEM versus cercetarea științifică generală nu este unul extrem de comun, dar a fost abordat în diferite forme în literatura de specialitate. Adesea, aceste concepte sunt discutate în contextul metodologiilor de cercetare, evaluării academice și educației inovatoare.

În ultimele decenii, conceptele de „valoare științifică”, „noutate” și „originalitate” au evoluat semnificativ în literatura de specialitate, reflectând schimbările majore în domeniul cercetării științifice și educației STEM. În contextul cercetării științifice generale, aceste concepte au fost esențiale pentru avansarea cunoașterii și pentru validarea contribuțiilor academice. Autori precum Kuhn (1962) și Popper (1959) au stabilit bazele teoretice pentru înțelegerea progresului științific, subliniind importanța paradigmelor și a logicii descoperirii (Henschen, 2019; Kuhn, 2020)(Popper, 2002).

În educația STEM, accentul pe valoarea științifică, noutate și originalitate a devenit esențial în dezvoltarea competențelor necesare pentru a răspunde provocărilor globale și a stimula inovația. Cercetări mai recente (Bybee, 2013; Honey ș.a., 2014) scot în evidență necesitatea integrării acestor concepte în curriculumul educațional, promovând astfel o educație de înaltă calitate și relevantă pentru secolul nostru. Progresele realizate în această direcție, de la clarificarea terminologiei și aplicabilității, la dezvoltarea de metodologii educaționale inovatoare, subliniază importanța unei abordări sintetice și comparative pentru a maximiza impactul educației STEM și a cercetării științifice, ceea ce conduce, din nou și la atingerea obiectivului operațional:

OP6. Realizarea unei analize comparative între inițiativele STEM la nivel global și național pentru a identifica modele de succes și a propune strategii adaptate contextului românesc.

Realizarea unei sinteze comparative între aceste concepte poate aduce beneficii semnificative în înțelegerea modului în care se aplică și se interpretează acestea în diverse contexte. Prin explorarea literaturii de specialitate, se pot evidenția punctele comune și diferențele, oferind un cadru clar și coerent pentru educatori și cercetători. Aceasta poate conduce la: i) clarificarea terminologiei și aplicabilității pentru că ajută la clarificarea modului în care fiecare concept este definit și utilizat în diferite domenii; ii) dezvoltarea de metodologii, deoarece contribuie la crearea de metodologii educaționale și de cercetare care valorifică originalitatea și noutatea și iii) informarea politicilor educaționale, fiindcă poate ghida formularea de politici educaționale care să sprijine inovația și creativitatea în educația STEM.

BUPT

Considerăm că o astfel de sinteză este originală și valoroasă pentru progresul în domeniile educației și cercetării științifice. În acest sens am realizat următoarele două tabele:

Tabelul 5. 1 Definiții și caracteristici privind conceptele „cercetarea științifică” și „educația STEM”

Nr. crt.	Concept	Cercetare științifică	Educație STEM
1	**Valoare științifică**		
1a	Definiție:	Impactul cercetării asupra avansării cunoașterii și aplicațiilor practice.	Impactul practicilor educaționale asupra îmbunătățirii învățării și aplicării cunoștințelor STEM.
1b	Caracteristici:	Rigoare metodologică, relevanță, validitate și reproductibilitate.	Eficiența metodologiilor didactice, relevanță pentru elevi, validitate educațională.
1c	Exemplu:	O descoperire în fizică ce poate revoluționa tehnologia energetică.	Implementarea unui program de învățare, bazat pe probleme, care îmbunătățește semnificativ performanțele elevilor în matematică.
2	**Noutate**		
2a	Definiție:	Gradul de inovație și actualitatea ideilor sau tehnicilor noi.	Introducerea de metode și tehnologii recente în educația STEM.
2b	Caracteristici:	Inovație, actualitate, descoperiri recente.	Utilizarea tehnologiilor emergente, curriculum actualizat, aplicarea descoperirilor recente.
2c	Exemplu:	O nouă metodă de editare genetică ce depășește limitările tehnologiilor anterioare.	Utilizarea realității augmentate pentru predarea conceptelor de fizică, oferind elevilor o experiență de învățare imersivă.
3	**Originalitate**		
3a	Definiție:	Unicitatea și creativitatea abordărilor de cercetare.	Abordări unice și creative în predarea și învățarea STEM.
3b	Caracteristici:	Creativitate, individualitate, perspective neconvenționale.	Metodologii didactice inovatoare, curriculum interdisciplinar, perspective educaționale neconvenționale.
3c	Exemplu:	O teorie revoluționară în cosmologie care oferă o nouă interpretare a datelor existente.	Crearea unui curs interdisciplinar care combină știința și artele pentru a stimula gândirea creativă și inovația în rândul elevilor.

BUPT

Tabelul 5. 2 Paralele și diferențe între conceptele „cercetare științifică” și „educația STEM”

Nr.crt.	Aspect	Paralele	Diferențe
1	Valoare științifică	Ambele domenii necesită rigurozitate metodologică și validitate.	În educație, accentul este pus mai mult pe aplicabilitatea și relevanța directă pentru elevi.
2	Noutate	Inovația și actualitatea sunt esențiale în ambele domenii.	În educație, noutatea trebuie să fie aplicabilă și accesibilă pentru elevi.
3	Originalitate	Unicitatea și creativitatea sunt valorificate în ambele domenii.	În educație, originalitatea trebuie să fie adaptată pentru a stimula învățarea și interesul elevilor.

Această structurare în tabel oferă o vizualizare clară a modului în care conceptele de „valoare științifică”, „noutate” și „originalitate” se aplică diferit în cercetarea științifică generală și în educația STEM.

5.2. Importanța și progresul valorii științifice, noutății și originalității în educația STEM

În decursul ultimelor decenii, conceptele de ***„valoare științifică”, „noutate” și „originalitate”*** au fost subiectul unor ample investigații în literatura academică, reflectând schimbări semnificative în cercetarea științifică și în educația STEM. Aceste concepte sunt foarte importante pentru avansarea cunoștințelor și validarea contribuțiilor academice.

În ceea ce privește conceptul de valoare științifică, Kazemi și Törnblom (2023) subliniază necesitatea contribuțiilor semnificative în cercetarea științifică. Ei evidențiază că formularea de întrebări importante și evitarea *„poluării științifice”* sunt esențiale pentru menținerea integrității și valorii lucrărilor științifice. Această perspectivă se aliniază cu înțelegerea mai largă conform căreia valoarea științifică nu se referă doar la producerea de cunoștințe noi, ci și la asigurarea că aceste cunoștințe contribuie în mod semnificativ la domeniu (Kazemi & Törnblom, 2023).

În ceea ce privește conceptul de noutate, Fiorineschi și Rotini (2023) explorează utilizarea metricilor de noutate în științele designului, indicând că noutatea este o metrică importantă pentru evaluarea contribuției noilor cercetări. Noutatea în educația STEM este deosebit de importantă pentru promovarea inovației și menținerea relevanței curriculumului în fața progreselor tehnologice actuale și viitoare. Prin concentrarea pe abordări noi, educatori pot pregăti mai bine elevii pentru a aborda probleme complexe, din viața reală (Fiorineschi & Rotini, 2023).

În ceea ce privește conceptul de originalitate, Aksnes ș.a. (2023) discută corelația dintre metricile de citare și evaluările cercetătorilor asupra calității lucrărilor lor. Originalitatea, adesea măsurată prin unicitatea și ineditul ideilor prezentate, este un factor cheie în obținerea unor rate ridicate de citare și recunoaștere în comunitatea științifică. Acest aspect este deosebit de relevant în educația STEM, unde cercetarea originală poate inspira noi metodologii de predare și experiențe de învățare (Aksnes, 2006; Aksnes ș.a., 2023).

BUPT

Considerăm că, prin integrarea acestor concepte în educația STEM, ne asigurăm că elevii nu sunt doar consumatori de cunoștințe, ci și contribuitori la comunitatea științifică. Această sinteză a valorii științifice, noutății și originalității poate duce la un sistem educațional mai dinamic și mai eficient, promovând inovația și excelența în cercetare.

Fără îndoială, pentru ca această abordare strategică să devină o realitate, sunt vizate următoarele elemente de legătură:

1. Disciplina contribuie la un mediu de învățare eficient și ordonat. În acest sens este necesară stabilirea unor reguli și standarde clare în procesul educațional, atât pentru elevi, cât și pentru cadrele didactice.

2. Integrarea inovației în curriculum și în metodele de predare, care vor fi de un real ajutor pentru ca elevii să dezvolte abilități critice și creative, necesare pentru a rezolva probleme complexe în lumea reală.

3. Trecerea la platforme digitale și resurse digitale, prin ***digitizare și digitalizare***, pentru adaptarea la mediul tehnologic actual, în vederea facilitării accesului la informație și oferirea de oportunități de învățare flexibile.

4. Promovarea transferului de tehnologie între mediul academic și industrie, acțiune care are potențialul de a crea punți solide între teorie și practică, pregătind astfel elevii pentru cerințele pieței muncii.

5. Integrarea educației STEM în procesul educațional care favorizează interdisciplinaritatea și relevanța educației. Elevii învață să aplice cunoștințele în contexte practice, ceea ce îi pregătește mai bine pentru cariere în domeniile tehnice și științifice.

Putem concepe cele trei concepte: ***valoare, noutate, originalitate*** în educația STEM și ca un trinom, o paradigmă emergentă care schimbă regula jocului: se transformă simplul transfer de cunoștințe (învățarea) într-o co-creație specifică și activă (Frydenberg & Andone, 2023). Această transformare înseamnă, pentru valoarea științifică, implicarea elevilor ca și generatori de cunoaștere, care cultivă scepticism constructiv și gândire critică. Prin integrarea tehnologiilor emergente se stimulează adaptabilitatea cognitivă, ceea ce denotă noutate, iar în privința originalității se reconceptualizează problemele și contextul lor, deoarece se promovează disrupția constructivă. Putem concluziona că aceste trei concepte sunt un ecosistem interdependent care redefinește fundamentele învățării și inovației.

5.3. Originalitatea educației STEM în România

O realitate incontestabilă a lumii contemporane la care trebuie să răspundă educația STEM din România este adaptarea la provocările pieței pentru viitorul forței de muncă, în deplină concordanță cu cerințele pieței globale. Contextul specific țării noastre conduce către o simbioză între tradiție și inovație. Particularitățile educației STEM din țara noastră se disting datorită confluenței moștenirii educației tradiționale cu peisajul eforturilor contemporane de aliniere și modernizare la standardele internaționale.

Sistemul educațional românesc a cunoscut de-a lungul timpului o serie de schimbări, marcate de multiple influențe și transformări. Moștenirea din perioada comunistă, cu o tradiție a educației riguroase în științele fundamentale, exercită chiar și în prezent o anumită influență asupra abordării STEM în România, prin

BUPT

accentul puternic pe fundamente teoretice și pe așa-zisele „discipline pure”, precum fizica și matematica.

Totuși, odată cu trecerea la o economie de piață, educația a fost nevoită să se alinieze și să se recalibreze unor obiective educaționale distincte, tocmai pentru a răspunde noilor cerințe de pe piața muncii. Desigur că aceste cerințe au cerut măsuri specifice și acest proces de adaptare include: i) specializări și discipline noi care reflectă evoluția tehnologică globală; ii) parteneriate benefice părților implicare, respectiv cele între mediul privat și instituțiile de învățământ; iii) metode pedagogice inovatoare, ce încurajează gândirea critică și rezolvarea de probleme și care să se reflecte în viața reală (Andronicеanu ș.a., 2023; Chiriacescu ș.a., 2023; *Economic Convergence in European Union Bucharest 6-7 Th of April 2023*, n.d.; Frydenberg & Andone, 2023; Grosseck ș.a., 2024; Kousloglou ș.a., 2023; Ling ș.a., 2024; Melnic, 2023; Neagu, 2022).

Există provocări care reprezintă în același timp și oportunități, în ceea ce privește progresul educației STEM în România. În acest sens, în tabelul nr. 5.3. prezentăm aspectele mai importante:

Tabelul 5. 3 Avantajele și provocările educației STEM în România

Nr. crt.	**Aspect**	**Pozitiv**	**Negativ**
1	Accentul pe fundamentele teoretice	Soliditatea cunoștințelor de bază în matematică și științe exacte	Posibila neglijare a aspectelor practice și aplicative
		Performanțe remarcabile la olimpiadele internaționale	Risc de supraîncărcare cognitivă pentru elevi
2	Integrarea tardivă, dar accelerată a STEM	Adoptarea rapidă a unor practici moderne	Decalaj față de țările UE în infrastructură și resurse
		Flexibilitate în implementarea noilor abordări	Posibile inconsistențe în implementare
3	Inițiative și implicarea sectorului privat	Programe inovatoare adaptate nevoilor locale	Risc de inegalități între regiuni sau instituții de învățământ
		Creșterea relevanței educației pentru piața muncii	Posibila influență excesivă a intereselor corporative
4	Păstrarea unui sistem de selecție bazat pe performanță	Identificarea și cultivarea talentelor în STEM	Risc de elitism și neglijare a educației de masă
		Menținerea unor standarde înalte de performanță	Presiune psihologică asupra elevilor
5	Adaptarea creativă la constrângerile de resurse	Dezvoltarea unor soluții inovatoare și eficiente din punct de vedere al costurilor	Limitări în accesul la tehnologii și echipamente moderne
		Stimularea creativității în predare și învățare	Posibila suprasolicitare a cadrelor didactice

Pentru a putea distinge care dintre acestea poate fi considerată esențială față de provocările lumii contemporane, este necesară o analiză asupra impactului pe termen lung pe care îl va avea asupra dezvoltării academice și economice

BUPT

(Momete*, 2019). Totuși nu trebuie să uităm că fundamentul îl reprezintă tocmai moștenirea tradițională a excelenței academice în științele exacte, tradiție care se reflectă în performanțele obținute la olimpiadele internaționale de matematică, fizică, chimie și informatică. Toate acestea constituie o bază solidă pentru dezvoltarea educației STEM. Țara noastră se clasează în mod constant în top zece la aceste competiții (Education, 2021).

Iar dacă este să facem o comparație cu abordarea generală din UE, distingem următoarele: i) în STEM, UE pune un accent puternic pe abordările interdisciplinare, iar România încă tinde să mențină o separare clară între discipline, deși există eforturi de integrare; ii) UE are inițiative ample pentru promovarea participării fetelor în STEM, România face pași în acest sens, dar are încă un drum lung de parcurs; iii) Învățarea bazată pe proiecte este în creștere în România, dar această abordare este mai puțin răspândită comparativ cu multe țări din UE; iv) UE pune un accent mai mare pe dezvoltarea profesională continuă în STEM, în timp ce în România aceasta rămâne o provocare; v) România participă la programe europene, dar nivelul de integrare și schimb de bune practici este încă sub potențial.

Originalitatea educației STEM în România constă în modul în care combină o bază teoretică solidă cu adoptarea accelerată a unor practici moderne. Toate acestea însă se desfășoară într-un context de resurse limitate. Această abordare a dus la dezvoltarea unor soluții creative și la performanțe notabile în anumite domenii, dar și la provocări legate de implementarea uniformă și accesul echitabil la educație STEM de calitate.

BUPT

6. CONTRIBUȚII PERSONALE. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE. CONCLUZII

În cadrul acestui capitol sunt prezentate principalele rezultate ale cercetărilor efectuate și cum se raportează acestea la alte studii din domeniu. Sunt evidențiate implicațiile teoretice și practice ale rezultatelor obținute și contribuțiile originale aduse de autoare prin intermediul cercetărilor. În finalul capitolului sunt discutate limitele studiului și direcțiile viitoare de cercetare.

Structura generală a capitolului este ilustrată în Figura 6.1. și permite o prezentare clară și sistematică a principalelor elemente ce sintetizează constatările, implicațiile și contribuțiile rezultate în urma derulării programului de cercetare doctoral.

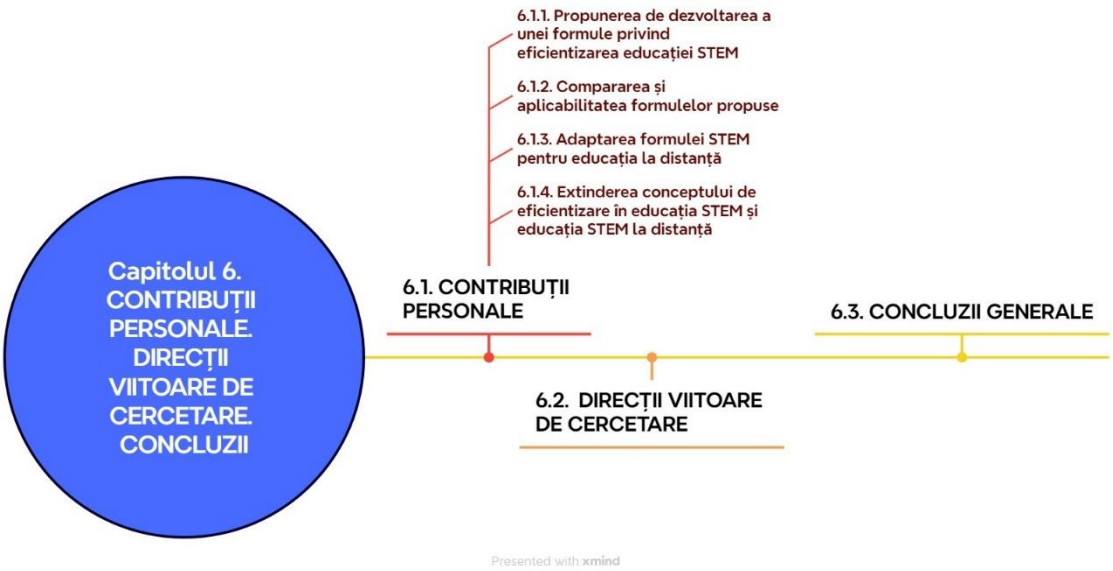


Figura 6. 1 Harta conceptuală a capitolului 6

Punctual, în planul contribuțiilor personale următoarele contribuții bibliografice evidențiază impactul cercetării asupra dezvoltării teoretice și a direcțiilor viitoare de cercetare în educația STEM:

1. **Analiza critică și sinteza literaturii de specialitate privind educația STEM în România**: Această contribuție evidențiază pionieratul domeniului în țară și nevoia de dezvoltare teoretică și practică. Evaluarea amplă și detaliată a literaturii de specialitate despre educația STEM din România, subliniază că aceasta se află la început și permite identificarea unor lacune și direcții viitoare de cercetare.
2. **Comparația între abordările internaționale și situația specifică din România**: Realizarea unei analize comparative între educația STEM la nivel internațional și cea din România, oferă o perspectivă critică asupra decalajelor și oportunităților specifice țării noastre. Această sinteză a furnizat un cadru pentru înțelegerea provocărilor locale și pentru adaptarea unor modele internaționale la contextul românesc.

BUPT

3. **Integrarea unor modele teoretice internaționale în contextul românesc**: Adaptarea unor teorii și modele internaționale de eficientizare a educației STEM la realitățile și nevoile din România a reprezentat o contribuție inovativă la nivel teoretic și metodologic.
4. **Explorarea tematicilor interdisciplinare în literatura STEM**: Contribuție semnificativă prin explorarea interdisciplinarității în cadrul educației STEM, prin integrarea unor aspecte din domenii precum inovația, transferul tehnologic și etica inteligenței artificiale în contextul educațional românesc.
5. **Identificarea legăturii între educația STEM și problemele globale, conform literaturii actuale**: Prin cercetarea bibliografică, am identificat conexiuni între educația STEM și problemele globale precum schimbările climatice și dezvoltarea tehnologiilor emergente, oferind o viziune holistică și contextualizată în raport cu provocările actuale.

De asemenea punctual, în planul contribuțiilor personale care subliniază originalitatea lucrării se evidențiază următoarele aspecte:

6. **Integrarea inovativă a modelului de ecuație structurală pentru eficientizarea STEM**: Folosirea modelului de ecuație structurală pentru a evalua eficiența educației STEM este o abordare originală, care aduce o contribuție importantă la înțelegerea și îmbunătățirea proceselor educaționale din România.
7. **Propunerea unei „rețete de succes" pentru eficientizarea proceselor educaționale**: Identificarea și formularea unei strategii concrete pentru eficientizarea educației STEM, bazată pe datele obținute din chestionare și evaluări, aduce o valoare practică relevantă pentru sistemul educațional din România.
8. **Cercetarea empirică aplicată, bazată pe chestionare inspirate de Proiectul Erasmus VirtualEDU**: Utilizarea unui chestionar personalizat, inspirat din proiecte internaționale (Erasmus VirtualEDU), și adaptarea acestuia pentru specificul românesc contribuie la dezvoltarea unei noi metodologii de evaluare a competențelor STEM în contextul educației la distanță și a muncii la distanță.
9. **Identificarea unor necesități concrete în educația STEM din România**: Analiza nevoilor de dezvoltare a competențelor digitale, tehnologice și a abilităților de comunicare a evidențiat provocările specifice din România și a subliniat necesitatea unor măsuri legislative, tehnologice și de formare pentru a avansa eficiența educației STEM.
10. **Explorarea și adaptarea conceptului de eficientizare educațională în România**: Dezvoltarea unui cadru teoretic privind eficientizarea educației STEM, bazat pe studii internaționale, dar adaptat la provocările specifice din România, este o contribuție care are impact în planificarea educațională.
11. **Interconectarea educației STEM cu problemele globale actuale**: Conectarea educației STEM de schimbările climatice, crizele politice internaționale și dezvoltarea inteligenței artificiale evidențiază o perspectivă amplă și o abordare transdisciplinară asupra educației, relevantă pentru viitorul cercetării în acest domeniu.

BUPT

12. **Atragerea atenției asupra nevoii de infrastructură tehnologică și legislație pentru educația STEM**: Propunerile privind nevoia de o infrastructură tehnologică adecvată și clarificările legislative pentru educația la distanță aduc contribuții importante pentru crearea unui cadru educațional modern în România.

Este foarte bine cunoscut faptul că, în elaborarea unei teze de doctorat, concluziile reprezintă nu doar sinteza eforturilor de cercetare, ci și punctul de convergență al conceptelor fundamentale care au ghidat întregul demers științific. În acest context, elucidarea conceptelor de valoare științifică, originalitate și noutate devine esențială. Aceste noțiuni nu sunt doar termeni abstracți, ci constituie pilonii pe care se sprijină orice contribuție semnificativă la cunoaștere. De aceea, clarificăm aceste concepte la modul general, înainte de a le aplica specific la domeniul educației STEM integrate.

Valoarea științifică se referă la importanța și relevanța cercetării pentru domeniul de studiu și pentru comunitatea științifică în general. Aceasta se măsoară prin impactul pe care îl are asupra cunoștințelor existente și prin aplicabilitatea sa în rezolvarea problemelor teoretice sau practice. Originalitatea, pe de altă parte, presupune introducerea de idei sau metode noi, care nu au fost explorate anterior. Ea este evaluată prin capacitatea de a aduce o perspectivă nouă sau de a deschide direcții inovatoare de cercetare. Noutatea, strâns legată de originalitate, se concentrează pe elementele specifice care diferențiază lucrarea de cercetările anterioare, subliniind contribuțiile unice ale acesteia.

Aplicând aceste concepte la educația STEM integrată, devine evident că valoarea științifică a unei cercetări în acest domeniu se manifestă prin capacitatea de a influența pozitiv metodele de predare și învățare, de a îmbunătăți performanțele academice ale elevilor și de a pregăti o forță de muncă competentă în domenii tehnice și științifice. Originalitatea într-un astfel de context poate fi evidențiată prin dezvoltarea de curriculumuri inovatoare, utilizarea tehnologiilor emergente în procesul educațional sau integrarea interdisciplinară a cunoștințelor STEM. Noutatea poate fi identificată prin exemple concrete de implementare a noilor strategii educaționale, studii de caz care demonstrează eficacitatea acestora și/sau evaluări empirice care validează rezultatele obținute.

În final, vom dezvolta concluziile principale ale tezei, evidențiind modul în care studiul nostru își aduce aportul în aceste direcții esențiale și conturând implicațiile practice și teoretice ale rezultatelor obținute, iar în acest sens se va atinge și obiectivul operațional:

OP5. Testarea, validarea și transpunerea în formă operațională a metodologiei de cercetare, a soluțiilor propuse.

6.1. Contribuții personale

Unul dintre obiectivele esențiale ale prezentei teze este:

OP3. Propunerea unui demers teoretico-aplicativ (a unei scheme, a unui scenariu și/sau a unei rețete de succes) sau a unei soluții inovative, pentru eficientizarea educației STEM

În acest sens, am dezvoltat o abordare inovativă care combină elemente teoretice cu aspecte practice, propunând o adaptare după Nadler-Tushman, un model integrat care poate fi aplicat în diverse contexte educaționale. Acest demers

BUPT

a fost conceput atât pentru a răspunde cerințelor curente ale sistemului educațional, cât și pentru a anticipa evoluțiile viitoare ale educației STEM, într-un mediu din ce în ce mai digitalizat. Totuși, eficiența oricărui model teoretico-aplicativ trebuie validată printr-un proces riguros de testare și adaptare la realitățile educaționale. În acest context, se leagă de obiectivul operațional:

OP5: Testarea, validarea și transpunerea în formă operațională a metodologiei de cercetare, a soluțiilor propuse.

Contribuțiile personale nu se limitează doar la formularea teoretică a modelului, ci includ și implementarea acestuia într-un cadru experimental concret, urmărind adaptarea și optimizarea soluțiilor în funcție de rezultatele obținute.

Astfel, am integrat experiențele acumulate în cadrul testărilor pentru a rafina modelul inițial, aducând îmbunătățiri care au sporit relevanța și aplicabilitatea soluțiilor propuse. În final, validarea acestui demers va confirma fezabilitatea teoretică a modelului, eficiența sa practică și va contribui la consolidarea unor noi metodologii care pot fi adoptate la scară largă în sistemul educațional. Această legătură între **(OP3)** și **(OP5)** reflectă natura interdependentă a cercetării teoretice și aplicative, subliniind importanța unui ciclu continuu de dezvoltare, testare și implementare în vederea optimizării educației STEM.

Toate aceste aspecte subliniază cum cele două obiective (**OP3** și **OP5**) sunt interconectate și ilustrează contribuția personală a candidatului prin dezvoltarea și validarea unor soluții inovative aplicabile în educația STEM.

6.1.1. Propunerea de dezvoltarea a unei formule privind eficientizarea educației STEM

În secțiunea 2.1.2. a prezentei lucrări am analizat și interpretat conceptul de eficientizare, cu observația că vom dezvolta acest aspect la final, în prezentul capitol. De asemenea, în secțiunea 4.1.1.3.2 am propus un model de ecuație structurală, cu variabilele observabile directe și latente: *calitatea educației (Q), motivația elevilor (M)* și *performanța academică (P)*. În secțiunea 4.2.4.3 (figura 4.25) am propus modelul de congruența Nadler-Tushman, model care răspunde cerințelor dinamice și facilitează adaptarea rapidă la contextul complex atât al educației la distanță, cât și al educației STEM integrate.

În studiul modelelor de ecuație structurală pentru domeniul educațional există câteva articole intens citate și utile pentru cercetarea noastră. Unul dintre aceste studii (Guo ș.a., 2022), este remarcabil prin analiza autorilor privind înțelegerea modului prin care credințele privind cunoașterea și învățarea influențează performanțele academice. În studiul modelelor privind educația la distanță (online), Sun și Liu (2023) realizează o lucrare notabilă și examinează reziliența academică, personalitatea și implicarea studenților asupra succesului lor educațional (Sun & Liu, 2023).

Față de cele de mai sus, expunem, în continuare, propunerea noastră de dezvoltare a unei formule privind eficientizarea educației STEM.

O formulă matematică simplificată pentru eficiență ar putea fi exprimată ca raport între rezultatele obținute și resursele utilizate. Această formulă ar putea lua în considerare atât aspectele referitoare la utilizarea optimă a resurselor, cât și aspectele referitoare la realizarea obiectivelor stabilite.

O posibilă formulă ar fi:

$$Eficienta = \frac{Rezultate\ obtinute}{Resurse\ utilizate}$$

BUPT

Unde:

- *Rezultatele obținute* ar putea fi măsurate în funcție de obiectivele atinse sau de performanța înregistrată într-un anumit domeniu, de exemplu: scoruri la testele standardizate, rate de absolvire, nivelul competențelor dobândite etc.

- *Resursele utilizate* ar putea include resurse financiare, timp, efort uman, infrastructură, materiale didactice etc.

Această formulă oferă o modalitate simplificată de a evalua valoric eficiența într-un context dat, permițând evaluarea și compararea performanței în funcție de resursele investite. Este important de menționat că această formulă poate fi adaptată și ajustată în funcție de specificul fiecărui domeniu sau situație. De asemenea, este necesară o definire clară a indicatorilor de rezultat și a resurselor utilizate pentru a asigura o evaluare precisă. Ambele părți ale fracției, atât numărătorul, cât și numitorul, trebuie să fie exprimate prin cantități care pot fi însumate (trebuie să fie omogene). Aceasta este o cerință importantă în calcularea eficienței pentru a asigura claritatea și coerența măsurătorii.

Așa cum am arătat în secțiunea 2.1.2., eficientizarea poate fi văzută ca o funcție de eficiență, eficacitate și efectivitate. Vom dezvolta formula pas cu pas, pornind de la aceste concepte, pentru a obține o formulă originală și aplicabilă în contextul educației STEM.

Pas 1: Concepte de bază: definire

Eficiență: Cât de bine sunt utilizate resursele pentru a obține rezultatele dorite:

$$Eficienta = \frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Resurse\ educationale\ utilizate}$$

Efectivitate: Proporția rezultatelor obținute față de rezultatele dorite:

$$Efectivitate = \frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Rezultate\ educationale\ dorite}$$

Eficacitate: Capacitatea de a atinge obiectivele dorite:

$$Eficacitate = \frac{Rezultate\ educationale\ dorite}{Obiective\ stabilite}$$

Pas 2: Combinarea conceptelor

Eficientizarea poate fi definită ca o funcție care combină eficiența, eficacitatea și efectivitatea. Vom porni de la formula eficienței și vom adăuga treptat celelalte concepte.

i) Formula de bază pentru eficiență:

$$Eficienta = \frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Resurse\ educationale\ utilizate}$$

ii) Adăugarea efectivității:

Pentru a include efectivitatea, multiplicăm eficiența cu efectivitatea, deoarece vrem să măsurăm atât utilizarea resurselor, cât și gradul de atingere a rezultatelor dorite.

$$Eficienta \times Efectivitate = \left(\frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Resurse\ educationale\ utilizate}\right) \times \left(\frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Rezultate\ educaționale\ dorite}\right)$$

iii) Adăugarea eficacității:

BUPT

Pentru a include și eficacitatea, care măsoară gradul de atingere a obiectivelor stabilite, adăugăm acest factor în formulă:

$$Eficientizare = \left(\frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Resurse\ educationale\ utilizate}\right) \times \left(\frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Rezultate\ educationale\ dorite}\right) \times \left(\frac{Rezultate\ educationale\ dorite}{Obiective\ stabilite}\right)$$

Explicarea logică a formulei: i) Eficiența măsoară cât de bine utilizăm resursele pentru a obține rezultatele; ii) Efectivitatea măsoară proporția dintre rezultatele obținute și cele dorite, arătând cât de aproape suntem de atingerea scopurilor noastre; iii) Eficacitatea măsoară măsura în care obiectivele stabilite sunt realizate.

Combinația acestor trei concepte într-o formulă unitară ne oferă o măsurătoare comprehensivă a eficientizării, luând în considerare toate aspectele relevante ale procesului educațional.

Pas 3. Astfel ***formula generală (originală) propusă pentru eficientizare*** poate fi următoarea:

$$Eficientizare = $$

$$= \left(\frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Resurse\ educationale\ utilizate}\right) \times \left(\frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Rezultate\ educationale\ dorite}\right) \times \left(\frac{Rezultate\ educationale\ dorite}{Obiective\ stabilite}\right)$$

Această formulă este susceptibilă pentru extindere privind educația STEM (aspect pe care îl propunem în pasul 4), este o formulă generală care poate fi aplicată la orice disciplină, datorită componentelor sale fundamentale, care sunt universale în context educațional.

Aplicabilitatea acestei formule are în vedere cei patru factori specifici:

- **Rezultatele educaționale obținute:** note obținute la examene, rate de promovare, competențe dobândite, etc.
- **Resurse educaționale utilizate:** bani, infrastructură, materiale didactice, timp, etc.
- **Rezultate educaționale dorite:** obiective specifice, spre exemplu: un anumit număr de elevi care promovează un anumit examen, sau care dobândesc o anumită competență, etc.
- **Obiective stabilite:** acele obiective educaționale propuse și stabilite la începutul programului.

Având în vedere versatilitatea acestei formule, aplicabilitatea ei poate fi ajustată la orice disciplină, inclusiv la arte, limbi străine sau științe sociale, prin adaptarea ei la indicatorii specifici domeniului respectiv, deci poate fi extinsă în detaliu și pentru educația STEM.

Pas 4. Extinderea formulei. Formula specifică pentru educația STEM

Pentru a extinde formula eficientizării (propusă în pasul 3), în contextul educației STEM, luăm în considerare și influențele externe care pot afecta în mod semnificativ rezultatele pe termen lung. În acest sens, comparativ cu formula generală propusă, mai mulți factori specifici sunt critici pentru evaluarea eficienței în educația STEM:

- **Rezultatele educaționale**, care măsoară succesul imediat al educației STEM, prin intermediul scorurilor la teste și ratele de absolvire. Este un indicator direct al performanței academice.
- **Resursele educaționale**, respectiv resursele financiare, materiale și umane utilizate în procesul educațional, care reprezintă baza pe care se construiește

BUPT

succesul programelor STEM. Gestionarea eficientă a acestor resurse este vitală pentru obținerea unor rezultate educaționale bune.

- **Dezvoltarea abilităților**, prin măsurarea competențelor dobândite în domeniile STEM, este esențială pentru a evalua impactul educației asupra elevilor. Aceste abilități sunt cele care îi pregătesc pentru carierele și provocările tehnologice viitoare.
- **Calitatea instruirii** și eficacitatea metodelor de predare influențează direct dezvoltarea abilităților și rezultatele educaționale. Metodele de predare inovative și bine structurate pot face diferența în modul în care elevii asimilează și aplică cunoștințele STEM.
- **Impactul pe termen lung**, acesta este poate cel mai riscant și variabil factor. Impactul pe termen lung al educației STEM include pregătirea pentru carieră și contribuția la progresul social, care sunt puternic influențate de o serie de factori externi precum schimbările economice, tehnologice, sociale, politice și de mediu. De exemplu, evoluțiile rapide din tehnologie sau schimbările de pe piața muncii pot afecta direct relevanța abilităților STEM dobândite, în timp ce fluctuațiile în finanțare pot limita resursele disponibile pentru educație.
- **Investiția inițială**, adică finanțarea și resursele alocate inițial în programele STEM, determină capacitatea programului de a atinge obiectivele dorite. Acest factor trebuie bine gestionat pentru a asigura sustenabilitatea pe termen lung.

Acești factori sunt integrați într-o formulă avansată pentru a evalua eficiența educației STEM, luând în considerare atât aspectele interne ale procesului educațional, cât și influențele externe care pot afecta impactul pe termen lung. Această abordare oferă un cadru holistic și integrat pentru evaluarea și optimizarea programelor educaționale STEM, asigurându-se că ele rămân relevante și eficiente în contextul schimbărilor constante din societate și economie.

Tabelul 6.1 oferă o prezentare simplificată a formulelor pentru fiecare factor identificat în contextul extinderii formulei pentru educația STEM.

Tabelul 6. 1 Formulele factorilor specifici în contextul educației STEM

Nr. crt.	Factor	Formula
1	Rezultate educaționale	*Rezultate educaționale = Scoruri la teste STEM + + Rate de absolvire*
2	Resurse educaționale	*Resurse educaționale = Resurse financiare + + Resurse materiale + Resurse umane*
3	Dezvoltarea abilităților	*Dezvoltarea abilităților = Competențe tehnice și științifice în domeniile STEM*
4	Calitatea instruirii	*Calitatea instruirii = Eficacitatea metodelor de predare*
5	Impact pe termen lung	*Impact pe termen lung = Carieră în domeniile STEM + + Contribuții la inovare și tehnologie*
6	Investiția inițială	*Investiția inițială = Finanțare inițială + Resurse*

Combinarea celor șase factori conduce la propunerea unei formule extinse și specifice pentru educația STEM:

$$Eficientizarea\ STEM = \alpha\left(\frac{Rezultate\ educationale}{Resurse\ educationale}\right) + \beta\left(\frac{Dezvoltarea\ abilităților}{Calitatea\ instruirii}\right) + \gamma\left(\frac{Impact\ pe\ termen\ lung}{Investitia\ inițială}\right)$$

unde (α, β, γ) sunt coeficienți care reflectă importanța relativă a fiecărui component și pot fi ajustați pentru a reflecta nevoile și prioritățile specifice. Formula are potențial de aplicare practică, deși implementarea sa necesită definirea și

BUPT

măsurarea precisă a variabilelor. Fiecare componentă a acestei formule specifice se adresează câte unui aspect important al educației STEM și anume: eficienței utilizării resurselor, calității instruirii și dezvoltării abilităților și rentabilității investiției pe termen lung. O demonstrație în acest sens este prezentată în Anexa 3.

6.1.2. Compararea și aplicabilitatea formulelor propuse

Prin compararea formulelor se identifică diferențele și similaritățile între abordări, ceea ce permite o înțelegere mai profundă a modului în care fiecare formulă ajută la evidențierea punctelor tari, dar și a limitărilor, ceea ce oferă posibilitatea de a selecta și de a adapta formula care se potrivește cel mai bine unui anumit context.

Aplicabilitatea formulelor este importantă tocmai pentru a demonstra că o formulă teoretică poate fi folosită în practică, într-o varietate de situații educaționale. O formulă bine adaptată va oferi rezultate precise și utile, care permite luarea unor decizii informate și optimizarea proceselor educaționale. Compararea și evaluarea aplicabilității formulelor contribuie la dezvoltarea unor instrumente flexibile și eficiente, care pot răspunde nevoilor specifice ale diferitelor discipline sau metode de predare, cum ar fi educația STEM sau educația la distanță. În acest sens și pentru a a urmări acest aspect deosebit de important (practica), în Anexa 3 am dezvoltat un exemplu de aplicare al formulelor.

Prin compararea și aplicabilitatea formulelor propuse se remarcă următoarele observații:

i) Ambele formule încep cu raportul Resurse/Rezultate. Această abordare este esențială, având în vedere limitările bugetare și necesitatea de a obține rezultate maxime cu resursele disponibile și subliniază preocuparea constantă pentru eficiența utilizării resurselor. În educația tradițională, resursele includ finanțarea, materialele didactice și personalul educațional, în timp ce în educația STEM, accentul se pune suplimentar pe echipamente specializate și accesul la tehnologii avansate;

ii) Formula STEM introduce dimensiuni suplimentare precum calitatea instruirii și impactul pe termen lung, care nu sunt prezente în mod explicit în formula generală. Calitatea instruirii este esențială în educația STEM, unde metodele de predare inovative și accesul la resurse de înaltă calitate pot influența în mod semnificativ rezultatele educaționale. Impactul pe termen lung reflectă scopul final al educației STEM: pregătirea elevilor pentru cariere de succes și contribuția lor la progresul societății;

iii) Formula inițială utilizează produsul factorilor pentru a reflecta interdependența lor, iar formula STEM adoptă o abordare aditivă și folosește suma ponderată. Aceasta permite o flexibilitate mai mare în ajustarea importanței relative a fiecărui factor în funcție de contextul educațional specific. De exemplu, în anumite contexte, calitatea instruirii poate fi mai vitală decât resursele financiare, ceea ce poate fi reflectat prin atribuirea unui coeficient mai mare în formula STEM;

iv) Formula STEM ia în considerare factori critici pentru acest domeniu: dezvoltarea de competențe durabile și impactul pe termen lung. Este

BUPT

o rafinare și adaptare a conceptului original la nevoile specifice ale educației STEM;

v) Trecerea de la o abordare multiplicativă la una aditivă în formula STEM permite o analiză mai detaliată și posibilitatea de a obține scoruri parțiale pentru fiecare componentă. Aceasta nu numai că facilitează o evaluare mai precisă a fiecărui aspect al educației STEM, dar oferă și oportunitatea de a interveni și optimiza acele componente care necesită îmbunătățiri, fără a afecta negativ celelalte părți ale procesului educațional.

6.1.3. Adaptarea formulei STEM pentru educația la distanță

Educația la distanță introduce în analiză factori suplimentari importanți, care trebuie luați în considerare în adaptarea formulei STEM, și anume:

- În educația la distanță, accesul la tehnologii adecvate (computere, internet de mare viteză) devine un factor vital. Aceasta ar putea necesita adăugarea unui nou termen în formula STEM, care să măsoare impactul accesibilității tehnologice asupra rezultatelor educaționale;
- Calitatea interacțiunii dintre profesori și elevi poate fi afectată în mediul online, ceea ce ar putea influența eficiența predării. Adaptarea formulei ar putea include un factor care să evalueze eficiența comunicării și a interacțiunii în mediul digital;
- În educația la distanță, angajamentul și motivația elevilor pot varia semnificativ. În formula extinsă, ar putea fi necesar un factor care să reflecte nivelul de implicare al elevilor în procesul educațional.

Această analiză subliniază importanța adaptării formulei STEM la diferite contexte educaționale, inclusiv educația la distanță, și oferă baza pentru integrarea acestor considerații în evaluarea eficienței, eficacității și efectivității educaționale. Este premisa necesității de a face o conexiune între formula de eficientizare STEM și cercetarea aplicativă despre munca la distanță și importanța educației STEM.

Pentru a include factori specifici educației la distanță modificăm formula pentru eficientizarea educației STEM integrate și propunem următoarea formulă:

$$Eficientizarea\ STEM\ la\ distanță = \\ = \alpha\left(\frac{Resurse\ digitale}{Rezultate\ online}\right) + \beta\left(\frac{Calitatea\ instruirii\ virtuale}{Dezvoltarea\ abilităților\ digitale}\right) + \gamma\left(\frac{Investitia\ în\ tehnologie}{Impact\ pe\ termen\ lung}\right)$$

Așa după cum se poate observa, formulele sunt diferite deoarece este necesară adaptarea criteriilor de eficientizare la specificul educației STEM cu particularitățile contextului educațional: învățământul tradițional față de cel la distanță, ceea ce implică resurse, abilități și impacturi diferite, cu evaluări și ponderări specifice. Astfel, formulele reflectă nevoia de a lua în considerare acești factori unici pentru a măsura corect eficientizarea în fiecare context. În formula pentru educația STEM la distanță, numărătorul și numitorul au fost inversate comparativ cu formula tradițională. Rațiunea inversării aplică principiul: eficiența este cu atât mai mare cu cât se obțin rezultate mai bune utilizând mai puține resurse. Același principiu este valabil și pentru toți ceilalți factori, unde rezultatele dorite sunt în numărător, iar resursele sau investițiile necesare pentru a le obține sunt în numitor.

BUPT

6.1.4. Extinderea conceptului de eficientizare în educația STEM și educația STEM la distanță

În contextul acestei teze, eficientizarea educației STEM este abordată prin dezvoltarea unor formule care să cuantifice cât mai precis relația dintre resursele utilizate și rezultatele obținute, cu atenție pe specificitățile domeniului. Comparația detaliată între formula clasică de eficientizare a educației STEM și formula propusă pentru educația STEM la distanță, subliniază diferențele esențiale care rezultă din adaptarea procesului educațional la un mediu digital.

Diferențierea formulelor ***„eficientizare STEM"*** vs. ***„eficientizare STEM la distanță"*** este un element central al acestei cercetări și reflectă adaptarea metodologică și o profundă înțelegere a modului în care contextul educațional influențează factorii de eficiență.

Formula specifică de eficientizare STEM este definită astfel:

$$Eficientizarea\ STEM = \alpha\left(\frac{Rezultate\ educationale}{Resurse\ educationale}\right) + \beta\left(\frac{Dezvoltarea\ abilităților}{Calitatea\ instruirii}\right) + \gamma\left(\frac{Impact\ pe\ termen\ lung}{Investitia\ inițială}\right)$$

În schimb, formula pentru educația STEM la distanță este propusă astfel:

$$Eficientizarea\ STEM\ la\ distanță = \\ = \alpha\left(\frac{Resurse\ digitale}{Rezultate\ online}\right) + \beta\left(\frac{Calitatea\ instruirii\ virtuale}{Dezvoltarea\ abilităților\ digitale}\right) + \gamma\left(\frac{Investitia\ în\ tehnologie}{Impact\ pe\ termen\ lung}\right)$$

Divergența structurală dintre cele două formule nu este întâmplătoare, ci reflectă o ajustare necesară pentru a captura în mod adecvat dinamica specifică educației la distanță. În formula tradițională, raportul între rezultate și resurse este folosit pentru a sublinia eficiența clasică, în care obiectivul principal este maximizarea rezultatelor educaționale cu minimizarea resurselor. Aceasta abordare este tipică în educația convențională, unde calitatea și cantitatea resurselor fizice și umane sunt factorii determinanți ai succesului.

În contextul educației la distanță, însă, resursele digitale și tehnologice devin esențiale. Astfel, am inversat numărătorul și numitorul pentru a reflecta prioritățile educației online, unde eficiența este evaluată în funcție de calitatea și cantitatea resurselor digitale utilizate, comparativ cu rezultatele obținute. Această inversare evidențiază o schimbare de paradigmă: în mediul digital, eficiența se măsoară prin utilizarea optimă a resurselor tehnologice, accentuând importanța calității resurselor în obținerea rezultatelor educaționale.

Această abordare inovatoare subliniază contribuția originală a prezentei teze, prin dezvoltarea unor formule care reflectă nu doar adaptabilitatea educației la distanță, ci și necesitatea unei noi perspective asupra eficientizării în contextul digital. Formulele propuse nu au fost aplicate anterior în cercetările academice, și reprezintă o încercare unică de a integra eficiența clasică cu specificitățile educației STEM în mediul online. Prin urmare, se extinde conceptul de eficientizare și se oferă un instrument metodologic nou pentru analiza și îmbunătățirea programelor de educație STEM, atât în format tradițional, cât și online.

BUPT

6.2. Direcții viitoare de cercetare

În viitor, una dintre direcțiile de cercetare care va fi explorată este extinderea cercetărilor aplicative privind competențele profesionale și importanța educației STEM la nivel național, având în vedere că până în prezent acestea au beneficiat preponderent de răspunsuri la nivel județean. Această extindere va permite o evaluare cuprinzătoare a impactului educației STEM, oferind o imagine clară asupra modului în care diferitele regiuni ale unei țări adoptă și implementează inițiativele STEM. Prin colectarea și analizarea datelor la nivel național, cercetările vor putea identifica variațiile regionale în ceea ce privește resursele, infrastructura și rezultatele educaționale, contribuind astfel la dezvoltarea unor politici educaționale echitabile și eficiente.

De aceea, cercetările viitoare ar trebui să se concentreze pe modalitățile prin care educația STEM poate contribui la dezvoltarea competențelor necesare pentru viitor. Într-o lume în continuă schimbare, competențe precum gândirea critică, creativitatea și abilitățile de rezolvare a problemelor din viața reală sunt din ce în ce mai importante. Studierea modului în care educația STEM poate promova aceste competențe va putea oferi soluții pentru pregătirea unei generații de tineri capabili să inoveze și să se adapteze în fața noilor provocări globale.

În plus, o cercetare de această amploare va putea evidenția nevoile specifice ale diverselor comunități și va facilita implementarea unor soluții adaptate contextului local, iar această abordare va dezvălui acele modele de succes care pot fi replicate la nivel național. În acest fel toate regiunile naționale vor beneficia de o educație STEM de calitate. Într-o perioadă în care inegalitățile educaționale sunt amplificate de factori geografici și socio-economici, o cercetare aplicativă la scară națională devine oportună pentru a asigura accesul echitabil la resurse și oportunități de învățare pentru toți elevii, indiferent de locația lor.

Extinderea acestei direcții de cercetare va contribui la o mai bună înțelegere a peisajului educațional național și la formularea unor strategii de intervenție care să răspundă nevoilor complexe și diverse ale întregii populații școlare.

O altă direcție importantă de cercetare constă în explorarea impactului educației STEM în diverse contexte culturale. Extinderea cercetărilor în această direcție va asigura o înțelegere mai profundă a modului în care factorii culturali influențează implementarea și succesul inițiativelor STEM, iar studiile comparative între regiuni și țări diferite vor putea aduce în prim-plan noi perspective, prin soluții adaptate specificului cultural al fiecărei zone.

Nu în ultimul rând, este necesară o analiză aprofundată a eficienței diferitelor metode de predare STEM. Cercetările în acest domeniu vor putea include explorarea învățării prin proiecte, a învățării bazate pe probleme și a învățării prin explorare, cu scopul de a identifica cele mai bune practici și de a le implementa pe scară largă și de a contribui la îmbunătățirea calității educației STEM.

Prin abordarea acestor direcții de cercetare, viitoarele studii vor putea juca un rol vital în îmbunătățirea și avansarea educației STEM integrate, adaptată nevoilor societății aflate într-o continuă evoluție și schimbare.

BUPT

6.3. Considerații finale asupra rolului educației STEM în contextul provocărilor globale

Originalitatea lucrării de față constă în alegerea temei de cercetare propriu-zise. Studiul de față examinează relevanța educației STEM în România și rolul acesteia în adaptarea sistemului educațional la provocările unei economii globale dinamice, aflate într-o continuă schimbare. Deși lucrarea scoate în evidență faptul că România face progrese în integrarea educației STEM, rezultatele cercetării indică faptul că acest proces rămâne incomplet și expus unor provocări majore.

Contextul politic internațional actual, marcat de crize globale precum pandemia de COVID-19, războiul din Ucraina, conflictul din Gaza și intensificarea schimbărilor climatice, aduce în prim-plan necesitatea unei educații STEM inovatoare și eficientizate. Aceste fenomene mondiale subliniază limitele sistemelor educaționale tradiționale și nevoia urgentă de dobândire și dezvoltare de competențe care să permită reziliența și adaptarea rapidă la un peisaj geopolitic și climatic tot mai imprevizibil.

De asemenea, accelerarea dezvoltării tehnologiilor emergente, în special a inteligenței artificiale, amplifică această nevoie de adaptare educațională, ridică probleme legate de etică, securitate și risc. În acest context, educația STEM trebuie să evolueze într-un mod care să integreze aceste preocupări, iar lucrarea, prin cercetarea dinamicii rapide a inteligenței artificiale și automatizării, arată că se impune o reevaluare constantă a curiculei și a abordărilor pedagogice.

În plus, actualele crize globale și avansurile tehnologice expun vulnerabilitățile infrastructurii educaționale și arată că lipsa unei strategii coerente pentru educația STEM în România accentuează aceste deficiențe. Provocările legislative, infrastructurale și instituționale subminează potențialul inovator al educației STEM și împiedică realizarea unei eficientizări reale a proceselor educaționale.

Având în vedere aceste aspecte, direcțiile viitoare de cercetare trebuie să dezvolte soluții pentru integrarea eticii și a considerentelor de risc în educația STEM, pentru a se asigura astfel o dezvoltare echilibrată și sustenabilă a competențelor tehnologice. Această integrare este esențială pentru a răspunde adecvat cerințelor unei societăți globalizate și interconectate, unde crizele politice, economice și climatice se află într-o continuă escaladare.

În concluzie, succesul educației STEM în România va depinde de capacitatea de a aborda aceste provocări printr-o strategie națională clară și de a crea un ecosistem educațional care să faciliteze inovarea, transferul tehnologic și pregătirea pentru incertitudinile viitorului. Numai astfel educația STEM poate deveni un vector al schimbării și progresului.

BUPT

7. BIBLIOGRAFIE

1. *2024 Trends Report: Trends and Predictions That Are Defining STEM in 2024 - Beyond100K*. (n.d.). Retrieved March 2, 2024, from https://beyond100k.org/2024-trends-report-trends-and-predictions-that-are-defining-stem-in-2024/
2. Abdurrahman, Ariyani, F., Maulina, H., & Nurulsari, N. (2019). Design and validation of inquiry-based STEM learning strategy as a powerful alternative solution to facilitate gift students facing 21st century challenging. *J Educ Gifted Young Sci*, *7*(1), 33–56. https://doi.org/10.17478/jegys.513308
3. Abo-Khalil, A. G. (2024). Integrating sustainability into higher education challenges and opportunities for universities worldwide. *Heliyon*, *10*(9). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29946
4. Abuhassna, H., Awae, F., Adnan, M. A. B. M., Daud, M., & Almheiri, A. S. B. (2024). The Information Age for Education via Artificial Intelligence and Machine Learning: A Bibliometric and Systematic Literature Analysis. In *International Journal of Information and Education Technology* (Vol. 14, Issue 5, pp. 700–711). https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.5.2095
5. Aceto, S., Dondi, C., & Nascimbeni, F. (2010). Vision for Learning in Europe in 2025. *ELearning Papers*, *18*(February), 1–13. https://www.academia.edu/835144/Vision_for_Learning_in_Europe_in_2025
6. Agamuthu, P. (2017). The 4th Industrial Revolution and waste management. *Waste Management and Research*, *35*(10), 997–998. https://doi.org/10.1177/0734242X17731419
7. Agkun, S., & Greenhow, C. (2021). *Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings*. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7
8. Ahmed, B. N., Wahed, M., & Thompson, N. C. (2023). The growing influence of industry in AI research. *Science*, *379*(6635), 884–886. https://doi.org/10.1126/science.ade2420
9. Ahmed, H. O. K. (2016). Strategic Future Directions for Developing STEM Education in Higher Education in Egypt as a Driver of Innovation Economy. *Journal of Education and Practice*, *7*(8), 127–145. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1095333&site=ehost-live
10. AICESIS. (2019). *IMPACTUL REVOLUȚIEI DIGITALE ASUPRA VIITORULUI OMENIRII*.
11. Akgun, S., & Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *Ai and Ethics*, *2*(3), 431. https://doi.org/10.1007/S43681-021-00096-7
12. Aksnes, D. W. (2006). Citation rates and perceptions of scientific contribution. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *57*(2), 169–185. https://doi.org/10.1002/asi.20262
13. Aksnes, D. W., Piro, F. N., & Fossum, L. W. (2023). Citation metrics covary with researchers' assessments of the quality of their works. *Quantitative Science Studies*, *4*(1), 105–126. https://doi.org/10.1162/qss_a_00241
14. Aktar, M. A., Alam, M. M., & Al-Amin, A. Q. (2021). Global economic crisis, energy use, CO2 emissions, and policy roadmap amid COVID-19. *Sustainable Production and Consumption*, *26*, 770–781. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.029

BUPT

15. Al Darayseh, A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science: Science teachers' perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *4*. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100132
16. AlDaajeh, S., Saleous, H., Alrabaee, S., Barka, E., Breitinger, F., & Raymond Choo, K. K. (2022). The role of national cybersecurity strategies on the improvement of cybersecurity education. *Computers & Security*, *119*. https://doi.org/10.1016/j.cose.2022.102754
17. Alexa Joyce, & Dzoga, M. (2011). Science , technology , engineering and mathematics education Overcoming challenges in Europe. *European Union's Framework Programme for Research and Development (FP7)*, 14.
18. Alexander, A. S., Víctor, G. G., & Diego, P. J. (2022). Efficiency analysis in education: An application of the StoNED method. *Desarrollo y Sociedad*, *2022*(92), 45–91. https://doi.org/10.13043/DYS.92.2
19. Allan, S. (2011). Introduction: Science journalism in a digital age. In *Journalism* (Vol. 12, Issue 7, pp. 771–777). SAGE PublicationsSage UK: London, England. https://doi.org/10.1177/1464884911412688
20. Allen, T. D., Golden, T. D., & Shockley, K. M. (2015). How Effective Is Telecommuting? Assessing the Status of Our Scientific Findings. *Https://Doi.Org/10.1177/1529100615593273*, *16*(2), 40–68. https://doi.org/10.1177/1529100615593273
21. Allwood, J. (2017). Is Digitalization Dehumanization?—Dystopic Traits of Digitalization. *Proceedings 2017, Vol. 1, Page 259*, *1*(3), 259. https://doi.org/10.3390/is4si-2017-04120
22. Al-Maroof, R. S., Alhumaid, K., Alshaafi, A., Akour, I., Bettayeb, A., Alfaisal, R., & Salloum, S. A. (2024). A Comparative Analysis of ChatGPT and Google in Educational Settings: Understanding the Influence of Mediators on Learning Platform Adoption. In *Studies in Big Data* (Vol. 144, pp. 365–386). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52280-2_23
23. Al-Marzouqi, A., Salloum, S. A., Al-Saidat, M., Aburayya, A., & Gupta, B. (2024). Artificial Intelligence in Education: The Power and Dangers of ChatGPT in the Classroom. *Books.Google.Com*, *144*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52280-2
24. Almeida, D., Shmarko, K., & Lomas, E. (2022). The ethics of facial recognition technologies, surveillance, and accountability in an age of artificial intelligence: a comparative analysis of US, EU, and UK regulatory frameworks. *AI and Ethics*, *2*(3), 377–387. https://doi.org/10.1007/S43681-021-00077-W
25. Al-Obaidi, J. A., & Albakaa, T. (2023). STEM education in Iraq 2004-2022: Strategies, challenges, and outcomes. In *STEM Education Approaches and Challenges in the MENA Region* (pp. 91–127). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6883-8.ch005
26. Alreck, P., & Settle, R. (2003). The Survey Research Handbook. *Technometrics*, *41*(1), 83–84. https://doi.org/10.1080/00401706.1999.10485618
27. Amadieu, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Prior knowledge in learning from a non-linear electronic document: Disorientation and coherence of the reading sequences. *Computers in Human Behavior*, *25*(2), 381–388. https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.017
28. Amelia, P., & Adi, P. S. (2021). *Integrarea STEM în procesul de studiere a geografiei*. *Vol.2*, 155–160.
29. Amigud, A. (2024). The Age of the Intelligent Machine: Singularity, Efficiency, and Existential Peril. *Philosophy and Technology*, *37*(2), 49. https://doi.org/10.1007/s13347-024-00740-0

BUPT

30. Anderson, S., Allen, P., Peckham, S., Goodwin, N. (2008). Asking the right questions: scoping studies in the commissioning of research on the organisation and delivery of health services. Health Research Policy and Systems, 6(7). https://doi.org/10.1186/1478-4505-6-7.
31. Ando, F. (2023). An encounter with the Nadler–Tushman congruence model and organizational ambidexterity. *Annals of Business Administrative Science*, *22*(6), 91–105. https://doi.org/10.7880/abas.0231005a
32. Andrei, D. (2024). Statistică îngrijorătoare. Numărul elevilor și studenților români, în scădere cu peste 6.000 de persoane în anul școlar 2023-2034. *Www.Gandul.Ro*. https://www.gandul.ro/actualitate/statistica-ingrijoratoare-numarul-elevilor-si-studentilor-romani-in-scadere-cu-peste-6-000-de-persoane-in-anul-scolar-2023-2034-20237179
33. Androniceanu, A., Sabie, O. M., Georgescu, I., & Drugău-Constantin, A. L. (2023). Main factors and causes that are influencing the digital competences of human resources. *Administratie Si Management Public*, *41*(41), 26–53. https://doi.org/10.24818/AMP/2023.41-02
34. Angrist, N., Evans, D. K., Filmer, D., Glennerster, R., Rogers, F. H., & Sabarwal, S. (2020). How to Improve Education Outcomes Most Efficiently? A Comparison of 150 Interventions using the New Learning-Adjusted Years of Schooling Metric. In *How to Improve Education Outcomes Most Efficiently? A Comparison of 150 Interventions using the New Learning-Adjusted Years of Schooling Metric*. https://doi.org/10.1596/1813-9450-9450
35. Archambault, I., Janosz, M., Olivier, E., & Dupéré, V. (2022). Student Engagement and School Dropout: Theories, Evidence, and Future Directions. In *Handbook of Research on Student Engagement: Second Edition* (pp. 331–355). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07853-8_16
36. Arskey, H., O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. International Journal of Social Research Methodology, 8(1), 19–32.
37. Artene, A. E., & Domil, A. (2024). The Role of Accounting and Auditing in the Digital Age. From Digitization to Digital Transformation. In *Intelligent Systems Reference Library* (Vol. 257, pp. 143–155). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63337-9_8
38. Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., Prime, G. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 6(2), 85–125.
39. Athanassopoulos, A. D., & Shale, E. (1997). Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by the Means of Data Envelopment Analysis. *Education Economics*, *5*(2), 117–134. https://doi.org/10.1080/09645299700000011
40. August, S. E., & Tsaima, A. (2021). *Artificial Intelligence and Machine Learning: An Instructor's Exoskeleton in the Future of Education* (pp. 79–105). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58948-6_5
41. Australian Industry Group. (2015). Progressing STEM skills in Australia (final report). Sydney: AIGroup. Disponibila la: http://cdn.aigroup.com.au/Reports/2015/14571_STEM_Skills_Report_Final_-.pdf.
42. Avkiran, N. K. (2001). Investigating technical and scale efficiencies of Australian universities through data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, *35*(1), 57–80. https://doi.org/10.1016/S0038-0121(00)00010-0

BUPT

43. Avrichir, I. (2003). Organization change: theory and practice. *Revista de Administração Contemporânea*, *7*(1), 223–223. https://doi.org/10.1590/s1415-65552003000100013
44. Azzouz, A. (2024). Erased city. In *City* (Vol. 28, pp. 1–2). Routledge. https://doi.org/10.1080/13604813.2024.2323388
45. Babineau, H. N. (2023). Saudi Arabia's Vision 2030 and its impact on STEM education. In *STEM Education Approaches and Challenges in the MENA Region* (pp. 74–90). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6883-8.ch004
46. Badawi, A. M. (2021). The Legacy of Gacaca: Understanding Genius of Forgiveness, Recovery, and Development in Rwandan Society. The International Journal of Humanitarian Studies, May 2022. 4(2): 3-32. 4. 3-32. https://www.researchgate.net/publication/354630598_The_Legacy_of_Gacaca_Understanding_Genius_of_Forgiveness_Recovery_and_Development_in_Rwandan_Society_The_International_Journal_of_Humanitarian_Studies_May_2022_42_3-32
47. Baesu, V., Albulescu, C. T., Farkas, Z.-B., & Drăghici, A. (2015). Determinants of the High-tech Sector Innovation Performance in the European Union: A Review. *Procedia Technology*, *19*, 371–378. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.02.053
48. Bailey, D. E., & Kurland, N. B. (2002). A review of telework research: Findings, new directions, and lessons for the study of modern work. In *Journal of Organizational Behavior* (Vol. 23, Issue SPEC. ISS., pp. 383–400). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.1002/job.144
49. Bajaj, R., & Sharma, V. (2018). Smart Education with artificial intelligence based determination of learning styles. *Procedia Computer Science*, *132*, 834–842. https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.095
50. Balcar, J. (2016). Is it better to invest in hard or soft skills? The Economic and Labour Relations Review, 27(4), 453–470.
51. Ballatore, A., Bertolotto, M., & Wilson, D. C. (2013). Geographic knowledge extraction and semantic similarity in OpenStreetMap. *Knowledge and Information Systems*, *37*(1), 61–81. https://doi.org/10.1007/s10115-012-0571-0
52. Ban, S., & Mahmud, S. N. D. (2023). Research and Trends in Socio-Scientific Issues Education: A Content Analysis of Journal Publications from 2004 to 2022. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 15, p. 11841). Multidisciplinary Digital Publishing Institute. https://doi.org/10.3390/su151511841
53. Banabic, D. (Ed.). (2024). *History of Romanian Technology and Industry* (Vol. 45). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39191-0
54. Banks, F., & Barlex, D. (2020). Teaching STEM in the Secondary School. In *Teaching STEM in the Secondary School*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429317736
55. Barkoczi, N., Maier, M. L., & Horvat-Marc, A. (2024). THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON PERSONALIZED LEARNING IN STEM EDUCATION. *INTED2024 Proceedings*, *1*, 4980–4989. https://doi.org/10.21125/inted.2024.1289
56. Barrow, M. M. (1991). Measuring local education authority performance: A frontier approach. *Economics of Education Review*, *10*(1), 19–27. https://doi.org/10.1016/0272-7757(91)90036-O
57. Barth, J., & Muehlfeld, K. (2022). Thinking out of the box—by thinking in other boxes: a systematic review of interventions in early entrepreneurship vs. STEM

BUPT

education research. *Management Review Quarterly*, *72*(2), 347–383. https://doi.org/10.1007/s11301-021-00248-3
58. Bashir, S. (2001). *Introduction to Biostatics*.
59. Beaunoyer, E., Dupéré, S., & Guitton, M. J. (2020). COVID-19 and digital inequalities: Reciprocal impacts and mitigation strategies. *Computers in Human Behavior*, *111*, 106424. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106424
60. Becker, K., Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering and mathematics (STEM) subjects on students' learning: a preliminary meta-analysis. Journal of STEM Education Innovations and Research, 12(5–6), 23–37.
61. Beer, M., & Nohria, N. (2000). Cracking the Code of Change - Harvard Business Review. *Harvard Business Review*, 11. https://hbsp.harvard.edu/product/R00301-PDF-ENG
62. Belitski, M., Guenther, C., Kritikos, A. S., & Thurik, R. (2022). Economic effects of the COVID-19 pandemic on entrepreneurship and small businesses. *Small Business Economics*, *58*(2), 593–609. https://doi.org/10.1007/S11187-021-00544-Y
63. Bell, E., & Bryman, A. (2007). The ethics of management research: An exploratory content analysis. *British Journal of Management*, *18*(1), 63–77. https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.2006.00487.x
64. Ben Hassen, T., & El Bilali, H. (2022). Impacts of the Russia-Ukraine War on Global Food Security: Towards More Sustainable and Resilient Food Systems? *Foods*, *11*(15). https://doi.org/10.3390/FOODS11152301
65. Benito-Osorio, D., Peris-Ortiz, M., Armengot, C. R., & Colino, A. (2013). Web 5.0: the future of emotional competences in higher education. *Global Business Perspectives*, *1*(3), 274–287. https://doi.org/10.1007/s40196-013-0016-5
66. Bennett, D., Monahan, P. (2013). NYSCI design lab: No bored kids! In M. Honey and D. Kanter (Eds), Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators (pp. 34–50). New York: Routledge.
67. Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). SWOT analysis applications: An integrative literature review. *Journal of Global Business Insights*, *6*(1), 55–73. https://doi.org/10.5038/2640-6489.6.1.1148
68. Bevan, B. (2017). The promise and promises of making in science education. Studies in Science Education, 53(1), 75–103.
69. BIANCHI, G., MATTI, C., PONTIKAKIS, D., REIMERIS, R., HAEGEMAN, K. H., MIEDZINSKI, M., SILLERO, I. C., MIFSUD, S., SASSO, S., BOL, E., MARQUES, S. A., ANDREONI, A., JANSSEN, M., SAUBLENS, C., STEFANOV, R., & TOLIAS, Y. (2024). JRC Publications Repository - Innovation for place-based transformations. In *Publications Office of the European Union*. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC135826
70. Birdthistle, N., Keane, T., Linden, T., & Eager, B. (2023). *Back to School: An Examination of Teachers' Knowledge and Understanding of Entrepreneurship Education*. 223–248. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17816-0_10
71. Bisri, A., Putri, A., & Rosmansyah, Y. (2023). A Systematic Literature Review on Digital Transformation in Higher Education: Revealing Key Success Factors. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, *18*(14), 164–187. https://doi.org/10.3991/IJET.V18I14.40201
72. Bissaker, K. (2014). Transforming STEM education in an innovative Australian school: the role of teachers' and academics' professional partnerships. Theory Into Practice, 53(1), 55–63.

BUPT

73. Bond, M., Bedenlier, S., Marín, V. I., & Händel, M. (2021). Emergency remote teaching in higher education: mapping the first global online semester. In *International Journal of Educational Technology in Higher Education* (Vol. 18, Issue 1, pp. 1–24). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00282-x
74. Bongomin, O., Gilibrays Ocen, G., Oyondi Nganyi, E., Musinguzi, A., & Omara, T. (2020). Exponential Disruptive Technologies and the Required Skills of Industry 4.0. In *Journal of Engineering (United Kingdom)* (Vol. 2020). Hindawi Limited. https://doi.org/10.1155/2020/4280156
75. Borenstein, J., & Howard, A. (2021). Emerging challenges in AI and the need for AI ethics education. *AI and Ethics*, *1*(1), 61–65. https://doi.org/10.1007/S43681-020-00002-7
76. Borup, J., West, R. E., Thomas, R. A., & Graham, C. R. (2014). Examining the impact of video feedback on instructor social presence in blended courses. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, *15*(3), 232–256. https://doi.org/10.19173/irrodl.v15i3.1821
77. Bouwer, K., John, E., Luke, O., & Rozhan, A. (2023). 'Climate change isn't optional': Climate change in the core law curriculum. *Legal Studies*, *43*(2), 240–258. https://doi.org/10.1017/lst.2022.35
78. Brandaõ Santana, N., Rebelatto, D. A. D. N., Périco, A. E., Moralles, H. F., & Leal Filho, W. (2015). Technological innovation for sustainable development: An analysis of different types of impacts for countries in the BRICS and G7 groups. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, *22*(5), 425–436. https://doi.org/10.1080/13504509.2015.1069766
79. Bratton, B. (2021). AI urbanism: a design framework for governance, program, and platform cognition. *AI and Society*, *36*(4), 1307–1312. https://doi.org/10.1007/s00146-020-01121-9
80. Brears, L., MacIntrye, B., O'Sullivan, G. (2011). Preparing teachers for the 21st century using PBL as an integrated strategy in science and technology education. Design and Technology Education: an International Journal, 16(1), 36–46.
81. Breiner, J., Johnson, C., Harkness, S., Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. School Science and Mathematics, 112(1), 3–11.
82. Breque, M., De Nul, L., Petridis, A. (2021). Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. In *Innovation in the Digital Economy*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2777/308407
83. Brunn, S. D. (2019). The International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology. *The AAG Review of Books*, *7*(2), 77–85. https://doi.org/10.1080/2325548x.2019.1579553
84. Bryman, A. (2016). Social Research Methods - Alan Bryman - Google Books. In *OUP Oxford* (p. 766) https://books.google.ro/books?hl=en&lr=&id=N2zQCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Bryman,+A.+(2016).+Social+Research+Methods.+Oxford+University+Press.&ots=dqJzIPM9sg&sig=Fr1BYH_rCcSpum5uhJ6mxW5pArA&redir_esc=y#v=onepage&q=Bryman%2C A. (2016). Social Research Metho
85. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of ... - Erik Brynjolfsson, Andrew McAfee - Google Books. In *w. w. Norton & Company*. https://books.google.ro/books?hl=en&lr=&id=WiKwAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=P

BUPT

A1&dq=Brynjolfsson,+E.,+%26+McAfee,+A.+(2014).+The+Second+Machine+Age:+Work,+Progress,+and+Prosperity+in+a+Time+of+Brilliant+Technologies.+W.+W.+Norton+%26+Company&ots=4-UwQh_ydg&sig=aVlMQ
86. Buksiński, T. (2015). Dilemmas of the Catholic Church in Poland Polish Philosophical Studies, XIII Christian Philosophical Studies, XII Edited by The Council for Research in Values and Philosophy.
87. Burke, W. W., & Litwin, G. H. (1992). A Causal Model of Organizational Performance and Change. *Journal of Management*, *18*(3), 523–545. https://doi.org/10.1177/014920639201800306
88. Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: a 2020 vision. Technology and Engineering Teacher, (Sept.), 30-35.
89. Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities - Rodger W. Bybee - Google Books*. NSTA Press. https://books.google.ro/books?hl=en&lr=&id=gfn4AAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Bybee,+R.+W.+(2013).+The+Case+for+STEM+Education:+Challenges+and+Opportunities.+NSTA+Press.&ots=xbYncq8eUp&sig=m53CsTTeJsG3LNR5G8xPtZNgBe4&redir_esc=y#v=onepage&q=Bybee%2C R. W. (201
90. Bybee. R. (2013). The case for STEM education: challenges and opportunities. National Science Teachers' Association. Arlington: NSTA Press.
91. Callejas, I. A., Huang, L., Cira, M., Croze, B., Lee, C. M., Cason, T., Schiffler, E., Soos, C., Stainier, P., Wang, Z., Shaked, S., Mcclellan, M., Hung, W.-C., & Jay, J. A. (2023). Use of Google Earth Engine for Teaching Coding and Monitoring of Environmental Change : A Case Study among STEM and Non-STEM Students. *Sustainability 2023, Vol. 15, Page 11995*, *15*(15), 11995. https://doi.org/10.3390/SU151511995
92. Calzada, I., & Almirall, E. (2020). Data ecosystems for protecting European citizens' digital rights. *Transforming Government: People, Process and Policy*, *14*(2), 133–147. https://doi.org/10.1108/TG-03-2020-0047
93. Camús Ferri, M. D. M., Martínez, M. J. I., & Cabezas, I. L. (2022). Dialogic Learning as a Strategy for Reflection and Development of Communication in Initial Teacher Training. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, *22*(10), 156–167. https://doi.org/10.33423/JHETP.V22I10.5394
94. Cao, C., Ding, Z., Lee, G.-G., Jiao, J., Lin, J., & Zhai, X. (2023). *Elucidating STEM Concepts through Generative AI: A Multi-modal Exploration of Analogical Reasoning*. https://analogen.netlify.app/
95. Capraro, M., Jones, M. (2013). Interdisciplinary STEM project-based learning. In R. Capraro, M. Capraro, & J. Morgan (Eds.), STEM-project-based learning: an integrated science, technology, engineering and mathematics (STEM) approach (pp. 51–58). Rotterdam: Sense.
96. Caprile, M., Palmén, R., Sanz, P. Dente, G. (2015). Encouraging STEM Studies in the Labour Market. European Parliament Directorate General for Internal Policies [White Paper 542.199]. Disponibila la: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU(2015)542199_EN.pdf.
97. Carayannis, E. G. (2020). Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship. In *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15347-6
98. Carayannis, E. G., & Morawska-Jancelewicz, J. (2022). The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities. *Journal*

BUPT

of the Knowledge Economy, *13*(4), 3445–3471. https://doi.org/10.1007/s13132-021-00854-2
99. Carey, S. (2009). The Origin of Concepts. In *The Origin of Concepts* (Vol. 133, Issue 1). Winter. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195367638.001.0001
100. Carlucci Aiello, L. (2016). The multifaceted impact of Ada Lovelace in the digital age. In *Artificial Intelligence* (Vol. 235, pp. 58–62). Elsevier. https://doi.org/10.1016/j.artint.2016.02.003
101. Cech, E. A., & Blair-Loy, M. (2019). The changing career trajectories of new parents in STEM. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *116*(10), 4182–4187. https://doi.org/10.1073/pnas.1810862116
102. Center for Educational Effectiveness, U. D. (2018). *Teaching Resources | Center for Educational Innovation*. The TA's Guide to Effective Teaching at UC Davis. https://cee.ucdavis.edu/jitt
103. CEPA Standford. (2020). *Stanford Center for Education Policy Analysis. School effectiveness*. https://cepa.stanford.edu/topic-areas/school-effectiveness
104. CEPR Harvard University. (2020). *MQI Research Basis | Center for Education Policy Research at Harvard University*. Harvard University. https://cepr.harvard.edu/
105. Charles A. O'Reilly III, D. N. and M. T. (2016). Designing and Aligning Organizations: The Congruence Model. *Harvard Business School*. https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=50406
106. Charles, M., Patrick, K., & Levison, C. (2018). Untangling the concept of entrepreneurship towards a common perspective. *African Journal of Business Management*, *12*(14), 451–470. https://doi.org/10.5897/ajbm2018.8587
107. Charleston, L. V. J., George, P. L., Jackson, J. F. L., Berhanu, J., & Amechi, M. H. (2014). Navigating underrepresented STEM spaces: Experiences of black women in U.S. computing science higher education programs who actualize success. *Journal of Diversity in Higher Education*, *7*(3), 166–176. https://doi.org/10.1037/a0036632
108. Chaudhry, M. A., & Kazim, E. (2022). Artificial Intelligence in Education (AIEd): a high-level academic and industry note 2021. *AI and Ethics*, *2*(1), 157–165. https://doi.org/10.1007/s43681-021-00074-z
109. Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, *8*, 75264–75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510
110. Chen, Y., Argentinis, E., & Weber, G. (2016). IBM Watson: How Cognitive Computing Can Be Applied to Big Data Challenges in Life Sciences Research. In *Clinical Therapeutics* (Vol. 38, Issue 4, pp. 688–701). Excerpta Medica Inc. https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2015.12.001
111. Cheng, M. M. H. (2022). An Overview of STEM Education in Asia. In *Concepts and Practices of STEM Education in Asia* (pp. 1–15). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2596-2_1
112. Cheng, Y. M. (2023). What makes learners enhance learning outcomes in MOOCs? Exploring the roles of gamification and personalization. *Interactive Technology and Smart Education*, *ahead-of-p*(ahead-of-print). https://doi.org/10.1108/ITSE-05-2023-0097
113. Chien, Y. H., & Chu, P. Y. (2018). The different learning outcomes of high school and college students on a 3D-printing STEAM engineering design

BUPT

curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *16*(6), 1047–1064. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9832-4
114. Chiriacescu, F. S., Chiriacescu, B., Grecu, A. E., Miron, C., Panisoara, I. O., & Lazar, I. M. (2023). Secondary teachers' competencies and attitude: A mediated multigroup model based on usefulness and enjoyment to examine the differences between key dimensions of STEM teaching practice. *PLoS ONE*, *18*(1 January), e0279986. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279986
115. Choi, Y. (2021). Geography Achievement and Opportunity to Learn: A Focus on Computer and Educational Technology. *Journal of Geography*, *120*(6), 232–238. https://doi.org/10.1080/00221341.2021.2000010
116. Chou, C. M., Shen, C. H., Hsiao, H. C., & Shen, T. C. (2018). Factors influencing teachers' innovative teaching behaviour with information and communication technology (ICT): the mediator role of organisational innovation climate. *Https://Doi.Org/10.1080/01443410.2018.1520201*, *39*(1), 65–85. https://doi.org/10.1080/01443410.2018.1520201
117. Chow, J. C. L., Wong, V., Sanders, L., & Li, K. (2023). Developing an AI-Assisted Educational Chatbot for Radiotherapy Using the IBM Watson Assistant Platform. *Healthcare (Switzerland)*, *11*(17), 2417. https://doi.org/10.3390/healthcare11172417
118. Chowdhury, S., Dey, P., Joel-Edgar, S., Bhattacharya, S., Rodriguez-Espindola, O., Abadie, A., & Truong, L. (2023). Unlocking the value of artificial intelligence in human resource management through AI capability framework. *Human Resource Management Review*, *33*(1), 100899. https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2022.100899
119. CIS. (2023). *Maximizing the Benefits of AI in Education | edCircuit*. The College for International Studies Blog. https://www.cis-spain.com/en/blog/the-benefits-of-ai-in-education/
120. Comisia Europeană/Reprezentanța în România. (2024). *Cercetare și inovare - Comisia Europeană*. Strategie Și Priorități. https://romania.representation.ec.europa.eu/strategie-si-prioritati/politici-cheie-ale-uniunii-europene-pentru-romania/cercetare-si-inovare_ro
121. Comission European. (2023). *European Online Conference for eTwinning Schools 2023: Investing in well-being and creativity at school as a pedagogical asset. | ESEP*. European School Education Platform. https://school-education.ec.europa.eu/en/insights/news/european-online-conference-etwinning-schools-2023-investing-well-being-and-creativity?pk_campaign=eTwinning_newsletter_JULY2023&pk_source=eTwinning_newsletter
122. Commissione europea. (2024). *COMMISSION DECISION of 24.1.2024 establishing the European Artificial Intelligence Office*. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/commission-decision-establishing-european-ai-office
123. Connor, A. M., Karmokar, S., & Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM: Strategies for Enhancing Engineering & Technology Education. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, *5*(2), 37. https://doi.org/10.3991/IJEP.V5I2.4458
124. Cooper, A. A., Kline, A. C., Baier, A. L., & Feeny, N. C. (2023). Rethinking Research on Prediction and Prevention of Psychotherapy Dropout: A Mechanism-Oriented Approach. *Behavior Modification*, *47*(6), 1195–1218. https://doi.org/10.1177/0145445518792251

BUPT

125. Courville, I. G. and Y. B. and A. (2016). Deep learning by Ian Goodfellow,Yoshua Bengio, Aaron Courville. *Nature*, *29*(7553), 1–73. https://books.google.ro/books?hl=en&lr=&id=omivDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Goodfellow,+I.,+Bengio,+Y.,+%26+Courville,+A.+(2016).+Deep+Learning.+MIT+Press&ots=MON79rmDWX&sig=NUefGzgcqpeoL48z4le0UABVrNo&redir_esc=y#v=onepage&q=Goodfellow%2C I.%2C Bengio%2C Y.
126. Creswell, J. W. (2003). *RESEARCH DESIGN Qualitative, Quantitative. and Mixed Methods Approaches SECOND EDITION SAGE Publications International Educational and Professional Publisher Thousand Oaks London New Delhi*.
127. Curtis, C., Gillespie, N., & Lockey, S. (2023). AI-deploying organizations are key to addressing 'perfect storm' of AI risks. *AI and Ethics*, *3*(1), 145–153. https://doi.org/10.1007/s43681-022-00163-7
128. Dake, D. K., & Gyimah, E. (2023). Using sentiment analysis to evaluate qualitative students' responses. *Education and Information Technologies*, *28*(4), 4629–4647. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11349-1
129. Dare, E. A., Keratithamkul, K., Hiwatig, B. M., & Li, F. (2021). Beyond content: The role of stem disciplines, real-world problems, 21st century skills, and stem careers within science teachers' conceptions of integrated stem education. *Education Sciences*, *11*(11). https://doi.org/10.3390/educsci11110737
130. Darmawansah, D., Hwang, G. J., Chen, M. R. A., & Liang, J. C. (2023). Trends and research foci of robotics-based STEM education: a systematic review from diverse angles based on the technology-based learning model. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 10, Issue 1, p. 12). https://doi.org/10.1186/s40594-023-00400-3
131. Daudt, H., van Mossel, C., Scott, S. (2013). Enhancing the scoping study methodology: a large, inter-professional experience with Arskey and O'Malley's framework. BMC Medical Research Methodology, 13(48). https://doi.org/10.1186/1471-2288-13-48.
132. David, F. R., David, F. R., Columbus, B., New, I., San, Y., Cape, F. A., Dubai, T., Madrid, L., Munich, M., Montréal, P., Delhi, T., São, M. C., Sydney, P., Kong, H., Singapore, S., & Tokyo, T. (2017). Sixteenth edition StRategic ManageMent concepts and cases. In *Pearson education, inc*. www.pearsoned.com/permissions/.
133. De Sanctis, M., Di Salle, A., Iovino, L., & Rossi, M. T. (2023). A technology transfer journey to a model-driven access control system. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, *25*(1), 49–74. https://doi.org/10.1007/s10009-023-00697-z
134. De Sousa Borges, S., Durelli, V. H. S., Reis, H. M., & Isotani, S. (2014). A systematic mapping on gamification applied to education. *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, 216–222. https://doi.org/10.1145/2554850.2554956
135. Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, *158*, 688–695. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2019.09.104
136. Demirel, D. (2023). The Impact of Managing Diversity on Building the Smart City A Comparison of Smart City Strategies: Cases From Europe, America, and Asia. *SAGE Open*, *13*(3), 1–18. https://doi.org/10.1177/21582440231184971
137. Dhawan, S. (2020). Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis. *Journal of Educational Technology Systems*, *49*(1), 5–22. https://doi.org/10.1177/0047239520934018

BUPT

138. Diaconu-Gherasim, L. R., Măirean, C., & Curelaru, M. (2022). *Metode cantitative de cercetare: designuri și aplicații în științele sociale*. Editura POLIROM. https://polirom.ro/psihologie/7769-metode-cantitative-de-cercetare-.html
139. Didukh, S., & Novikova, O. (2020). DIGITALIZATION OF BUSINESS IN THE CONTEXT OF INCLUSIVE DEVELOPMENT. *Black Sea Economic Studies*, *59*. https://doi.org/10.32843/bses.59-20
140. Dieterle, E., Dede, C., & Walker, M. (2022). The cyclical ethical effects of using artificial intelligence in education. *AI and Society*. https://doi.org/10.1007/s00146-022-01497-w
141. Dlouhy, K., & Froidevaux, A. (2024). Evolution of professionals' careers upon graduation in STEM and occupational turnover over time: Patterns, diversity characteristics, career success, and self-employment. *Journal of Organizational Behavior*, *45*(3), 344–361. https://doi.org/10.1002/job.2615
142. Donmez, I., (2020). STEM Education Dimensions: from STEM Literacy to STEM Assessment. Research Highlights in Education and Science 2020, Isres Publishing, 154-170, Disponibil la: https://www.isres.org/books/chapters/Rhes2020-154-170_29-12-2020.pdf
143. Draghici, A., Baban, C. F., Ivascu, L. V, & Sarca, I. (2015). KEY SUCCESS FACTORS FOR UNIVERSITY - INDUSTRY COLLABORATION IN OPEN INNOVATION. *ICERI2015: 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESEARCH AND INNOVATION*, 7357–7365. https://library.iated.org/view/DRAGHICI2015KEY
144. Draghici, A., Mirea, N., Trunk Širca, N., Dermol, V., Espinosa, S., Rutelione, A., Kreci, V., Ivascu, L., Trunk, A., Metzler, M., & Fatol, D. (2021). Multimedia Competencies for University Staff. an International Education Experience. *INTED2021 Proceedings*, *1*(March), 978–987. https://doi.org/10.21125/inted.2021.0220
145. du Boulay, B. (2022). Artificial Intelligence in Education and Ethics. In *Handbook of Open, Distance and Digital Education* (pp. 1–16). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0351-9_6-2
146. du Boulay, B. (2023). Artificial Intelligence in Education and Ethics. In *Handbook of Open, Distance and Digital Education* (pp. 93–108). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2080-6_6
147. Dyson, R. G. (2004). Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. *European Journal of Operational Research*, *152*(3), 631–640. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00062-6
148. *Economic convergence in European Union Bucharest 6-7 th of April 2023*. (n.d.).
149. Education, C. for E. in. (2021). *Index of Excellence in STEM education Compares U.S. Students to Global Competition*. https://www.cee.org/newsevents/press-releases/index-excellence-stem-education-compares-us-students-global-competition-0
150. Edwards, D., Perkins, K., Pearce, J. Hong, J. (2015). Work integrated learning in STEM in Australian universities. Final report submitted to the Office of the Chief Scientist. Disponibilă la: https://research.acer.edu.au/higher_education/44.
151. Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning*, *7*(2), 63–74. https://doi.org/10.11591/edulearn.v7i2.220

BUPT

152. El-Deghaidy, H., & Mansour, N. (2015). Science Teachers' Perceptions of STEM Education: Possibilities and Challenges. *International Journal of Learning*, *1*(1), 51–54. https://doi.org/10.18178/IJLT.1.1.51-54
153. Eltanahy, M. (2023). *Innovative Pedagogy and Practice for E-STEM Learning*. 71–91. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17816-0_4
154. *e-mentor : The impact of digitalisation on the development of e-learning*. (n.d.). Retrieved August 22, 2023, from https://www.e-mentor.edu.pl/artykul/index/numer/99/id/1606
155. English, L. (2016). STEM Education K-12: Perspectives on integration. International Journal of STEM Education, 3(3), 1–8.
156. Ermenc, K. S., & Niemczyk, E. K. (2022). Education for Sustainable Development. In *Sodobna Pedagogika/Journal of Contemporary Educational Studies* (Vol. 73, Issue 2, pp. 146–149). https://doi.org/10.21300/21.4.2020.2
157. European commission. (2024a). *Funding opportunities for small businesses | European Commission*. N.D. https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities_en
158. European commission. (2024b). *Political Guidelines 2024-2029 | European Commission*. https://commission.europa.eu/document/e6cd4328-673c-4e7a-8683-f63ffb2cf648_en
159. European Union and United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development (2022). The 2030 Agenda for Sustainable Development, Disponibilă la https://sdgs.un.org/goals
160. European Union, EUR-Lex, Acces la Dreptul Uniunii Europene, (2022) Disponibilă la https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0332&from=EN
161. European Union, European Political Strategy Center (2019). 10 Tendințe care transformă educația, așa cum o știm noi, Disponibilă la: https://ec.europa.eu/epsc/sites/epsc/files/epsc_-_10_trends_transforming_education_as_we_know_it.pdf
162. Fairhurst, N., Koul, R., & Sheffield, R. (2023). Students' perceptions of their STEM learning environment. *Learning Environments Research*, *26*(3), 977–998. https://doi.org/10.1007/s10984-023-09463-z
163. Falaq, Y. (2020). Education of Citizenship in Higher Education as A Fortress of Nation Characters in Facing Era Society 5.0. *Journal of Educational Sciences*, *4*(4), 802. https://doi.org/10.31258/jes.4.4.p.802-812
164. Falloon, G. (2013). Forging school-scientist partnerships: a case of easier said than done? Journal of Science Education and Technology, 22(1), 858–876.
165. Falloon, G. (2014). Using videoconferencing in a school-scientist partnership: students' perspectives and scientists' challenges. Research in Learning Technologies, 20, 1–18.
166. Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: a framework for developing STEM literacy. Journal of Science Education and Technology
167. Fara, P. (2020). Ada Lovelace: the making of a computer scientist. *Women's History Review*, *29*(1), 168–170. https://doi.org/10.1080/09612025.2019.1672915
168. Farlex Dictionary of Idioms, (2015) it takes a village. Retrieved September 11 2022, Disponibil la: https://idioms.thefreedictionary.com/it+takes+a+village
169. *FD1 - Metode cantitative de cercetare*. (n.d.).

BUPT

170. Fernandez-Antolin, M. M., del Río, J. M., & Gonzalez-Lezcano, R. A. (2021). The use of gamification in higher technical education: perception of university students on innovative teaching materials. *International Journal of Technology and Design Education*, *31*(5), 1019–1038. https://doi.org/10.1007/S10798-020-09583-0/FIGURES/7
171. Figueira, J. R., Mousseau, V., & Roy, B. (2016). ELECTRE methods. *International Series in Operations Research and Management Science*, *233*, 155–185. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_5
172. Filipović, S., Vasić, M., Tica, S., Veg, E., & Šiniković, G. (2020). Using Modified Nadler-Tushman Model in GAP Analysis of Educational Process of EFMNS Certified Engineer. *Tehnički Vjesnik*, *27*(4), 1213–1220. https://doi.org/10.17559/TV-20190530215022
173. Fiorineschi, L., & Rotini, F. (2023). Uses of the novelty metrics proposed by Shah et al.: what emerges from the literature? *Design Science*, *9*, e11. https://doi.org/10.1017/dsj.2023.9
174. Firu, A., Tapirdea, A., Chivu, O., Feier, A. I., & Draghici, G. (2021). THE COMPETENCES REQUIRED BY THE NEW TECHNOLOGIES IN INDUSTRY 4.0 AND THE DEVELOPMENT OF EMPLOYEES' SKILLS. *ACTA TECHNICA NAPOCENSIS SERIES-APPLIED MATHEMATICS MECHANICS AND ENGINEERING*, *64*(1), 109-116 WE-Emerging Sources Citation Index (ESC. https://www.academia.edu/88704186/The_Competences_Required_by_the_New_Technologies_in_Industry_4_0_and_the_Development_of_Employees_Skills
175. Fix, G. M., Ritzen, H. T. M., Pieters, J. M., & Kuiper, W. A. J. M. (2019). Effective curricula for at-risk students in vocational education: a study of teachers' practice. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, *11*(1), 1–17. https://doi.org/10.1186/s40461-018-0076-5
176. *Florin Lungu-Coordinator-Proceedings of the 8 th "Management Challenges and Opportunities in the Post-Pandemic Reality"Association of Doctoral and Excellence Activities' Coordinators in Business Management and Engineering)*. (2022).
177. Fomunyam, K. G. (2019). Theorizing STEM Education in the 21st Century. In *Theorizing STEM Education in the 21st Century*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.77870
178. For, C., & Chapters, B. (2020). *Perspectives on Business Management & Economics Volume III • December 2020 Topics / Subject Areas*. *III*(December). www.pbme.in
179. Freeman, B., Marginson, S., & Tytler, R. (2019). An International View of Stem Education. In *STEM Education 2.0: Myths and Truths - What Has K-12 STEM Education Research Taught Us?* (pp. 349–363). Brill. https://doi.org/10.1163/9789004405400_019
180. Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111
181. Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, *114*, 254–280. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019

BUPT

182. Fritz, M., & Schiefer, G. (2008). Food chain management for sustainable food system development: A European research Agenda. *Agribusiness*, *24*(4), 440–452. https://doi.org/10.1002/agr.20172
183. Frydenberg, M., & Andone, D. (2023). Co-Creating Virtual Reality as Open Educational Resources: An Inquiry-Based Thinking Approach. *Proceedings - 2023 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2023*, 14–18. https://doi.org/10.1109/ICALT58122.2023.00010
184. Fuchs, K. (2022). The Difference Between Emergency Remote Teaching and e-Learning. In *Frontiers in Education* (Vol. 7). https://doi.org/10.3389/feduc.2022.921332
185. Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. *Japan Spotlight*, *27*(5), 47-50.
186. Gafni, R., Aviv, I., Kantsepolsky, B., Sherman, S., Rika, H., Itzkovich, Y., & Barger, A. (2024). Objectivity by design: The impact of AI-driven approach on employees' soft skills evaluation. *Information and Software Technology*, *170*. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2024.107430
187. Garbuz, N. (2023). *THE GENDER GAP IN STEM: A HISTORICAL PERSPECTIVE AND CURRENT CHALLENGES*.
188. García-Ramos, L., Peñabaena-Niebles, R., Camacho, A., Calle, M. G., & García-Barreneche, S. (2022). Promoting the Participation of Women in STEM: A Methodological View. *Lecture Notes in Educational Technology*, 99–125. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1552-9_6
189. Garrison, D. R., Anderson, T., & Archer, W. (1999). Critical Inquiry in a Text-Based Environment: Computer Conferencing in Higher Education. *Internet and Higher Education*, *2*(2–3), 87–105. https://doi.org/10.1016/S1096-7516(00)00016-6
190. Gaybullaevna, D. N., & Jonpulatovna, S. M. (2021). Innovative approach to education is a factor for developing new knowledge, competence and personal qualities. *Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR)*, *10*(1), 148–153. https://doi.org/10.5958/2278-4853.2021.00014.8
191. Ghazinoory, S., Abdi, M., & Azadegan-Mehr, M. (2011). SSGG metodologija: Praeities ir ateities analizė. In *Journal of Business Economics and Management* (Vol. 12, Issue 1, pp. 24–48). https://doi.org/10.3846/16111699.2011.555358
192. Ghosheh, M. J., & Ghosheh, G. O. (2023). Opportunities and challenges of introducing digital health training in medical and health sciences education in Palestine. In *STEM Education Approaches and Challenges in the MENA Region* (pp. 128–167). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6883-8.ch006
193. Gill, S. S., Xu, M., Ottaviani, C., Patros, P., Bahsoon, R., Shaghaghi, A., Golec, M., Stankovski, V., Wu, H., Abraham, A., Singh, M., Mehta, H., Ghosh, S. K., Baker, T., Parlikad, A. K., Lutfiyya, H., Kanhere, S. S., Sakellariou, R., Dustdar, S., … Uhlig, S. (2022). AI for next generation computing: Emerging trends and future directions. In *Internet of Things (Netherlands)* (Vol. 19, p. 100514). Elsevier. https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100514
194. Gilmore, J., Vieyra, M., Timmerman, B., Feldon, D., & Maher, M. (2015). The relationship between undergraduate research participation and subsequent research performance of early career STEM graduate students. *Journal of Higher Education*, *86*(6), 834–863. https://doi.org/10.1353/jhe.2015.0031
195. Gobble, M. A. M. (2018). Digitalization, Digitization, and Innovation. *Research Technology Management*, *61*(4), 56–59. https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471280

BUPT

196. Goren, H., & Yemini, M. (2017). Citizenship education redefined – A systematic review of empirical studies on global citizenship education. *International Journal of Educational Research*, *82*, 170–183. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.02.004
197. GORSKI, A.-T., & DUMITRASCU, D. D. (2023). *PERFORMANCE MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS FROM 1976 TO 2022*. https://doi.org/10.24818/imc/2022/02.15
198. Graduate STEM Education for the 21st Century. (2018). In *Graduate STEM Education for the 21st Century*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/25038
199. Graziani, M., Dutkiewicz, L., Calvaresi, D., Amorim, J. P., Yordanova, K., Vered, M., Nair, R., Abreu, P. H., Blanke, T., Pulignano, V., Prior, J. O., Lauwaert, L., Reijers, W., Depeursinge, A., Andrearczyk, V., & Müller, H. (2023). A global taxonomy of interpretable AI: unifying the terminology for the technical and social sciences. *Artificial Intelligence Review*, *56*(4), 3473–3504. https://doi.org/10.1007/s10462-022-10256-8
200. Grollo, L., Andrews, D., & Salo, L. (2023). Engaging students in population genetics online: Genetic wheel activity. In *Biochemistry and Molecular Biology Education* (Vol. 51, Issue 3, pp. 332–338). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1002/bmb.21722
201. Grosseck, G., Bran, R. A., & Țîru, L. G. (2024). Digital Assessment: A Survey of Romanian Higher Education Teachers' Practices and Needs. *Education Sciences*, *14*(1), 32. https://doi.org/10.3390/educsci14010032
202. Gueye, M., & Exposito, E. (2020). University 4.0 : The Industry 4.0 paradigm applied to Education. *IX Congreso Nacional de Tecnologías En La Educación*, *January*, 15. https://univ-pau.hal.science/hal-02957371
203. Guo, X., Hao, X., Deng, W., Ji, X., Xiang, S., & Hu, W. (2022). The relationship between epistemological beliefs, reflective thinking, and science identity: a structural equation modeling analysis. *International Journal of STEM Education*, *9*(1), 1–17. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00355-x
204. Haesen, St., Van de Put, E. (2018). STEAM Education in Europe: A comparative analysis report, ISBN 9789090311968, EuroSTEAM project, www.eurosteamproject.eu
205. Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, *3*, 275–285. https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004
206. Hall, R. H., Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W. (1968). Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration. *Administrative Science Quarterly*, *13*(1), 180. https://doi.org/10.2307/2391270
207. Hamed Taherdoost. (2022). An Overview of Trends in Information Systems: Emerging Technologies that Transform the Information Technology Industry. *Cloud Computing and Data Science*, *4*, 1–16. https://doi.org/10.37256/ccds.4120231653
208. Hamutoglu, N. B., & Basarmak, U. (2020). External and internal barriers in technology integration: A structural regression analysis. *Journal of Information Technology Education: Research*, *19*, 17–40. https://doi.org/10.28945/4497
209. Hargrove, R. (2011). Fostering creativity in the design studio: a framework towards effective pedagogical practices. Art, Design, and Communication in Higher Education, 10(1), 7–31.
210. Harry Firman. (2020). Trends and global issues in education. *Indonesia University of Education*, 1–5.

BUPT

https://www.academia.edu/42235703/TRENDS_AND_GLOBAL_ISSUES_IN_EDUCATION
211. Haunschild, J., & Tsog, S. (2019). Literature review: Impact assessment of innovation networks. *Proceedings of the European Conference on Innovation and Entrepreneurship, ECIE*, *1*, 355–362. https://doi.org/10.34190/ECIE.19.218
212. Havice, W. (2009). The power and promise of a STEM Education: thriving in a complex technological world. In International Technology and Engineering Educators' Association (ITEEA) (Ed.), The overlooked STEM imperatives: technology and engineering (pp. 10–17). Reston, VA: ITEEA Publications.
213. Hazelkorn, E. (2023). Putting Global University Rankings in Context: Internationalising Comparability and the Geo-politicalisation of Higher Education and Science. In *Higher Education Dynamics* (Vol. 62, pp. 55–73). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-47335-7_4
214. Heckman, J., Kautz, T. (2012). Hard evidence on soft skills. Labour Economics, 19(4), 451–464.
215. Henschen, T. (2019). The Logic of Scientific Discovery in Macroeconomics. In *Synthese Library* (Vol. 413, pp. 103–119). Taylor and Francis. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23769-1_7
216. Hoachlander, G. (2014). Integrating STE&M. Educational Leadership (December), 74–78.
217. Hoare, T., Misra, J., Leavens, G. T., & Shankar, N. (2021). The Verified Software Initiative: A Manifesto. In *Theories of Programming* (pp. 81–92). ACM. https://doi.org/10.1145/3477355.3477361
218. Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. In *Semantic Scholar*. https://www.researchgate.net/publication/340535196_The_Difference_Between_Emergency_Remote_Teaching_and_Online_Learning#fullTextFileContent
219. Hollings, C., Martin, U., & Rice, A. (2017). The early mathematical education of Ada Lovelace. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/17498430.2017.1325297*, *32*(3), 221–234. https://doi.org/10.1080/17498430.2017.1325297
220. Hollings, C., Martin, U., & Rice, A. (2018). In Review. *Significance*, *15*(5), 45–45. https://doi.org/10.1111/J.1740-9713.2018.01195.X
221. Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *32*(3), 504–526. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1
222. Holmlund, T., Lesseeig, K., Slavit, D. (2018). Making sense of STEM education in K-12 contexts. International Journal of STEM Education, 5(32), 1–18.
223. Honey, M. A., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research. In *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. https://doi.org/10.17226/18612
224. Honey, M., Pearson, G., Schweingruber, H. (Eds.). (2014). STEM integration in K-12 education: status, prospects and an agenda for research. Washington DC: National Academies Press.
225. Hopfenbeck, T. N., Lenkeit, J., El Masri, Y., Cantrell, K., Ryan, J., & Baird, J. A. (2018). Lessons Learned from PISA: A Systematic Review of Peer-Reviewed

BUPT

Articles on the Programme for International Student Assessment. *Scandinavian Journal of Educational Research*, *62*(3), 333–353. https://doi.org/10.1080/00313831.2016.1258726
226. Hsu, Y. S., Tang, K. Y., & Lin, T. C. (2023a). Trends and Hot Topics of STEM and STEM Education: a Co-word Analysis of Literature Published in 2011–2020. *Science and Education*, *0123456789*. https://doi.org/10.1007/s11191-023-00419-6
227. Hsu, Y. S., Tang, K. Y., & Lin, T. C. (2023b). Trends and Hot Topics of STEM and STEM Education: a Co-word Analysis of Literature Published in 2011–2020. *Science and Education*, 1–24. https://doi.org/10.1007/S11191-023-00419-6/TABLES/6
228. Hu, A., Nissan, T., & Pranjol, M. Z. I. (2023). Reflecting on COVID-19 vaccine hesitancy among South Asian communities in the UK: A learning curve to decolonising the secondary school curriculum. In *Frontiers in Education* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.979544
229. Huang, B., Siu-Yung Jong, M., Tu, Y. F., Hwang, G. J., Chai, C. S., & Yi-Chao Jiang, M. (2022). Trends and exemplary practices of STEM teacher professional development programs in K-12 contexts: A systematic review of empirical studies. *Computers and Education*, *189*, 104577. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104577
230. Huberman, M., Meissner, C. M., & Oosterlinck, K. (2017). Technology and Geography in the Second Industrial Revolution: New Evidence from the Margins of Trade. In *Journal of Economic History* (Vol. 77, Issue 1, pp. 39–89). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/S0022050717000018
231. Huk, T. (2021). From Education 1.0 to Education 4.0 – Challenges for the Contemporary School. *New Educational Review*, *66*, 36–46. https://doi.org/10.15804/tner.2021.66.4.03
232. Hutchison, L. F. (2012). Addressing the STEM Teacher Shortage in American Schools: Ways to Recruit and Retain Effective STEM Teachers. *Action in Teacher Education*, *34*(5–6), 541–550. https://doi.org/10.1080/01626620.2012.729483
233. Ibrahim, A. I., Sulaiman, N., & Ali, I. (2022). Simultaneous multidimensional impacts of active learning revealed in a first implementation in the MENA region. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *119*(47), e2108666119. https://doi.org/10.1073/pnas.2108666119
234. Iglesias, M., Faury, M., Iuliani, E., Billon, N. and Gras-Velazquez, A. (2018) European STEM Schools Report: Key Elements and Criteria. European Schoolnet, Brussels. ISBN: 9789492913395
235. Inchausti, G., & Sullivan, M. (2018). Determinants of Academic Performance A Behavioural Science Approach. In *Professors Without Borders*. Oxford University Press. https://www.academia.edu/36992720/Determinants_of_Academic_Performance_A_Behavioural_Science_Approach
236. *Indigenisation definition and meaning | Collins English Dictionary*. (2021). https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/ict
237. *Information technology - Oxford Reference*. (2023). https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/oi/authority.20110803100003879;jsessionid=6B2503928012E837A8AE89AB8649DA91
238. Institutul Național de Statistică. (2024). *Sistemul educaţional la sfârşitul anului şcolar/universitar 2022-2023 şi începutul anului şcolar/universitar 2023-*

BUPT

2024. https://insse.ro/cms/ro/content/sistemul-educaţional-la-sfârşitul-anului-şcolaruniversitar-2022-2023-şi-începutul-anului
239. Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. In *International Journal of Geographical Information Science* (Vol. 34, Issue 4, pp. 625–636). Taylor & Francis. https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500
240. Järvelä, S., Nguyen, A., Vuorenmaa, E., Malmberg, J., & Järvenoja, H. (2023). Predicting regulatory activities for socially shared regulation to optimize collaborative learning. *Computers in Human Behavior*, *144*. https://doi.org/10.1016/J.CHB.2023.107737
241. Jergins, W. (2023). Gender equity and the gender gap in STEM: is there really a paradox? *Journal of Population Economics*, *36*(4), 3029–3056. https://doi.org/10.1007/s00148-023-00959-9
242. Jetsadanuruk, P., & Chansanam, W. (2023a). Knowledge Structure, Characteristics, and Global Research Trends Study of Smart Education Research: Bibliometric Analysis. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *18*(11), 4–24. https://doi.org/10.3991/ijet.v18i11.39313
243. Jetsadanuruk, P., & Chansanam, W. (2023b). Knowledge Structure, Characteristics, and Global Research Trends Study of Smart Education Research: Bibliometric Analysis. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, *18*(11), 4–24. https://doi.org/10.3991/IJET.V18I11.39313
244. Jia, Q., Guo, Y., Li, R., Li, Y., & Chen, Y. (2018). Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL) A Conceptual Artificial Intelligence Application Framework in Human Resource Management Recommended Citation "A Conceptual Artificial Intelligence Application Framework in Human Resource M. *8th International Conference on Electronic Business*, 106–114. https://aisel.aisnet.org/iceb2018/91
245. Johns, G., Mentzer, N. (2016). STEM integration through design and inquiry (pp. 13–17). Nov: Technology and Engineering Teacher.
246. Josué, A., Bedoya-Flores, M. C., Mosquera-Quiñonez, E. F., Mesías-Simisterra, Á. E., & Bautista-Sánchez, J. V. (2023). Educational Platforms: Digital Tools for the teaching-learning process in Education. *Ibero-American Journal of Education & Society Research*, *3*(1), 259–263. https://doi.org/10.56183/IBEROEDS.V3I1.626
247. Kamalov, F., Santandreu Calonge, D., & Gurrib, I. (2023). New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(16), 12451. https://doi.org/10.3390/su151612451
248. Kanadli, S. (2019). A meta-summary of qualitative findings about STEM education. *International Journal of Instruction*, *12*(1), 959–976. https://doi.org/10.29333/iji.2019.12162a
249. Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. In *Asia-Pacific Science Education* (Vol. 5, Issue 1, pp. 1–22). https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y
250. Kapiriri, L., & Ross, A. (2020). The Politics of Disease Epidemics: a Comparative Analysis of the SARS, Zika, and Ebola Outbreaks. *Global Social Welfare*, *7*(1), 33–45. https://doi.org/10.1007/s40609-018-0123-y

BUPT

251. Karaismailoğlu, F., & Yildirim, M. (2023). Integrating computer-aided modeling into distance learning to teach molecular genetics during the COVID-19 pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *51*(3), 339–340. https://doi.org/10.1002/BMB.21724
252. Karmaker, C. L., Aziz, R. Al, Palit, T., & Bari, A. B. M. M. (2023). Analyzing supply chain risk factors in the small and medium enterprises under fuzzy environment: Implications towards sustainability for emerging economies. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, *2*(1). https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100032
253. Karsgaard, C., & Davidson, D. (2023). Must we wait for youth to speak out before we listen? International youth perspectives and climate change education. *Educational Review*, *75*(1), 74–92. https://doi.org/10.1080/00131911.2021.1905611
254. Karvounaraki, A., & Stevenson, A. (2023). *European Innovation Scoreboard 2023-Country profile Romania*. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-
255. Käser, T., & Alexandron, G. (2023). Simulated Learners in Educational Technology: A Systematic Literature Review and a Turing-like Test. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1–41. https://doi.org/10.1007/s40593-023-00337-2
256. Kasih, R., Hanafi, N., & Amin, M. (2020). *Education 4.0 and the 21st Century Skills: A Case Study of Smartphone Use in English Classes*. 48–51. https://doi.org/10.2991/assehr.k.200827.013
257. KAVAK, Ş. (2023). The Evolution and Global Significance of STEM Education in The 21st Century. *The Journal of International Scientific Researches*, *8*(3), 410–415. https://doi.org/10.23834/isrjournal.1342255
258. Kayan-Fadlelmula, F., Sellami, A., Abdelkader, N., & Umer, S. (2022). A systematic review of STEM education research in the GCC countries: trends, gaps, and barriers. *International Journal of STEM Education*, *9*(1), 1-24.
259. Kazan, N. B., Benrachou, © N, & Benrachou, N. (2023). DEVELOPING STRATEGIC PLANNING IN ORGANIZATION HIGHER EDUCATION. *Human Progress*, *9*. https://doi.org/10.34709/IM.191.20
260. Kazemi, A., & Törnblom, K. (2023). Standing on Giants' Shoulders: Posing Questions for Impactful Contributions and Minding "Scientific Littering." In *Social Justice Research* (Vol. 36, Issue 3, pp. 263–276). Springer. https://doi.org/10.1007/s11211-023-00423-9
261. Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 3, Issue 1). Springer. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z
262. Kelley, T., Knowles, J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education, 3(11).
263. Khadim, S., Ali Hassen, O., & Ibrahim, H. (2022). A Review on the Mechanism Mitigating and Eliminating Internet Crimes using Modern Technologies. *Wasit Journal of Computer and Mathematics Science*, *1*(3), 76–108. https://doi.org/10.31185/wjcm.48
264. Khan Academy. (2024). *Congruență. Geometrie pentru EN. Matematică*. https://ro.khanacademy.org/math/geometrie/x63d84eb3f4a0a8d3:congruence
265. Khan, S. (2015). Another 'M' for STEM? Moral considerations for advancing STEM literacy. K-12 STEM Education, 1(4), 149–156.

BUPT

266. Kiazad, K., Restubog, S. L. D., Hom, P. W., Capezio, A., Holtom, B., & Lee, T. (2024). STEMming the tide: New perspectives on careers and turnover. *Journal of Organizational Behavior*, *45*(3), 335–343. https://doi.org/10.1002/job.2780
267. Kleinert, J. (2021). Digital transformation. In *Empirica* (Vol. 48, Issue 1). https://doi.org/10.1007/s10663-021-09501-0
268. Kohvakka, M., & Nevala, A. (2024). Rankings and their limits: the role of global university rankings in university mergers in Finland. *Scandinavian Journal of Educational Research*, *68*(1), 22–35. https://doi.org/10.1080/00313831.2023.2204110
269. Köksalan, M., Wallenius, J., & Zionts, S. (2016). An early history of multiple criteria decision making. *International Series in Operations Research and Management Science*, *233*, 3–17. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_1
270. Kotter, J. P. (2007). Leading change: Why transformation efforts fail. In *Museum Management and Marketing* (pp. 20–29). https://doi.org/10.4324/9780203964194-10
271. Kotter, J. P., Akhtar, V., & Gupta, G. (2021). *Change: How Organizations Achieve Hard-to-Imagine Results in Uncertain and Volatile Times*. https://books.google.com/books/about/Change.html?id=psAsEAAAQBAJ
272. Kousloglou, M., Petridou, E., Molohidis, A., & Hatzikraniotis, E. (2023). Assessing Students' Awareness of 4Cs Skills after Mobile-Technology-Supported Inquiry-Based Learning. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(8), 6725. https://doi.org/10.3390/su15086725
273. Kraaijenbrink, J. (2022). *What is industry 5.0 and how it will radically change your business strategy?* Forbes. https://www.forbes.com/sites/jeroenkraaijenbrink/2022/05/24/what-is-industry-50-and-how-it-will-radically-change-your-business-strategy/?sh=1a66684820bd#T Does Industry 5.0 Mean For Your Strategy?
274. Krishnamoorthy, S., Dua, A., & Gupta, S. (2023). Role of emerging technologies in future IoT-driven Healthcare 4.0 technologies: a survey, current challenges and future directions. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *14*(1), 361–407. https://doi.org/10.1007/s12652-021-03302-w
275. Ku, C.-J., Reid, C., Reeve, E. M., Quraan, E. Al, Hartell, E., Nguyen, H. B. N., Lavonen, J., Buckley, J., Tönnsen, K.-C., Wan, K., Lin, K.-Y., Lee, L.-S., Seery, N., Dunbar, R., Petrina, S., Forawi, S., Aik-Ling, T., Wee, T. T., Lee, Y.-F., & Boğar, Y. (2022). Status and Trends of STEM Education in Highly Competitive Countries: Country Reports and International Comparison. In *Online Submission*.
276. Kuhn, T. (2020). The structure of scientific revolutions. In *Knowledge and Postmodernism in Historical Perspective* (pp. 340–355). https://doi.org/10.5840/philstudies196413082
277. Kumano, Y. (2022). Status of STEM/STEAM Learning in Japan: International Perspectives on Preparedness for Society 5.0. In *Concepts and Practices of STEM Education in Asia* (pp. 63–78). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2596-2_4
278. Kumar, V., Azamathulla, H. M., Sharma, K. V., Mehta, D. J., & Maharaj, K. T. (2023). The State of the Art in Deep Learning Applications, Challenges, and Future Prospects: A Comprehensive Review of Flood Forecasting and Management. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 13, p. 10543).

BUPT

Multidisciplinary Digital Publishing Institute. https://doi.org/10.3390/su151310543
279. LaForce, M., Noble, E., King, H., Century, J., Blackwell, C., Holt, S., Ibrahim, A., Loo, S. (2016). The eight essential elements of inclusive STEM high schools. International Journal of STEM Education, 3(21), 1–11.
280. LaForce, M., Noble, E., King, H., Holt, S., Century, J. (2014). The 8 elements of inclusive STEM high schools. Chicago, IL: Outlier Research & Evaluation, CEMSE, The University of Chicago.
281. Lai, J. W. M., & Bower, M. (2019). How is the use of technology in education evaluated? A systematic review. *Computers and Education*, *133*, 27–42. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.010
282. Lake, K., & Kamath, J. (2024). *The AI Advantage: Transforming L&D for Tomorrow's Workforce*. 36.
283. Land, M. (2013). Full STEAM ahead: the benefits of integrating the arts into STEM. Procedia Computer Science, 20, 547–552.
284. Lawrence, K. C., & Adebowale, T. A. (2023). Adolescence dropout risk predictors: Family structure, mental health, and self-esteem. *Journal of Community Psychology*, *51*(1), 120–136. https://doi.org/10.1002/jcop.22884
285. Lee, M. Y. W., & Riach, K. (2024). Beyond the brink: STEM women and resourceful sensemaking after burnout. *Journal of Organizational Behavior*, *45*(3), 477–496. https://doi.org/10.1002/job.2744
286. *Legea invatamantului in 2024*. (2024). https://www.portalinvatamant.ro/articole/legi-25/
287. Li, M. (2023). Adapting Legal Education for the Changing Landscape of Regional Emerging Economies: A Dynamic Framework for Law Majors. *Journal of the Knowledge Economy*, 1–30. https://doi.org/10.1007/S13132-023-01507-2/FIGURES/6
288. Li, Y. (2014). International Journal of STEM Education - a platform to promote STEM education and research worldwide. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 1, Issue 1, pp. 1–2). Springer. https://doi.org/10.1186/2196-7822-1-1
289. Li, Y., Froyd, J.E. & Wang, K. Learning about research and readership development in STEM education: a systematic analysis of the journal's publications from 2014 to 2018. *IJ STEM Ed* **6**, 19 (2019). https://doi.org/10.1186/s40594-019-0176-1
290. Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2019). On thinking and STEM education. *Journal for STEM Education Research*, *2*(1), 1–13. https://doi.org/10.1007/s41979-019-00014-x
291. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y. *ș.a.* Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *IJ STEM Ed* **7**, 11 (2020). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6
292. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, *7*(1), 1. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6
293. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., Froyd, J. E., & Nite, S. B. (2020a). Research and trends in STEM education: a systematic analysis of publicly funded projects. *International Journal of STEM Education*, *7*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00213-8

BUPT

294. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., Froyd, J. E., & Nite, S. B. (2020b). Research and trends in STEM education: a systematic analysis of publicly funded projects. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 7, Issue 1, pp. 1–16). Springer. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00213-8
295. Likovič, A., & Rojko, K. (2022). E-Learning and a Case Study of Coursera and edX Online Platforms. *Research in Social Change*, *14*(1), 94–120. https://doi.org/10.2478/rsc-2022-0008
296. Ling, M., Liu, Y., & Nechita, F. (2024). Project-Based Learning at Dracula Digital: A Comparative Perspective from Romania and Brunei. *Trends in Higher Education 2024, Vol. 3, Pages 757-778*, *3*(3), 757–778. https://doi.org/10.3390/HIGHEREDU3030043
297. Liu, Z. (2005). Reading behavior in the digital environment: Changes in reading behavior over the past ten years. *Journal of Documentation*, *61*(6), 700–712. https://doi.org/10.1108/00220410510632040
298. Lockheed, M., & Hanushek, E. A. (1990). Education Efficiency and Effectiveness, Concepts of. *Human Resources Development and Operations Policy*, *2*(1990), 1779–1784. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/727651468739517517/concepts-of-educational-efficiency-and-effectiveness
299. Lou, Y. yu, Yang, G. liang, Guan, Z. cheng, Chen, X. lei, Pan, H., Wang, T., & Zheng, H. jun. (2024). A parallel data envelopment analysis and Malmquist productivity index model of virtual frontier for evaluating scientific and technological innovation efficiency at universities. *Decision Analytics Journal*, *10*. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100384
300. Lu, P., Yang, J., Ye, L., Zhang, N., Wang, Y., Di, J., Gao, Z., Wang, C., & Liu, M. (2024). A novel adaptively combined model based on induced ordered weighted averaging for wind power forecasting. *Renewable Energy*, *226*, 120350. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120350
301. Maass, K., Cobb, P., Krainer, K., & Potari, D. (2019). Different ways to implement innovative teaching approaches at scale. *Educational Studies in Mathematics*, *102*(3), 303–318. https://doi.org/10.1007/S10649-019-09920-8/FIGURES/1
302. Madden, M., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., Pearon, J., Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: an interdisciplinary STEAM curriculum. Procedia Computer Science, 20, 541–546.
303. Mahgoub, E. A. A., Khairy, A., Osman, S., Haga, M. B., Osman, S. H. M., Abbu Hassan, A. M., Kamal, H., & Babiker, A. (2024). War and education: the attacks on medical schools amidst ongoing armed conflict, Sudan 2023. *Conflict and Health*, *18*(1). https://doi.org/10.1186/s13031-024-00584-7
304. Mahmud, M. M., Wong, S. F., & Ismail, O. (2022). Emerging Learning Environments and Technologies Post Covid-19 Pandemic: What's Next? *Lecture Notes in Networks and Systems*, *357 LNNS*, 308–319. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91738-8_29
305. MakeLearn 2024. (2024). In *MakeLearn 2024*. https://doi.org/10.53615/978-961-6914-31-4
306. Marchenko, G., Murzina, S., Timofeev, S., & Vodopyanova, K. (2021). Digitalization of education: advantages and problems. *E3S Web of Conferences*, *273*, 12058. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127312058
307. Marginean, M. (2018). Resursele umane şi competenţele. *Medic.Ro*. https://www.academia.edu/111185150/Resursele_umane_şi_competenţele

BUPT

308. Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B. Kelly, R. (2013). STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering, and mathematics (STEM). Final report. Australian Council of Learned Academies. Disponibila la: https://dro.deakin.edu.au/eserv/DU:30059041/tytler-stemcountry-2013.pdf.
309. Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons*. *June*, 178. https://doi.org/ISBN 978 0 9875798 0 5
310. Marrero, M., Gunning, A., Germain-Williams, T. (2014). What is STEM Education? Global Education Review, 1(4), 1–6.
311. Marshall, J., Harron, J. (2018). Making learners: a framework for evaluating making in STEM education. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 12(2), Article 2. Disponibila la: https://doi.org/10.7771/1541-5015.1749.
312. McGimpsey, I., Rousell, D., & Howard, F. (2023). A double bind: youth activism, climate change, and education. In *Educational Review* (Vol. 75, Issue 1, pp. 1–8). Routledge. https://doi.org/10.1080/00131911.2022.2119021
313. McLaren, W. W. (2013). Political History of Japan During the Meiji Era, 1867-1912. *Political History of Japan During the Meiji Era, 1867-1912*. https://doi.org/10.4324/9781315033914
314. Means, B., Bakia, M., & Murphy, R. (2014). Learning online: What research tells us about whether, when and how. In *Learning Online: What Research Tells Us About Whether, When and How*. Taylor and Francis Inc. https://doi.org/10.4324/9780203095959
315. Melnic, A.-S. (2023). Digitization of Education in Romania. *Economy Transdisciplinarity Cognition*, *26*(2), 108–117. www.ugb.ro/etc
316. Melnyk, L., Kubatko, O., Dehtyarova, I., Matsenko, O., & Rozhko, O. (2019). The effect of industrial revolutions on the transformation of social and economic systems. *Problems and Perspectives in Management*, *17*(4), 381–391. https://doi.org/10.21511/ppm.17(4).2019.31
317. Menon, V., & Muraleedharan, A. (2020). Internet-based surveys: Relevance, methodological considerations and troubleshooting strategies. In *General Psychiatry* (Vol. 33, Issue 5, p. 100264). Shanghai Mental Health Center. https://doi.org/10.1136/gpsych-2020-100264
318. Mhlanga, D. (2022). Human-Centered Artificial Intelligence: The Superlative Approach to Achieve Sustainable Development Goals in the Fourth Industrial Revolution. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(13). https://doi.org/10.3390/SU14137804
319. Mhlanga, D. (2023). *Open AI in Education, the Responsible and Ethical Use of ChatGPT Towards Lifelong Learning* (pp. 387–409). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37776-1_17
320. Micari, M., Van Winkle, Z., & Pazos, P. (2016). Among friends: The role of academic-preparedness diversity in individual performance within a small-group STEM learning environment. *International Journal of Science Education*, *38*(12), 1904–1922. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1218091
321. Mihai, L., Mănescu, L. G., Vasilescu, L., Băndoi, A., & Sitnikov, și C. (2024). A Systematic Analysis of New Approaches to Digital Economic Education Based on the Use of AI Technologies. *Amfiteatru Economic*, *26*(65), 207–225. https://doi.org/10.24818/EA/2024/65/201
322. Milner-Bolotin, M. (2018). Evidence-Based Research in STEM Teacher Education: From Theory to Practice. *Frontiers in Education*, *3*. https://doi.org/10.3389/feduc.2018.00092

BUPT

323. Ministerul Educației Naționale, Proiect al Președintelui României (2021). România Educată, Capitolul V. Domenii prioritare, V.8. PROMOVAREA EDUCAȚIEI STE(A)M, 98-103. Disponibil la: https://www.edupedu.ro, la https://op.europa.eu/webpub/eac/education-and-training-monitor-2021/ro/romania.html și la https://www.fanatik.ro/wp-content/uploads/2021/07/raport-romania-educata-2021.pdf
324. Ministerul Educației. (2024). *ORDIN 3069 15/01/2024 - Portal Legislativ*. Monitorul Oficial Al României. https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/278992
325. Ministry of Business, Innovation and Employment. (2014). A nation of curious minds. A national strategic plan for science in society. Wellington: New Zealand Government.
326. Mirea, N., Anghel-Drugarin, C.-V., & Draghici, A. (2021). A STUDY OF USING GOOGLE CLASSROOM PLATFORM IN THE CASE OF A RURAL PRE-UNIVERSITY SMALL EDUCATION UNIT. *ACTA TECHNICA NAPOCENSIS SERIES-APPLIED MATHEMATICS MECHANICS AND ENGINEERING*, *64*(4), 597–606. https://atna-mam.utcluj.ro/index.php/Acta/article/view/1673
327. Mirea, N., Draghici, A., & Baesu, V. (2023). Economic, Social and Environmental Sustainability: The Role of Technology and Political Dialogue A Cause-Effect Analysis of Entrepreneurship and STEM Education. *Management, Knowledge and Learning*, 525–532. https://toknowpress.net/ISBN/978-961-6914-30-7/106.pdf
328. Mirea, N., Palade, M., & Gaureanu, A. (2024). STEM Education, Artificial Intelligence, and Ethical Challenges. *MakeLearn 2024*, 251–260. https://toknowpress.net/ISBN/978-961-6914-31-4/38.pdf
329. Mirea, N., Robescu, D. F., Florin Bogdea, C., & Carutasu, G. (2021). Facts and Figures about STEM Education in Romania. *Managment Knowledge Learning International Conference*, 96. https://www.toknowpress.net/ISBN/978-961-6914-27-7.pdf
330. Mohr-Schroeder, M., Cavalcanti, M., Blyman, K. (2015). STEM education: understanding the changing landscape. In A. Sahin (Ed.), A practice-based model of STEM teaching (pp. 3–14). Rotterdam: Sense.
331. Molek-Kozakowska, K. (2017). Stylistic analysis of headlines in science journalism: A case study of New Scientist. *Public Understanding of Science*, *26*(8), 894–907. https://doi.org/10.1177/0963662516637321
332. Momete*, D. C. (2019). *A New Vision About The Stimulation Of Stem Education In Romania*. 481–488. https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.08.03.57
333. Moore, D. S., P. McCabe, G., Alwan, L. C., Craig, B. A., & Duckworth, W. M. (2013). THE PRACTICE OF STATISTICS FOR BUSINESS AND ECONOMICS. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). W. H. Freeman and Company. https://thuvienso.hoasen.edu.vn/handle/123456789/7462
334. Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A., Roehrig, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices (pp. 35–60). West Lafayette, IN: Purdue University Press.
335. Morrison, J., Bartlett, B. (2009). STEM as curriculum: An experimental approach. Education Week, 8(23), 28–31.

BUPT

336. Morrison, J., McDuffie, A., French, B. (2015). Identifying key concepts of teaching and learning in a STEM school. School Science and Mathematics, 115(5), 244–255.
337. Moss, E. D. (2022). *The Objective Function: Science and Society in the Age of Machine Intelligence*. https://arxiv.org/abs/2209.10418v1
338. Mouta, A., Pinto-Llorente, A. M., & Torrecilla-Sánchez, E. M. (2023). Uncovering Blind Spots in Education Ethics: Insights from a Systematic Literature Review on Artificial Intelligence in Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. https://doi.org/10.1007/s40593-023-00384-9
339. Mpofu, V. (2019). A Theoretical Framework for Implementing STEM Education. In (Ed.), Theorizing STEM Education in the 21st Century. IntechOpen. Disponibil la https://doi.org/10.5772/intechopen.88304
340. Mudaly, R., & Chirikure, T. (2023). STEM education in the Global North and Global South: competition, conformity, and convenient collaborations. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1144399). Frontiers Media SA. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1144399
341. Mukhopadhyay, M. (2023). School Effectiveness. In *Academic Leadership* (pp. 1–20). https://doi.org/10.4324/9781003376545-1
342. Muna, A., Ausat, A., Al Bana, T., & Gadzali, S. S. (2023). Basic Capital of Creative Economy: The Role of Intellectual, Social, Cultural, and Institutional Capital. *Apollo: Journal of Tourism and Business*, *1*(2), 42–54. https://doi.org/10.58905/APOLLO.V1I2.21
343. Munda, G. (2005). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. In *Environmental Sciences* (Vol. 78, Issue 23). https://doi.org/10.1007/b100605
344. Munn, Z., Peters, M., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. BMC Medical Research Methodology, 18(143), 1–7.
345. Na, S., Heo, S., Choi, W., Kim, C., & Whang, S. W. (2023). Artificial Intelligence (AI)-Based Technology Adoption in the Construction Industry: A Cross National Perspective Using the Technology Acceptance Model. *Buildings*, *13*(10), 2518. https://doi.org/10.3390/buildings13102518
346. Nadler, D. A., & Tushman, M. L. (1999). Organization of the future: Strategic imperatives and core competencies for the 21st century. *IEEE Engineering Management Review*, *27*(4), 96–107. https://doi.org/10.1016/s0090-2616(00)80006-6
347. Naeem, M., Ozuem, W., Howell, K., & Ranfagni, S. (2023). A Step-by-Step Process of Thematic Analysis to Develop a Conceptual Model in Qualitative Research. *International Journal of Qualitative Methods*, *22*. https://doi.org/10.1177/16094069231205789
348. Nagdi, M. El, EL-Deghaidy, H., & Osman, G. (2023). STEAM education in an online modality: Teaching and learning tradeoff - A case study. In *STEM Education Approaches and Challenges in the MENA Region* (pp. 189–208). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6883-8.ch008
349. Nagy, J. (2020). *Chapter 9. Developing an Organizational Structure for the Initiative | Section 1. Organizational Structure: An Overview | Main Section | Community Tool Box*. Community Tool Box. https://ctb.ku.edu/en/table-of-contents/structure/organizational-structure/overview/main

BUPT

350. Natale, S., & Henrickson, L. (2022). The Lovelace effect: Perceptions of creativity in machines. *New Media and Society*. https://doi.org/10.1177/14614448221077278
351. National Research Council. (2011). Successful K-12 STEM education: identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics. Washington DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13158.
352. National Science Board. (2015). Revisiting the STEM Workforce. National Science Foundation. Disponibila la: https://www.nsf.gov/nsb/publications/2015/nsb201510.pdf.
353. National Science Foundation. (2021-2022), Missouri STEM Literacy Project. Disponibil la: https://www.stemliteracyproject.org
354. National Science Teachers Association. (2015). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. In *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association. https://doi.org/10.2505/9781936959259
355. Neagu, G. (2022). Understanding the Implications of Digital Competence for the Education Process in Romania. A Literature Review. In *Lecture Notes in Educational Technology* (pp. 441–462). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1738-7_21
356. Newhouse, C. (2017). STEM the boredom: Engage students in the Australian curriculum using ICT with problem-based learning and assessment. Journal of Science Education and Technology, 26(44), 44–57.
357. Ng, S. B. (2019). Exploring STEM competences for the 21st century. *In-Progress Reflection*, *30*, 1–53. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485
358. Ngo, T. T. A., Tran, T. T., An, G. K., & Nguyen, P. T. (2023). Students' Perception Towards Learning Massive Open Online Courses on Coursera Platform: Benefits and Barriers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *18*(14), 4–23. https://doi.org/10.3991/ijet.v18i14.39903
359. Nguyen, A., Ngo, H. N., Hong, Y., Dang, B., & Nguyen, B. P. T. (2023). Ethical principles for artificial intelligence in education. *Education and Information Technologies*, *28*(4), 4221–4241. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11316-w
360. Nichici, A. (2010). Lucrări științifice. *Concepere, redactare, comunicare-Ed. a*.
361. Nisha, Z. (2021). Technicization of "Birth" and "Mothering": Bioethical Debates from Feminist Perspectives. *Asian Bioethics Review*, *13*(2), 133–148. https://doi.org/10.1007/s41649-021-00169-z
362. Noppeney, R., Alisic, A., & Wiese, B. S. (2024). The interplay of career involvement and goal conflicts: An eight-wave study with STEM professionals. *Journal of Organizational Behavior*, *45*(3), 382–396. https://doi.org/10.1002/job.2666
363. Norman, P. D. . Z. D. (2023). Elaborating the Effect of Integrative Inclusive Mainstream Learning Experiences on Special Ed, English Proficient ESL, and Regular Students' Engagement, Social and Academic Performances & achievements in STEM Education. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/SSRN.4412111
364. Norman, Ph.D., Z. D. (2023). Exploring Arts-Based Learning as an Effective Instructional Approach to Teaching ESL-STEAM (Science, Technology,

BUPT

Engineering, Arts, and Mathematics) Education. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.4445329
365. Oanh, D., Van Dung, L., Anh, T., Trang, N. (2018). STEM education:organizingg high school students in Vietnam usingthe engineering design process to fabricate water purification systems. American Journal of Educational Research, 6(9), 1289–1300.
366. OCDE. (2023). *European research and innovation exhibition*. https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/events/upcoming-events/research-innovation-days
367. Odu, G. O. (2019). Weighting methods for multi-criteria decision making technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, *23*(8), 1449. https://doi.org/10.4314/jasem.v23i8.7
368. OECD Publishing. (2018). Emerging trends, challenges and opportunities. In *Valuing our Teachers and Raising their Status: How Communities Can Help* (pp. 13–23). OECD iLibrary. https://doi.org/10.1787/9789264292697-3-en
369. OECD Publishing. (2019). *PISA 2018 Global Competence Framework* (pp. 165–215). https://doi.org/10.1787/043fc3b0-en
370. OECD Publishing. (2024). *PISA 2022 Results (Volume III)* (PISA). OECD. https://doi.org/10.1787/765EE8C2-EN
371. OECD. (2023). *Teaching for the Future: Global Engagement, Sustainability and Digital Skills*. https://www.oecd-ilibrary.org/education/teaching-for-the-future_d6b3d234-en
372. Office of the Chief Scientist. (2016). Australia's STEM workforce: science, technology, engineerin,g and mathematics. Canberra: Australian Government Disponibila la: https://www.chiefscientist.gov.au/wp-content/uploads/Australias-STEM-workforce_fullreport.pdf.
373. Ojala, M. (2023). Climate-change education and critical emotional awareness (CEA): Implications for teacher education. *Educational Philosophy and Theory*, *55*(10), 1109–1120. https://doi.org/10.1080/00131857.2022.2081150
374. Oliveira, X., & Silva, P. (2023). The Impact of Digitalisation on Entrepreneurship. *Journal of Business and Legal Sciences*, *99*(32), 11–21. https://doi.org/10.56002/ceos.0001issue_rcej1_3
375. Padua, S. (2017). Picturing Lovelace, Babbage, and the Analytical Engine: a cartoonist in mathematical biography. *BSHM Bulletin*, *32*(3), 214–220. https://doi.org/10.1080/17498430.2017.1315520
376. Palmié, M., Wincent, J., Parida, V., & Caglar, U. (2020). The evolution of the financial technology ecosystem: An introduction and agenda for future research on disruptive innovations in ecosystems. *Technological Forecasting and Social Change*, *151*, 119779. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119779
377. Parti, K., & Szigeti, A. (2021). The Future of Interdisciplinary Research in the Digital Era: Obstacles and Perspectives of Collaboration in Social and Data Sciences - An Empirical Study. *Cogent Social Sciences*, *7*(1). https://doi.org/10.1080/23311886.2021.1970880
378. Parusheva, S., Bobek, S., & Sternad Zabukovšek, S. (2023). Sustainable Higher Education: From E-Learning to Smart Education. *Sustainability*, *15*(13), 10378. https://doi.org/10.3390/su151310378
379. Paschek, D., & Draghici, A. (2019). INDUSTRY 5.0-THE EXPECTED IMPACT OF NEXT INDUSTRIAL REVOLUTION. *Management, Knowledge and Learning*, 125–132. https://www.toknowpress.net/proceedings/

BUPT

380. Paschek, D., Ivascu, L., & Draghici, A. (2018). Knowledge Management – The Foundation for a Successful Business Process Management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *238*, 182–191. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.03.022
381. Paschek, D., Mocan, A., & Draghici, A. (2019). Industry 5 . 0 – The Expected Impact of Next Industrial Revolution. *Managment Knowledge Learning International Conference*, 125–132. http://www.toknowpress.net/ISBN/978-961-6914-25-3/papers/ML19-017.pdf
382. Paschek, D., Mocan, A., … C. D.-8th B. R., & 2017, undefined. (n.d.). Organizational knowledge management with Big Data. The foundation of using artificial intelligence. *Sciendo.Com*. Retrieved August 14, 2023, from https://sciendo.com/downloadpdf/journals/cplbu/2/1/article-p301.pdf
383. PH. and Chang, Y. C. (2009). Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Research Design Qualitative Quantitative and Mixed Methods Approaches. In *Research Design* (Vol. 4, Issue June).
384. Pham, M., Andrijana, R., Greig, J., Sargeant, J., Papadopoulos, A., McEwan, S. (2014). A scoping review of scoping reviews: advancing the approach and enhancing the consistency. Research Synthesis Methods, 5(4), 371–385.
385. Pilevaria, N., & Yavari, F. (2021). Industry Revolutions Development from Industry 1.0 to Industry 5.0 in Manufacturing Nazanin. *Journal of Industrial Strategic Management*, *2*(3), 5–20. https://www.academia.edu/65158806/Industry_Revolutions_Development_from_Industry_1_0_to_Industry_5_0_in_Manufacturing
386. Piroska, B. B. (2022). *How to choose a sample size (for the statistically challenged)*. Tools4dev. https://tools4dev.org/resources/how-to-choose-a-sample-size/
387. Pirvu, B. C., & Zamfirescu, C. B. (2017). Smart factory in the context of 4th industrial revolution: Challenges and opportunities for Romania. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *227*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/227/1/012094
388. Pleasants, J. (2023). Rethinking the Nature of Engineering: Attending to the Social Context of Engineering. *Science and Education*. https://doi.org/10.1007/s11191-023-00445-4
389. Popescu, I., Banabic, D., De Sabata, C., & Voicu, M. (2024). History of Technology Education in Romania. In *History of Mechanism and Machine Science* (Vol. 45, pp. 193–238). Springer Science and Business Media B.V. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39191-0_10
390. Popkova, E. G., Ragulina, Y. V., & Bogoviz, A. V. (2019). Fundamental differences of transition to industry 4.0 from previous industrial revolutions. In *Studies in Systems, Decision and Control* (Vol. 169, pp. 21–29). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_3
391. Popper, K. R. (2002). The logic of scientific discovery elektronisk ressurs. *Routledge Classics*, xxvii, 513 s.
392. Poproski, R., & Greene, R. (2018). Metrics and Measures of Teaching Effectiveness. *Georgia Institute of Technology*. http://ctl.gatech.edu/resources/best-
393. Portz, S. (2015, April). The challenges of STEM education. Paper presented at the Space Congress, Florida. Disponibila la: http://commons.erau.edu/space-congress-proceedings/proceedings-2015-43rd/proceedings-2015-43rd/3.

BUPT

394. Provendido, L. A. L., Rosal, P. I. P., Patosa, C. F. B., Panayas, S. C., & Velasquez, A. J. C. (2024). STEM Exposure and STEM Career Aspirations to Senior High School Students in Davao Doctors College, Inc. *Asian Journal of Education and Social Studies*, *50*(8), 172–180. https://doi.org/10.9734/AJESS/2024/V50I81517
395. Pudryk, D., Kwilinski, A., Lyulyov, O., & Pimonenko, T. (2023). Towards Achieving Sustainable Development: Interactions between Migration and Education. *Forum Scientiae Oeconomia*, *11*(1), 113–132. https://doi.org/10.23762/FSO_VOL11_NO1_6
396. QS. (2023). European University Rankings 2024. In *QS Top Universities website*. https://www.topuniversities.com/europe-university-rankings
397. Quinn, H., Bell, P. (2013). How designing, maki,ng and playing relate to the learning goals of K-12 science education. In M. Honey & D. Kanter (Eds.), Design, make, play: growing the next generation of STEM innovators (pp. 17–33). New York: Routledge.
398. Radloff, J., & Guzey, S. (2016). Investigating Preservice STEM Teacher Conceptions of STEM Education. *Journal of Science Education and Technology*, *25*(5), 759–774. https://doi.org/10.1007/s10956-016-9633-5
399. Rajkumar, R. P. (2020). COVID-19 and mental health: A review of the existing literature. *Asian Journal of Psychiatry*, *52*, 102066. https://doi.org/10.1016/j.ajp.2020.102066
400. Rapanta, C., Botturi, L., Goodyear, P., Guàrdia, L., & Koole, M. (2020). Online University Teaching During and After the Covid-19 Crisis: Refocusing Teacher Presence and Learning Activity. *Postdigital Science and Education*, *2*(3), 923–945. https://doi.org/10.1007/s42438-020-00155-y
401. Rauch, P. (2007). SWOT analyses and SWOT strategy formulation for forest owner cooperations in Austria. *European Journal of Forest Research*, *126*(3), 413–420. https://doi.org/10.1007/s10342-006-0162-2
402. Rauen, A. T. (2014). Guns, Germs and Steel. *Revista Gestão & Conexões*, *3*(2), 202–210. https://doi.org/10.13071/regec.2317-5087.2014.3.2.5192.202-210.
403. Ravanavar, G. M., & Charantimath, D. P. (2012). Editorial A Welcome Message from the Editors Boards. *International Journal of Research and Development International Journal of Research and Development International Journal of Research and Development*, *1*(11), 87–90. www.ijrdonline.com
404. Reding, C. (2021). Stanford Graduate School of Business. In *Grad's Guide to Graduate Admissions Essays* (pp. 109–111). https://doi.org/10.4324/9781003235361-27
405. Rennung, F., Luminosu, C. T., & Draghici, A. (2016). Service Provision in the Framework of Industry 4.0. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *221*, 372–377. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.127
406. Republica.ro, Gaidoș, A. (2019), De ce este nevoie de un sat întreg pentru a crește un copil?, Disponibil la: https://republica.ro/de-ce-este-nevoie-de-un-intreg-sat-pentru-a-creste-un-copil
407. Reschly, A. L. (2020). Dropout prevention and student engagement. In *Student Engagement: Effective Academic, Behavioral, Cognitive, and Affective Interventions at School* (pp. 31–54). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37285-9_2
408. Rigotti, C., & Fosch-Villaronga, E. (2024). Fairness, AI & recruitment. *Computer Law and Security Review*, *53*. https://doi.org/10.1016/j.clsr.2024.105966

BUPT

409. RISDIANTO, F. (2024, January 1). Classroom Students Collaborative Abilities XII SMA Negeri 5 Surakarta in Learning Biotechnology PJBL Integrated STEM Teaching Year 2023/2024. *Proceeding of International Interdisciplinary Conference And Research Expo (IICARE)*. https://www.academia.edu/117125017/Classroom_Students_Collaborative_Abilities_XII_SMA_Negeri_5_Surakarta_in_Learning_Biotechnology_PJBL_Integrated_STEM_Teaching_Year_2023_2024
410. Roberts, A. (2012). A justification for STEM education. Technology and Engineering Teacher (May-June), 1-5.
411. Rodgers, W., Murray, J. M., Stefanidis, A., Degbey, W. Y., & Tarba, S. Y. (2023). An artificial intelligence algorithmic approach to ethical decision-making in human resource management processes. *Human Resource Management Review*, *33*(1). https://doi.org/10.1016/J.HRMR.2022.100925
412. Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021a). Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *3*(1), 1–18. https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y
413. Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021b). Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *3*(1). https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y
414. Röling, N. (2019). The Agricultural Research-Technology Transfer Interface: A Knowledge Systems Perspective. In *Making the Link* (pp. 1–42). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780429044410-1
415. *România Educată - Proiect al Președintelui României*. (2021).
416. Rosenberg, A. (1985). *The Structure of Biological Science - Alexander Rosenberg - Google Books*. Cambridge University Press. https://books.google.ro/books?hl=en&lr=&id=faNIAKXQrwQC&oi=fnd&pg=PR9&dq=biology+is+a+science%3F&ots=BKXEG3XSI9&sig=Tux70LYP4hegbikqzqbpHvalcI8&redir_esc=y#v=onepage&q=biology is a science%3F&f=false
417. Ruhf, R. J., Williams, C. T., Zelinsky, M., & Becho, L. W. (2022). Barriers to collecting student participation and completion data for a national STEM education grant program in the United States: a multiple case study. *International Journal of STEM Education*, *9*(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00348-w
418. Rumbidzai Muzira, D., & Maupa Bondai, B. (2020). Perception of Educators towards the Adoption of Education 5.0: A Case of a State University in Zimbabwe. *EAST AFRICAN JOURNAL OF EDUCATION AND SOCIAL SCIENCES*, *1*(2), 43–53. https://doi.org/10.46606/eajess2020v01i02.0020
419. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach: A Modern Approach. In *Pearson* (Vol. 3, p. 1151). Pearson. https://thuvienso.hoasen.edu.vn/handle/123456789/8967
420. Safadel, P., Hwang, S. N., & Perrin, J. M. (2023). User Acceptance of a Virtual Librarian Chatbot: an Implementation Method Using IBM Watson Natural Language Processing in Virtual Immersive Environment. *TechTrends*, *67*(6), 891–902. https://doi.org/10.1007/s11528-023-00881-7
421. Safarov, F., Kutlimuratov, A., Abdusalomov, A. B., Nasimov, R., & Cho, Y. I. (2023). Deep Learning Recommendations of E-Education Based on Clustering and Sequence. *Electronics (Switzerland)*, *12*(4), 809. https://doi.org/10.3390/electronics12040809

BUPT

422. Sahu, P. (2020). Closure of Universities Due to Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Impact on Education and Mental Health of Students and Academic Staff. *Cureus*, *12*(4). https://doi.org/10.7759/cureus.7541
423. Salami, M., Makela, C., deMiranda, M. (2017). Assessing changes in teachers' attitudes towards interdisciplinary STEM teaching. International Journal of Technology and Design Education, 27, 63–88.
424. Salehjee, S., & Watts, M. (2024). A pedagogy for success: two stories from STEM. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, *14*(1), 116–128. https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2251188
425. Salha, S., Tlili, A., Shehata, B., Zhang, X., Endris, A., Arar, K., Mishra, S., & Jemni, M. (2024). How to Maintain Education During Wars? An Integrative Approach to Ensure the Right to Education. *Open Praxis*, *16*(2), 160–179. https://doi.org/10.55982/OPENPRAXIS.16.2.668
426. Sälzer, C., & Roczen, N. (2018). Assessing global competence in PISA 2018: Challenges and approaches to capturing a complex construct. *International Journal of Development Education and Global Learning*, *10*(1). https://doi.org/10.18546/ijdegl.10.1.02
427. Sanders, M. (2012). Integrative STEM education as "best practice". In H. Middleton (Ed.), Explorations of best practice in technology, design & engineering education (Vol. 2, pp. 103–117). Gold Coast: Australia. Griffith Institute for Educational Research.
428. Santos, R., Anderson, D., & Milner-Bolotin, M. (2023). Research trends in international science, technology, engineering, and mathematics education conference series: An analysis of a decade of proceedings. *Frontiers in Education*, *7*. https://doi.org/10.3389/FEDUC.2022.1099658
429. Santoveña-Casal, S., & López, S. R. (2023). Mapping of digital pedagogies in higher education. *Education and Information Technologies*. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11888-1
430. Sarfraz, M., Ivascu, L., Belu, R., & Artene, A. (2021). Accentuating the interconnection between business sustainability and organizational performance in the context of the circular economy: The moderating role of organizational competitiveness. *Business Strategy and the Environment*, *30*(4), 2108–2118. https://doi.org/10.1002/bse.2735
431. Savon, I., Ukraintsev, V., & Kanaki, V. (2020). Technological audit in the system of tools for assessing the innovative potential of technology transfer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *709*(4). https://doi.org/10.1088/1757-899X/709/4/044060
432. Sayres, L., & Hughes, B. L. (2020). Contemporary Understanding of Ebola and Zika Virus in Pregnancy. In *Clinics in Perinatology* (Vol. 47, Issue 4, pp. 835–846). https://doi.org/10.1016/j.clp.2020.08.005
433. Scheerder, A., van Deursen, A., & van Dijk, J. (2017). Determinants of Internet skills, uses and outcomes. A systematic review of the second- and third-level digital divide. In *Telematics and Informatics* (Vol. 34, Issue 8, pp. 1607–1624). https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.07.007
434. Scheerens, J. (2015). School Effectiveness Research. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition* (pp. 80–85). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.92080-4
435. Science Teachers' Association. Disponibila la: http://nstacommunities.org/blog/2018/10/04/connecting-businesses-andstem-students/.

BUPT

436. Seitz, D. K. (2023). Playing with Star Trek in the critical geography classroom: STEM education and otherwise possibilities. *Journal of Geography in Higher Education*, *47*(5), 825–838. https://doi.org/10.1080/03098265.2021.1978063
437. Sevnarayan, K., & Potter, M.-A. (2024). Generative Artificial Intelligence in distance education: Transformations, challenges, and impact on academic integrity and student voice. *Journal of Applied Learning & Teaching*, *7*(1), 104–114. https://doi.org/10.37074/jalt.2024.7.1.41
438. Shadiev, R., Wang, X., Chen, X., Gayevskaya, E., & Borisov, N. (2024). Research on the impact of the learning activity supported by 360-degree video and translation technologies on cross-cultural knowledge and attitudes development. *Education and Information Technologies*, *29*(7), 7759–7791. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12143-3
439. Shah, R., Paulson, J., & Couch, D. (2020). The Rise of Resilience in Education in Emergencies. *Journal of Intervention and Statebuilding*, *14*(3), 303–326. https://doi.org/10.1080/17502977.2019.1694390
440. Shahat, M. A., Al-Balushi, S. M., Abdullah, S., & Al-Amri, M. (2024). Global perspectives and methodological innovations in STEM education: a systematic mapping analysis of engineering design-based teacher training. In *Arab Gulf Journal of Scientific Research*. https://doi.org/10.1108/AGJSR-07-2023-0304
441. Shalatska, H. M. (2018). THE EFFICIENCY OF MOOCS IMPLEMENTATION IN TEACHING ENGLISH FOR PROFESSIONAL PURPOSES. *Information Technologies and Learning Tools*, *66*(4), 186. https://doi.org/10.33407/itlt.v66i4.2106
442. Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, *27*(3), 379–423. https://doi.org/10.1002/J.1538-7305.1948.TB01338.X
443. Shapiro, D. (2018). Connecting businesses and STEM students. National
444. Sharkawy, A.-N. (2021). Human-Robot Interaction: Applications. *IRJET*. https://www.academia.edu/96652320/Collaborative_Robots_and_Human_Robot_Interaction_A_Review_on_Two_Revolutions_of_Industry_4_0
445. Sidekerskienė, T., & Damaševičius, R. (2023). Out-of-the-Box Learning: Digital Escape Rooms as a Metaphor for Breaking Down Barriers in STEM Education. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(9), 7393. https://doi.org/10.3390/su15097393
446. Simonis, D. (1938). Inventors and inventions. In *Nature* (Vol. 142, Issue 3603, pp. 909–910). https://doi.org/10.1038/142909d0
447. Sinclair, M. F., Christenson, S. L., Lehr, C. A., & Anderson, A. R. (2003). Facilitating Student Engagement: Lessons Learned from Check & Connect Longitudinal Studies. *The California School Psychologist*, *8*(1), 29–41. https://doi.org/10.1007/bf03340894
448. Sjøberg, S., & Jenkins, E. (2022). PISA: a political project and a research agenda. In *Studies in Science Education* (Vol. 58, Issue 1, pp. 1–14). Routledge. https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1824473
449. Skovsgaard, J. (2018). The Future of Education and Skills: Education 2030. *OECD Education Working Papers*, 1–23. https://www.academia.edu/37499325/The_Future_of_Education_and_Skills_Education_2030_the_future_we_want
450. Sleap, S. (2018). The Cessnock Academy of STEM Excellence. Disponibila la: https://chslccase.org/.
451. Sofradžija, H., Alibegović, A., Bakić, S., & Arifhodžić, M. (2021). The Process of Technicizing the World, Technoculture and Technology as a Medium. *Lecture*

BUPT

Notes in Networks and Systems, *233*, 1158–1165. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75275-0_128
452. Soh, J., Copeland, M., Puca, A., & Harris, M. (2020). Microsoft Azure and Cloud Computing. In *Microsoft Azure* (pp. 3–20). Apress, Berkeley, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5958-0_1
453. Solem, M. (2023). Geography Achievement and Future Geographers. *Professional Geographer*, *75*(2), 207–219. https://doi.org/10.1080/00330124.2022.2081227
454. Spyropoulou, N., & Kameas, A. (2024). Augmenting the Impact of STEAM Education by Developing a Competence Framework for STEAM Educators for Effective Teaching and Learning. *Education Sciences*, *14*(1), 25. https://doi.org/10.3390/educsci14010025
455. Stamenković, M., Anić, I., Petrović, M., & Bojković, N. (2016). An ELECTRE approach for evaluating secondary education profiles: evidence from PISA survey in Serbia. *Annals of Operations Research*, *245*(1–2), 337–358. https://doi.org/10.1007/s10479-015-1823-7
456. STEF, D., TEBAN, L., MIREA, N. (2022). THE FUTURE OF JOBS AND LIFELONG LEARNING IMPLEMENTATION. *Acta Technica Napocensis*, *64*(I), 207–210. https://atna-mam.utcluj.ro/index.php/Acta/article/view/1971
457. STEM Education Coalition, (2014). Statement of core policy principles. Disponibila la: http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2014/04/Note-STEM-Education-Coalition-CorePrinciples-2014-Final.pdf.
458. STEM Leadership Alliance. (2024a). *Creating a culture of transdisciplinary | SLA*. Https://Www.Stemleadershipalliance.Org/. https://www.stemleadershipalliance.org/creating-a-culture-of-transdisciplinary
459. STEM Leadership Alliance. (2024b). *Exploring Careerrs in STEM | SLA*. Https://Www.Stemleadershipalliance.Org/. https://www.stemleadershipalliance.org/exploring-careerrs-in-stem
460. STEM Leadership Alliance. (2024c). *Future of digital learning | SLA*. Https://Www.Stemleadershipalliance.Org/. https://www.stemleadershipalliance.org/future-of-digital-learning
461. STEM Leadership Alliance. (2024d). *Inspiring STEM learning around the globe | SLA*. Https://Www.Stemleadershipalliance.Org/. https://www.stemleadershipalliance.org/inspiring-stem-learning-around-the-globe
462. STEM Leadership Alliance. (2024e). *INTEGRATED STEM CONNECTS | SLA*. Https://Www.Stemleadershipalliance.Org/. https://www.stemleadershipalliance.org/integrated-stem-connects
463. STEM Science, Technology, Engineering, Mathematics - Main. Disponibil la: https://stem.ccny.cuny.edu/
464. Stoian, C. E., Fărcașiu, M. A., Dragomir, G. M., & Gherheș, V. (2022). Transition from Online to Face-to-Face Education after COVID-19: The Benefits of Online Education from Students' Perspective. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(19), 12812. https://doi.org/10.3390/su141912812
465. Strawn, G. (2023). Masterminds of Computer Design: Charles Babbage and Ada Lovelace. *IT Professional*, *25*(4), 7–10. https://doi.org/10.1109/MITP.2023.3297386

BUPT

466. Strickland, E. (2019). IBM Watson, heal thyself: How IBM overpromised and underdelivered on AI health care. *IEEE Spectrum*, *56*(4), 24–31. https://doi.org/10.1109/MSPEC.2019.8678513
467. Su, Q., & Guo, S. (2023). STEM-based principles and strategies to cultivate students' social and emotional learning. *STEM Education Review*, *1*. https://doi.org/10.54844/STEMER.2023.0374
468. Suhonen, R., Rajala, A., Cantell, H., & Kallioniemi, A. (2023). From training workers to educating global citizens: how teachers view their opportunities of addressing controversial global issues in vocational education. *Journal of Vocational Education and Training*. https://doi.org/10.1080/13636820.2023.2266727
469. Sultanova, G., Shilibekova, A., Rakhymbayeva, Z., Rakhimbekova, A., & Shora, N. (2024). Exploring the influence of non-cognitive skills on academic achievement in STEM education: the case of Kazakhstan. *Frontiers in Education*, *9*. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1339625
470. Sun, Y., & Liu, L. (2023). Structural equation modeling of university students' academic resilience academic well-being, personality and educational attainment in online classes with Tencent Meeting application in China: investigating the role of student engagement. *BMC Psychology*, *11*(1), 1–18. https://doi.org/10.1186/s40359-023-01366-1
471. Șuteu, L.-D., Cristea, R.-M., & Ciascai, L. (2024). *Developments in STEM education: STEAM, STREAM and Inquiry-Based Learning*. Cluj University Press. http://www.editura.ubbcluj.ro/bd/ebooks/pdf/4181.pdf
472. Takeuchi, T. (2010). War and diplomacy in the Japanese Empire. *War and Diplomacy in the Japanese Empire*, 1–505. https://doi.org/10.4324/9780203844090/WAR-DIPLOMACY-JAPANESE-EMPIRE-TATSUJI-TAKEUCHI
473. Task Force, S. T. E. M. (2014). Innovat: a blueprint for science, technology, engineering and mathematics in California public education. Dublin, CA: Californians Dedicated to Education Foundation Disponibila la: http://www.cde.ca.gov/pd/ca/sc/documents/innovate.pdf.
474. Tatnall, A., & Fluck, A. (2022). Twenty-five years of the Education and the Information Technologies journal: Past and future. *Education and Information Technologies*, *27*(2), 1359–1378. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10917-9
475. Tavares, M. C., Azevedo, G., Marques, R. P., & Bastos, M. A. (2023). Challenges of education in the accounting profession in the Era 5.0: A systematic review. In *Cogent Business and Management* (Vol. 10, Issue 2). Cogent. https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2220198
476. Techakosit, S., Nilsook, P. (2018). The development of STEM literacy using the learning process of scientific imagineering through AR. International Journal of Emerging Technologies in Learning, 13(1), 230–238.
477. Teig, N., Scherer, R., & Olsen, R. V. (2022). A systematic review of studies investigating science teaching and learning: over two decades of TIMSS and PISA. *International Journal of Science Education*, *44*(12), 2035–2058. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2109075
478. Teräs, M., Suoranta, J., Teräs, H., & Curcher, M. (2020). Post-Covid-19 Education and Education Technology 'Solutionism': a Seller's Market. *Postdigital Science and Education*, *2*(3), 863–878. https://doi.org/10.1007/s42438-020-00164-x

BUPT

479. Thakkar, J. J. (2021). *Multi-Criteria Decision Making*. *336*. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4745-8
480. The World Bank. (2022). *Population, total - Middle East & North Africa | Data*. World Bank Group. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=ZQ&view=map
481. Timms, M., Moyle, K., Weldon, P. Mitchell, P. (2018). Challenges in STEM learning in Australian schools. Policy insights 7. Victoria: Australian Council for Educational Research. Disponibila la: https://research.acer.edu.au/policyinsights/7/.
482. Top, N., Sahin, A. (2015). Make it happen: a study of a novel teaching style, STEM students on the stage (SOS), for increasing students' STEM knowledge and interest. In A. Sahin (Ed.), A practice-based model of STEM teaching (pp. 43–62). Rotterdam: Sense.
483. Triplett, W. J. (2023). Artificial Intelligence in STEM Education. *Cybersecurity and Innovative Technology Journal*, *1*(1), 23–29. https://doi.org/10.53889/citj.v1i1.296
484. Tsutsunashvili, A., Aránega, A. Y., & Urueña, R. C. (2024). Challenged global economics amid conflict in warring countries. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, *3*(3), 100068. https://doi.org/10.1016/J.STAE.2023.100068
485. Tytler, R. (2020a). *STEM Education for the Twenty-First Century* (pp. 21–43). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2_3
486. Tytler, R. (2020b). *STEM Education for the Twenty-First Century* (pp. 21–43). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2_3
487. U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Annual Reports Program. The structure of education in the United States. Disponibilă la: https://nces.ed.gov/programs/digest/d11/figures/fig_01.asp
488. UNESCO. (2022). *The turning point: Why we must transform education now | UNESCO*. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO. https://www.unesco.org/en/articles/turning-point-why-we-must-transform-education-now
489. United Nations. (2018). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. In *A New Era in Global Health*. https://doi.org/10.1891/9780826190123.ap02
490. United Nations. (2023). Department of Economic and Social Affairs Sustainable Development Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development Preamble Follow-Up. In *United Nations General Assembly*. https://sdgs.un.org/2030agenda
491. Urhahne, D., & Wijnia, L. (2023). Theories of Motivation in Education: an Integrative Framework. *Educational Psychology Review*, *35*(2). https://doi.org/10.1007/S10648-023-09767-9
492. Valtonen, T., López-Pernas, S., Saqr, M., Vartiainen, H., Sointu, E. T., & Tedre, M. (2022). The nature and building blocks of educational technology research. *Computers in Human Behavior*, *128*, 107123. https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107123
493. Vannuccini, S., & Prytkova, E. (2023). Artificial Intelligence's new clothes? A system technology perspective. *Journal of Information Technology*. https://doi.org/10.1177/02683962231197824
494. Vartiainen, H., & Tedre, M. (2023). Using artificial intelligence in craft education: crafting with text-to-image generative models. *Digital Creativity*, *34*(1), 1–21. https://doi.org/10.1080/14626268.2023.2174557

BUPT

495. Vasquez, J. (2014). STEM: beyond the acronym. Educational Leadership, (Dec-Jan 2014), 10-16.
496. Vasquez, J., Sneider, C., Comer, M. (2013). STEM lesson essentials, grades 3–8: integrating science, technology, engineering and mathematics. New York: Heinemann.
497. *Virtual EDU*. (n.d.). Retrieved April 27, 2024, from https://www.virtual-edu.eu/
498. Waldrop, M. M. (2015). Why we are teaching science wrong, and how to make it right. In *Nature* (Vol. 523, Issue 7560, pp. 272–274). Nature Publishing Group. https://doi.org/10.1038/523272a
499. Waly, M. (2017). *Learning Microsoft Azure Storage*. Google Books. https://books.google.ro/books?hl=en&lr=&id=xEbkEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=microsoft+azure+ai+platform&ots=mfTRdLBEUw&sig=hziBKQbmRJtRR4uaW1VWs5fbsfM&redir_esc=y#v=onepage&q=microsoft azure ai platform&f=false
500. Waterman, R. H., Peters, T. J., & Phillips, J. R. (1980). Structure is not organization. *Business Horizons*, *23*(3), 14–26. https://doi.org/10.1016/0007-6813(80)90027-0
501. Weihrich, H. (1982). The TOWS matrix-A tool for situational analysis. *Long Range Planning*, *15*(2), 54–66. https://doi.org/10.1016/0024-6301(82)90120-0
502. Weistroffer, H. R., & Li, Y. (2016). Multiple criteria decision analysis software. *International Series in Operations Research and Management Science*, *233*, 1301–1341. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_29
503. Wells, R. (2024). *70% Of Employers Say Creative Thinking Is Most In-Demand Skill In 2024*. Forbes. https://www.forbes.com/sites/rachelwells/2024/01/28/70-of-employers-say-creative-thinking-is-most-in-demand-skill-in-2024/?sh=42b2a183391d
504. Wilson, D. B., & Borgmann, A. (1986). Technology and the Character of Contemporary Life: A Philosophical Inquiry. *Technology and Culture*, *27*(4), 907. https://doi.org/10.2307/3105376
505. World Economic Forum. (2023a). *M A Y 2 0 2 3/the-future-of-jobs-report-2023*. www.weforum.org
506. World Economic Forum. (2023b). *World Economic Forum Global Gender Gap Index*. https://www.weforum.org/search/?query=smart+city
507. Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, *9*(2), 90–95. https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90
508. Xu, W., & Ouyang, F. (2022a). The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 9, Issue 1, p. 59). https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5
509. Xu, W., & Ouyang, F. (2022b). A systematic review of AI role in the educational system based on a proposed conceptual framework. *Education and Information Technologies*, *27*(3), 4195–4223. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10774-y
510. Xu, X., Zhi, Y., & Chen, M. (2023). Reflection on the program requirements of doctoral students majoring in science, engineering, agriculture, and medicine in China. *STEM Education Review*, *1*, 2023. https://doi.org/10.54844/STEMER.2023.0400

BUPT

511. Xuejiao, B. (2024). The Role and Challenges of Artificial Intelligence in Information Technology Education. *Pacific International Journal*, *7 (1)*(1), 86–90. https://doi.org/10.55014/pij.v7i1.524
512. Yang, K.-H., & Lee, M.-H. (2021). Trends in the Development of Artificial Intelligence-based Digital Agricultural Technology. *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, *16*(6), 1315–1322. http://injotel.org/index.php/12/article/view/197/227
513. Yannier, N., Hudson, S. E., & Koedinger, K. R. (2020). Active Learning is About More Than Hands-On: A Mixed-Reality AI System to Support STEM Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *30*(1), 74–96. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00194-3
514. Yap, M. K. K. (2023). A digital module-based experiential learning in protein biochemistry during the COVID-19 pandemic paradigm. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *51*(1), 77–80. https://doi.org/10.1002/BMB.21680
515. Ye, F., Sun, J., Wang, Y., Nedjah, N., & Bu, W. (2023). A novel method for the performance evaluation of institutionalized collaborative innovation using an improved G1-CRITIC comprehensive evaluation model. *Journal of Innovation and Knowledge*, *8*(1), 100289. https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100289
516. Young, G. W., O'Dwyer, N. C., & Smolic, A. (2023, April 19). A Case Study on Student Experiences of Social VR in a Remote STEM Classroom. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. https://doi.org/10.1145/3544549.3573852
517. YU, H., & Guo, Y. (2023). Implementation strategies of STEM education in cultivating graduate students' learning ability in Chinese higher education. *STEM Education Review*, *1*, 2023. https://doi.org/10.54844/STEMER.2023.0411
518. Yu, H., Wang, J., Hou, J., Yu, B., & Pan, Y. (2023). The effect of economic growth pressure on green technology innovation: Do environmental regulation, government support, and financial development matter? *Journal of Environmental Management*, *330*, 117172. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117172
519. Yu, S., Abbas, J., Draghici, A., Negulescu, O. H., & Ain, N. U. (2022). Social Media Application as a New Paradigm for Business Communication: The Role of COVID-19 Knowledge, Social Distancing, and Preventive Attitudes. *Frontiers in Psychology*, *13*. https://doi.org/10.3389/FPSYG.2022.903082
520. Zador, A., Escola, S., Richards, B., Ölveczky, B., Bengio, Y., Boahen, K., Botvinick, M., Chklovskii, D., Churchland, A., Clopath, C., DiCarlo, J., Ganguli, S., Hawkins, J., Körding, K., Koulakov, A., LeCun, Y., Lillicrap, T., Marblestone, A., Olshausen, B., … Tsao, D. (2023). Catalyzing next-generation Artificial Intelligence through NeuroAI. *Nature Communications*, *14*(1), 1–7. https://doi.org/10.1038/s41467-023-37180-x
521. Zahlan, A., Ranjan, R. P., & Hayes, D. (2023). Artificial intelligence innovation in healthcare: Literature review, exploratory analysis, and future research. *Technology in Society*, *74*, 102321. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102321
522. Zakowska, I., & Godycki-Cwirko, M. (2020). Data envelopment analysis applications in primary health care: a systematic review. *Family Practice*, *37*(2), 147–153. https://doi.org/10.1093/fampra/cmz057

BUPT

523. Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? In *International Journal of Educational Technology in Higher Education* (Vol. 16, Issue 1). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0
524. Zeeshan, K., Hämäläinen, T., & Neittaanmäki, P. (2022). Internet of Things for Sustainable Smart Education: An Overview. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(7). https://doi.org/10.3390/su14074293
525. Zeidler, D. L. (2016) STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. Cultural Studies of Science Education, 11(1):11–26.
526. Zhan, Z., Shen, W., Xu, Z., & You, G. (2022). A bibliometric analysis of the global landscape on STEM education (2004-2021): towards global distribution, subject integration, and research trends Bibliometric analysis 171. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, *16*(2), 171–203. https://doi.org/10.1108/APJIE-08-2022-0090
527. Zheng, J. qi, Cheung, K. cheung, & Sit, P. seong. (2024). Insights from Two Decades of PISA-related Studies in the New Century: A Systematic Review. *Scandinavian Journal of Educational Research*, *68*(3), 371–388. https://doi.org/10.1080/00313831.2022.2148273
528. Zhong, B., Liu, X., Zhan, Z., Ke, Q., & Wang, F. (2022). What should a Chinese top-level design in STEM Education look like? In *Humanities and Social Sciences Communications* (Vol. 9, Issue 1, pp. 1–8). Palgrave. https://doi.org/10.1057/s41599-022-01279-1
529. Zhou, Y., Draghici, A., Abbas, J., Mubeen, R., Boatca, M. E., & Salam, M. A. (2022). Social Media Efficacy in Crisis Management: Effectiveness of Non-pharmaceutical Interventions to Manage COVID-19 Challenges. *Frontiers in Psychiatry*, *12*, 626134. https://doi.org/10.3389/FPSYT.2021.626134/BIBTEX
530. Zhumabay, N., Yelemessova, Z., Balta, N., Abylkassymova, A., Bakytkazy, T., & Marynowski, R. (2024). Designing effective STEM courses: a mixed-methods study of the impact of a STEM education course on teachers' self-efficacy and course experiences. *Frontiers in Education*, *9*, 1276828. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1276828
531. Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. School Science and Mathematics, 112(1), 12–19
532. Zucker, T., Mesa, M. P., DeMaster, D., Oh, Y., Assel, M., McCallum, C., & Bambha, V. P. (2024). Evaluation of a community-based, hybrid STEM family engagement program at pre-kindergarten entry. *Frontiers in Education*, *9*. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1281161

BUPT

8. ANEXE

8.1. Anexa 1 - Contextul personal și evoluția intereselor academice

Alegerea temei de cercetare privind inovarea și transferul tehnologic în educația STEM este rezultatul unei explorări profunde a intereselor și experiențelor acumulate de-a lungul parcursului meu academic și profesional. Începând din 1999, am navigat un traseu educațional și profesional care a îmbinat ingineria economică și managementul afacerilor, oferindu-mi o perspectivă interesantă asupra modului în care principiile tehnice pot fi integrate în procesele economice și manageriale pentru a maximiza eficiența și performanța.

Studiile în inginerie economică mi-au oferit fundamentul tehnic necesar pentru a înțelege complexitatea tehnologiilor emergente, în timp ce formarea în managementul afacerilor a consolidat abilitatea de a vedea imaginea de ansamblu și de a integra diverse perspective pentru soluționarea problemelor complexe. Aceste etape m-au convins de importanța unei abordări multidisciplinare în educație și au fost esențiale în dezvoltarea interesului meu pentru educația STEM.

Motivația pentru cercetarea mea provine din dorința de a contribui la dezvoltarea unor soluții inovatoare care să îmbunătățească procesele de învățare și predare în domeniile STEM, integrând aspectele tehnice, economice și manageriale. În era digitală, marcată de schimbări rapide și provocări complexe, studiile multidisciplinare devin esențiale pentru a dezvolta competențe și soluții sustenabile. Abordarea interdisciplinară permite elevilor și studenților să înțeleagă interconexiunile complexe dintre tehnologie, economie, mediu și societate, pregătindu-i pentru o lume în continuă schimbare (Goren & Yemini, 2017; Parti & Szigeti, 2021).

În plus, profesorii și formatorii pregătiți într-o manieră multidisciplinară pot oferi o perspectivă mai amplă și mai cuprinzătoare asupra subiectelor, inspirând și motivând elevii și studenții să exploreze și să se angajeze în învățare pe tot parcursul vieții (Aceto ș.a., 2010; Mhlanga, 2023; Mihail, 2023; Mirea ș.a., 2023; Mouta ș.a., 2023). Astfel, aceștia devin exemple de excelență academică și de adaptabilitate în fața schimbărilor (Stef & Mirea, 2021), contribuind la formarea unei forțe de muncă pregătite să facă față cerințelor și oportunităților complexe ale societății contemporane (Almufarreh & Arshad, 2023).

Implicarea profesorilor și formatorilor în promovarea abordărilor multidisciplinare în educație este esențială pentru creșterea calității și relevanței procesului educațional în era digitală (Draghici ș.a., 2021). Prin colaborare și angajament, aceștia pot contribui la formarea unei generații de profesioniști și lideri pregătiți să abordeze provocările și să valorifice oportunitățile oferite de lumea contemporană.

Într-o lume care se schimbă rapid, odată cu progresele tehnologice și integrarea tot mai profundă a inteligenței artificiale în viețile noastre, rolurile profesorilor devin și mai esențiale (OECD Publishing, 2018). Ei nu doar transmit cunoștințe, ci îi inspiră pe elevi să gândească critic, să rezolve probleme și să își dezvolte dorința pentru învățare continuă. În contextul AI și al complexității erei digitale, educatorii au un rol important în pregătirea elevilor pentru piețele muncii viitoare. Nu se are în vedere doar predarea anumitor materii, ci cultivarea adaptabilității, creativității și a unei viziuni pentru inovație și cooperare.

BUPT

În acest cadru, educația STEM devine un fundament esențial în formarea elevilor pentru lumea modernă. Prin integrarea studiilor multidisciplinare și interdisciplinare, această abordare educațională oferă o bază solidă și amplă pentru dezvoltarea gândirii critice și a abilităților de rezolvare a problemelor (Hsu ș.a., 2023a).

Studiile multidisciplinare aduc împreună perspective diferite și discipline distincte, cum ar fi biologia, chimia, matematica și istoria, pentru a oferi o înțelegere mai amplă a lumii înconjurătoare. Acestea pregătesc elevii să abordeze provocările complexe cu o perspectivă comprehensivă (Dikilitaş, 2015; KAVAK, 2023).

Pe de altă parte, abordarea interdisciplinară integrează cunoștințe și metode din diverse domenii STEM și chiar din domenii conexe, precum științele sociale și artele. Acest tip de abordare permite elevilor să exploreze interconexiunile și să înțeleagă implicațiile profunde ale fenomenelor și problemelor din lumea reală. Prin colaborare și sinteză, abordarea interdisciplinară îi pregătește pe elevi să devină gânditori critici și inovatori, capabili să abordeze provocări complexe (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021).

Într-un mediu educațional care încurajează atât studiile multidisciplinare, cât și cele interdisciplinare, elevii își pot dezvolta abilitățile de gândire critică, creativitatea și adaptabilitatea, pregătindu-se pentru a deveni lideri și inovatori într-o lume în continuă schimbare. Prin îmbrățișarea diversității disciplinare și a colaborării între domenii, educația STEM devine o platformă dinamică pentru explorarea și înțelegerea lumii din jurul nostru și pentru pregătirea viitorului (Dare ș.a., 2021; Hsu ș.a., 2023b; Y. Li, Wang, Xiao, Froyd, ș.a., 2020; Y. Li ș.a., 2019; Y. Li, Wang, Xiao, & Froyd, 2020; Marginson ș.a., 2013; Ng, 2019; Shahat ș.a., 2024; Su & Guo, 2023; X. Xu ș.a., 2023; Zhong ș.a., 2022).

8.2. Anexa 2 - Eficiența, eficacitatea și efectivitatea în contextul eficientizării

Eficientizarea în educația STEM reprezintă optimizarea proceselor și a atingerii obiectivelor educaționale prin intermediul a trei concepte cheie: eficiență, eficacitate și efectivitate.

1. Efectivitate:

Efectivitatea se referă la capacitatea de a realiza un anumit obiectiv. Este primul pas în asigurarea unui rezultat concret. În educația STEM, efectivitatea ar putea însemna implementarea cu succes a unui program STEM.

2. Eficiență:

Eficiența se referă la realizarea obiectivului cu un consum minim de resurse (timp, bani, energie). În acest context, o școală eficientă ar implementa programul STEM utilizând resursele într-un mod optim, fără risipă.

3. Eficacitate:

Eficacitatea se concentrează pe măsura în care obiectivele educaționale stabilite sunt atinse. Pentru o școală, aceasta ar însemna că programul STEM nu doar că este implementat (efectiv), dar și că își atinge scopurile educaționale, pregătind elevii pentru viitor.

Efectivitatea este inclusă în formulă prin intermediul performanței P_i, care reflectă realizarea obiectivelor propuse. Conceptul de eficientizare este obținut prin

BUPT

maximizarea potențialului, prin optimizarea coeficienților de impact, performanța (efectivitatea) și utilizarea resurselor.

Conceptele integrate în formula pentru calculul potențialului sunt:

$$\text{Potențial} = \frac{(\sum_{i=1}^{n} C_i \cdot P_i)}{R}$$

- C_i reprezintă gradul de coerență între disciplina $STEM_i$ și curriculumul existent;

- P_i reprezintă nivelul de implicare al profesorilor și elevilor în legătură cu disciplina $STEM_i$;

- n este numărul total de discipline STEM care ar putea fi integrate,

- R reprezintă resursele totale disponibile pentru integrare (cum ar fi timpul, fondurile, suportul administrativ etc.).

Pentru a încadra conceptul de efectivitate în formulă, să analizăm ce reprezintă fiecare componentă:

- C_i ar putea reprezenta un coeficient de impact al unei componente *i* (de exemplu, resursele sau activitățile);

$-P_i$ ar putea reprezenta performanța componentei *i* (de exemplu, rezultatele obținute de la o anumită activitate sau resursă);

$-R$ reprezintă resursele totale utiliza.

Formula măsoară potențialul ca o funcție a impactului combinat și a performanței divizate la resursele totale utilizate.

În contextul formulei ***efectivitatea*** este conceptul care măsoară capacitatea de a realiza un anumit obiectiv. Într-un anumit sens, efectivitatea poate fi considerată în termeni de performanță a componentelor P_i, deoarece reflectă dacă obiectivele individuale sunt atinse.

Efectivitatea poate fi astfel integrată în formulă prin interpretarea lui P_i drept o măsură de efectivitate. În acest fel:

- P_i poate fi evaluat în funcție de cât de bine atinge componenta *i* obiectivele propuse, adică efectivitatea acelei componente.

- C_i ar putea rămâne un coeficient de impact, indicând importanța fiecărei componente *i* în contextul general.

Deci, formula ar putea fi:

$$\text{Potențial} = \frac{(\sum_{i=1}^{n} C_i \cdot E_i)}{R}$$

unde E_i este efectivitatea componentei *i*.

În concluzie, efectivitatea este deja inclusă în formulă prin intermediul performanței P_i sau al rezultatelor, dacă acestea sunt definite ca măsuri ale realizării obiectivelor (adică efectivitatea). Conceptul de eficientizare în contextul acestei formule ar implica maximizarea potențialului prin optimizarea coeficienților de impact, performanței (efectivității) și utilizării resurselor.

Prin urmare, formula nu se schimbă fundamental, dar interpretarea componentelor sale poate fi ajustată pentru a reflecta mai clar conceptul de efectivitate. Potențialul măsurat de formulă poate fi văzut ca o funcție a eficienței și efectivității, toate influențate de utilizarea resurselor.

BUPT

8.3. Anexa 3 - Exemple de aplicare a formulelor privind eficientizarea

Aplicabilitate practică a formulei generale pentru eficientizarea educației STEM

Eficientizarea educației STEM este o abordare bazată pe eficiență, eficacitate și efectivitate.

I. Contextul general:

Să presupunem că dorim să evaluăm eficientizarea unui program STEM implementat într-o școală primară din România, unde există disciplina „Matematică și Științele naturii". Programul are ca obiective îmbunătățirea performanțelor elevilor la această disciplină, utilizând resurse educaționale specifice.

II. Definirea valorilor:

1. Rezultate educaționale obținute:

- Numărul de elevi care au promovat examenul final: 90 elevi
- Procentul mediu de promovare la examen: 85%

2. Resurse educaționale utilizate:

- Ore de predare: 500 ore
- Fonduri alocate: 50.000 lei
- Materiale didactice: 100 seturi

3. Rezultate educaționale dorite:

- Numărul de elevi care se așteaptă să promoveze examenul final: 100 elevi
- Procentul mediu dorit de promovare la examen: 90%

4. Obiective stabilite:

- Numărul de elevi înscriși în program: 120 elevi
- Procentul mediu țintit de promovare: 90%

Calcularea termenilor formulei:

Eficientă:

$$Eficienta = \frac{Rezultate\ educationale\ obtinute}{Resurse\ educationale\ utilizate}$$

Pentru a simplifica, convertim toate resursele utilizate într-o unitate comună, lei:

- Valoarea orelor de predare: 500 ore x 100 lei/oră = 50.000 lei.
- Valoarea materialelor didactice: 100 seturi x 50 lei/set = 5.000 lei.
- Total resurse utilizate: 50.000 lei + 50.000 lei + 5.000 lei = 105.000 lei.

Calculul eficienței:

$$Eficienta = \frac{90\ elevi}{105000\ lei} = \frac{90}{105000} \approx 0{,}000857\ elevi/lei$$

Efectivitate: $Efectivitate = \frac{90}{100} = 0{,}9 = 90\%$

Eficacitate: $Eficacitate = \frac{100}{120} = 0{,}833 = 83{,}3\%$

Formula finală pentru eficientizare, substituind valorile:

BUPT

$$Eficientizare = 0{,}000857 \times 0{,}9 \times 0{,}833 \approx 0{,}000643\ elevi/lei$$

Pentru a exprima rezultatele în procente și pentru o mai bună înțelegere:

Eficientizare = 0,0643% elevi/lei

III. Interpretarea rezultatelor:

1. Eficiență: Programul produce aproximativ 0,000857 elevi promovați per leu cheltuit.

2. Efectivitate: 90% din elevii care ar fi trebuit să promoveze examenul au făcut-o.

3. Eficacitate: 83,3% din elevii înscriși inițial în program au atins rezultatele dorite.

4. Eficientizare: Rezultatul final indică un nivel de eficientizare de aproximativ 0,0643% elevi/lei. Aceasta înseamnă că, ținând cont de eficiență, efectivitate și eficacitate, programul STEM obține, în medie, 0,0643% elevi promovați per leu cheltuit.

IV. Concluzie:

Formula dezvoltată și aplicată acestui exemplu arată cum pot fi cuantificate diferitele aspecte ale procesului educațional pentru a obține o măsură a eficientizării. Aceasta oferă o metodă sistematică de evaluare și identificare a punctelor tari și a zonelor care necesită îmbunătățiri în programele educaționale STEM. Astfel, demersul este relevant, original și aplicabil în cadrul tezei.

V. Analiza cantitativă și calitativă a rezultatelor

V.1. Analiza cantitativă:

1. Eficiență: Programul are o eficiență de aproximativ 0,000857 elevi promovați per leu cheltuit. Aceasta indică faptul că resursele utilizate (financiare, materiale și umane) au fost destul de ridicate comparativ cu numărul de elevi care au promovat.
2. Efectivitate: 90% din elevii care ar fi trebuit să promoveze examenul au făcut-o, ceea ce indică un grad bun de atingere a rezultatelor dorite.
3. Eficacitate: 83,3% din elevii înscriși inițial în program au atins rezultatele dorite, arătând că majoritatea obiectivelor stabilite inițial au fost realizate.
4. Eficientizare: Rezultatul final al eficientizării este de aproximativ 0,0643% elevi/lei. Acest rezultat sugerează că, deși programul este relativ eficient și efectiv, costul per elev promovat este destul de ridicat.

V.2. Analiza calitativă:

1. Utilizarea resurselor: Resursele utilizate au fost substanțiale, iar eficiența economică nu este foarte ridicată. Acest lucru sugerează că există posibilități de optimizare a costurilor și resurselor utilizate.
2. Atingerea obiectivelor: Gradul ridicat de efectivitate și eficacitate sugerează că programul este bine structurat și orientat către rezultate educaționale clare și măsurabile.

VI. Concluzia finală:

Rezultatele indică faptul că, deși programul STEM din exemplu atinge în mare parte obiectivele educaționale și este efectiv, costul per elev promovat este destul de ridicat. Există oportunități pentru optimizarea resurselor utilizate pentru a îmbunătăți eficiența economică a programului. Eficientizarea poate fi

BUPT

îmbunătățită prin reducerea costurilor sau prin creșterea numărului de elevi care beneficiază de program, fără a compromite calitatea educației oferite.

O modalitate mai complexă de a formula conceptul de eficientizare poate implica o abordare mai detaliată și mai granulară a factorilor care contribuie la eficientizare și ar putea utiliza tehnici matematice mai avansate pentru a cuantifica interacțiunile acestor factori. Această abordare mai complexă necesită o analiză multi-criterială, în care se iau în considerare mai multe variabile și obiective simultan. Poate implica ponderarea diferitelor componente ale eficientizării în funcție de importanța lor relativă și evaluarea lor într-un cadru multidimensional. De exemplu, utilizarea metodei de analiză a eficienței și a eficacității, cum ar fi analiza frontierelor de eficiență, metoda DEA (Data Envelopment Analysis), sau metode de evaluare a eficacității cum ar fi analiza regresiei sau modelele economice (Hamutoglu & Basarmak, 2020; Zakowska & Godycki-Cwirko, 2020). În plus, o abordare complexă poate implica și modele matematice din domeniul optimizării, care să identifice soluții optime pentru a maximiza eficientizarea într-un anumit context, luând în considerare constrângerile și interdependențele dintre diferitele variabile și obiective.

Un exemplu de modalitate simplificată poate fi următorul: Crearea unui program școlar care integrează disciplinele STEM într-un mod interdisciplinar, folosind proiecte și activități practice.

Pasul 1: Identificarea temelor și conceptelor comune din domeniile STEM care pot fi integrate. De exemplu, tema energiei poate fi explorată din perspectiva științei (fizică), tehnologiei (energii regenerabile), ingineriei (proiectarea și construcția de dispozitive de energie alternativă) și matematicii (calculul eficienței energetice).

Pasul 2: Proiectarea lecțiilor și activităților care să implice studenții în explorarea acestor teme din mai multe perspective STEM. De exemplu, elevii ar putea construi și testa modele de turbine eoliene (inginerie), măsura eficiența acestora folosind concepte matematice (matematică), înțelege principiile fizice ale conversiei energiei eoliene în electricitate (știință) și să investigheze tehnologiile actuale și impactul acestora asupra mediului (tehnologie).

Pasul 3: Evaluarea rezultatelor prin intermediul proiectelor și prezentărilor elevilor, în care aceștia demonstrează înțelegerea lor asupra conceptelor STEM integrate și capacitatea de a aplica cunoștințele într-un context real.

Un exemplu de modalitate complexă: Implementarea unei abordări STEM integrative folosind metode de analiză multidimensională și optimizare a curriculumului.

Pasul 1: Identificarea obiectivelor educaționale specifice pentru fiecare domeniu STEM și definirea unor criterii de evaluare a performanței în fiecare domeniu.

Pasul 2: Colectarea și analizarea datelor privind performanța elevilor în domeniile STEM, utilizând metode statistice și tehnici de analiză a datelor.

Pasul 3: Utilizarea modelelor de analiză a eficienței și eficacității educaționale (cum ar fi DEA) pentru a evalua performanța școlară și pentru a identifica punctele forte și punctele slabe ale curriculumului actual.

Pasul 4: Dezvoltarea unui curriculum integrat STEM bazat pe rezultatele analizei, care să optimizeze atât eficiența (utilizarea eficientă a resurselor) cât și eficacitatea (atingerea obiectivelor educaționale).

BUPT

Pasul 5: Implementarea curriculumului integrat STEM și monitorizarea continuă a performanței elevilor pentru a evalua impactul și pentru a face ajustări în funcție de feedback-ul primit.

Aceste exemple ilustrează cum o abordare simplificată și una complexă pot fi folosite pentru a implementa educația STEM integrată, fiecare abordare având avantaje și beneficii în funcție de nevoile și resursele disponibile într-o anumită comunitate sau instituție de învățământ. Dacă prima etapă, integrarea, nu a fost încă realizată și se dorește să se dezvolte o formulă care să ajute la evaluarea fezabilității sau a potențialului de integrare a educației STEM, putem lua în considerare câțiva factori-cheie care ar putea influența acest proces. Iată câteva abordări posibile:

Formulă simplificată: Fezabilitatea integrării educației STEM

$$Fezabilitate = \frac{Numărul\ de\ resurse\ disponibile}{Numărul\ de\ discipline\ STEM\ care\ pot\ fi\ integrate}$$

Această formulă simplificată evaluează raportul dintre resursele disponibile (cum ar fi timpul, profesorii, materialele didactice etc.) și numărul de discipline STEM care ar putea fi integrate în curriculum. Cu cât este mai mare acest raport, cu atât pare mai fezabilă integrarea educației STEM.

Formulă complexă (prezentată și în Anexa 1):

Potențialul de integrare a educației STEM

$$Potențial = \frac{(\sum_{i=1}^{n} C_i \cdot P_i)}{R}$$

Unde:

- C_i reprezintă gradul de coerență între disciplina $STEM_i$ și curriculumul existent;
- P_i reprezintă nivelul de interes și participare al profesorilor și elevilor în legătură cu disciplina $STEM_i$;
- n este numărul total de discipline STEM care ar putea fi integrate,
- R reprezintă resursele totale disponibile pentru integrare (cum ar fi timpul, fondurile, suportul administrativ etc.).

Această formulă ia în considerare atât aspectele legate de coerența și relevanța disciplinelor STEM cu curriculumul existent, cât și factorii umani, cum ar fi interesul și participarea profesorilor și elevilor. Evaluând acești factori și împărțind la resursele disponibile, formula ar putea oferi o măsură a potențialului de integrare a educației STEM într-o anumită instituție sau comunitate educațională.

Aplicabilitate practică a formulei specifice pentru eficientizarea educației STEM

Pentru a demonstra aplicabilitatea, se poate considera următorul exemplu:

Să presupunem că evaluăm eficientizarea unui program STEM într-o școală secundară din România. Programul are ca obiective îmbunătățirea performanțelor elevilor în aceste domenii, iar datele inițiale sunt următoarele:

1. Rezultatele educaționale obținute: scorurile medii la testele STEM: 85%; rata de absolvire a programului STEM: 90%

BUPT

2. Resursele educaționale utilizate: buget alocat programului: 200.000 lei; numărul de ore de predare: 1.000 ore; materiale didactice: 200 seturi

3. Dezvoltarea abilităților: procentul de elevi care au dobândit competențe avansate în STEM: 80%

4. Calitatea instruirii (a formării): evaluarea eficacității metodelor de predare (pe o scală de la 1 la 10): 8

5. Impactul pe termen lung: procentul de absolvenți care urmează o carieră în domenii STEM: 70%

6. Investiția inițială: fonduri și resurse inițiale alocate: 150.000 lei.

Calcularea termenilor formulei pentru factorii:

1. Eficiența educațională:

$$Eficienta = \frac{Scoruri\ medii\ la\ testele\ STEM \times Rata\ de\ absolvire}{Buget\ alocat + Valoarea\ orelor\ de\ predare + Valoarea\ materialelor\ didactice}$$

$$Eficienta = \frac{0{,}85\ \times 0{,}90}{200.000 + 100.000 + 10.000} = \frac{0{,}765}{310.000} \cong 0{,}00247$$

2. Efectivitatea dezvoltării abilităților:

$$Dezvoltarea\ abilităților = \frac{Procentul\ de\ elevi\ competenti}{Calitatea\ instruirii} = \frac{0{,}80}{8} = 0{,}10$$

3. Impactul pe termen lung:

$$Impact\ pe\ termen\ lung = \frac{Procentul\ de\ absolventi\ în\ cariere\ STEM}{Investitia\ initiala} = \frac{0{,}70}{150.000} \approx 0{,}00000467$$

Formula avansată pentru eficientizarea educației STEM integrate:

$$Eficientizarea\ STEM = \alpha\left(\frac{Rezultate\ educationale}{Resurse\ educationale}\right) + \beta\left(\frac{Dezvoltarea\ abilităților}{Calitatea\ instruirii}\right) + \gamma\left(\frac{Impact\ pe\ termen\ lung}{Investitia\ inițială}\right)$$

Să presupunem că valorile coeficienților sunt:

$$\alpha = 0{,}5$$
$$\beta = 0{,}3$$
$$\delta = 0{,}2$$

Calculul final este următorul:

$$Eficientizarea\ educatiei\ STEM\ integrate = 0{,}5 \times 0{,}00247 + 0{,}3 \times 0{,}10 + 0{,}2 \times 0{,}00000467$$
$$= 0{,}001235 + 0{,}03 + 0{,}000000934 \approx 0{,}031236$$

Interpretarea rezultatelor obținute este:

1. Eficiența educațională: Programul STEM are o eficiență de aproximativ 0,00247, ceea ce sugerează că utilizarea resurselor poate fi îmbunătățită.

2. Dezvoltarea abilităților: Proporția de 0,10 indică o bună dezvoltare a competențelor STEM în rândul elevilor, raportată la calitatea instruirii (formării).

3. Impactul pe termen lung: Este relativ mic, sugerând că doar o mică parte din investiția inițială se reflectă în carierele STEM ale absolvenților.

4. Eficientizarea educației STEM integrate: Valoarea finală de 0,031236 indică un nivel general de eficientizare a programului, combinând eficiența, efectivitatea și impactul pe termen lung.

Interpretarea rezultatelor obținute conduce la următoarea concluzie: Exemplul demonstrează cum poate fi aplicată formula avansată pentru a evalua eficientizarea unui program STEM. Prin ajustarea coeficienților și îmbunătățirea utilizării resurselor, școlile și educatorii pot lucra pentru a maximiza impactul educațional și a pregăti mai bine elevii pentru carierele viitoare în domenii STEM.

Acum, desigur, se poate pune întrebarea cum determinăm valoarea coeficienților α, β , γ. În contextul specific al programului educațional STEM, valorile acestor coeficienți pot fi ajustate printr-un proces de calibrare care implică

BUPT

analiza datelor și feedback-ul din partea părților interesate (stakeholders). Propunem câteva abordări pentru determinarea acestor coeficienți:

i) Consultarea experților în educație STEM, profesori, administratori școlari și alți specialiști pentru a obține opinii cu privire la importanța fiecărui factor. De exemplu: dacă experții consideră că rezultatele educaționale sunt cele mai critice, atunci α va primi o valoare mai mare; dacă dezvoltarea abilităților este percepută ca fiind esențială pentru succesul pe termen lung, β va fi mai mare; dacă impactul pe termen lung este cel esențial pentru justificarea investițiilor, γ va primi o pondere mai mare.

ii) Examinarea datelor anterioare pentru a vedea cum au influențat diferiți factori succesul programelor STEM: dacă datele arată că resursele sunt folosite eficient și rezultatele educaționale sunt bune, α poate fi ridicat; dacă dezvoltarea abilităților în rândul elevilor are un impact semnificativ asupra performanței, β ar trebui să fie crescut; dacă impactul pe termen lung (carieră și contribuție socială) este o prioritate majoră, γ va fi ajustat corespunzător.

iii) Implementarea unui proces iterativ de calibrare, unde coeficienții sunt ajustați și formula este testată pe diferite seturi de date pentru a vedea care combinație produce cele mai relevante și utile rezultate. Se poate începe cu valori egale (de exemplu, pentru cei trei coeficienți valoare de 0,33) și se ajustează pe baza rezultatelor obținute și a feedback-ului; se testează diferite ponderi și se evaluează care set de valori oferă cea mai clară imagine a eficientizării programului.

Un exemplu de determinare a coeficienților ar fi următorul: Să presupunem că, după consultarea experților și analiza datelor istorice, se ajunge la concluzia următoare:

i) Rezultatele educaționale sunt extrem de importante pentru evaluarea imediată a succesului programului, deci α va fi mare;

ii) Dezvoltarea abilităților este vitală pentru succesul pe termen lung și aplicabilitatea cunoștințelor, deci β va fi mediu;

iii) Impactul pe termen lung este important, dar poate fi mai dificil de măsurat pe termen scurt, deci γ va fi mai mic.

Acestea sunt și valorile coeficienților pe care le-am folosit în exemplul nostru demonstrativ:

$$\alpha = 0{,}5$$
$$\beta = 0{,}3$$
$$\delta = 0{,}2$$

Determinarea acestor coeficienți necesită o abordare atentă și bine fundamentată, atât prin folosirea expertizei calitativă, cât și a datelor cantitative, iar ajustarea acestor valori pe baza analizei contextului specific și a feedback-ului poate asigura o evaluare echilibrată și relevantă a eficientizării programului STEM.

BUPT

8.4. Anexa 4. - Tiplologia educației STEM

Tabelul A. 1 Variante de acronime STEM

Nr. crt.	Variante de acronime	Explicația variantei acronimului	Resurse accesate Resurse bibliografice WEB	Observații
STEM este o abordare interdisciplinară a învățării în care conceptele academice riguroase sunt intercalate, infuzate și cuplate cu lecții din lumea reală, pe măsură ce studenții aplică știința, tehnologia, ingineria și matematica în contexte care fac conexiuni între școală, comunitate, muncă și globalizare, permițând dezvoltarea alfabetizării STEM și, odată cu aceasta, capacitatea de a concura în noua economie. (https://www.britannica.com/topic/STEM-education). Economia bazată pe cunoaștere este condusă de inovarea constantă, iar fundamentul inovației se bazează pe o forță de muncă dinamică, motivată și bine educată, dotată cu abilități, aptitudini și competențe STEM.				
1.	**STEM** Science, Technology, Engineering, and Mathematics	Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică	Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012, August). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Washington, DC: Congressional Research Service, Library of Congress. Ramaley, J. A., & Zia, L. (2005). The real versus the possible: Closing the gaps in engagement and learning. *EDUCAUSE*. Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). STEM education: A project to identify the missing components. *Intermediate Unit*, *1*, 11-17. Lange, D. A., Donna, M., Hallinen, J. R., Finger, S., Jacobson, A. M., Angemeer, A., & Berard, G. L. (2017, June). STEM in a Shoebox. In *2017 ASEE Annual*	 În anul 2001, biologul american Judith Ramaley, pe atunci director adjunct de educație și resurse umane la NSF, a rearanjat cuvintele SMET pentru a forma acronimul STEM. STEM, în întregime știință, tehnologie, inginerie și matematică, domeniu și curriculum centrat pe educație în disciplinele de știință, tehnologie, inginerie și matematică. Fundația Națională pentru Știință din

BUPT

			Conference & Exposition. Hallinen, J. R. (2014). *The many quiet tensions: Perceptions of the broader impacts criterion held by NSF career award holders at very high research institutions of higher education*. University of Pennsylvania. https://fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=100381&org=HRD&from=news	Statele Unite ale Amercii (NSF) recunoaște științele sociale ca parte din STEM, în schimb în Marea Britanie acestea sunt grupate și clasificate separate, un alt acronym HASS (Humanities, Arts, and Social Sciences), a fost folosit până la actualul SHAPE (2020).
2.	**AMSEE** Applied Mathematics, Science, Engineering, and Entrepreneur-schip	Matematică Aplicată, Știință, Inginerie și Antreprenoriat	Papoutsidakis, M., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. Action Research Implementation in Developing an Open Source and Low Cost Robotic Platform for STEM Education. *International Journal of Computer Applications*, *975*, 8887.	Termenul este introdus într-o sinteză de 20 de variante ale STEM
3.	**A-STEM** Arts, Science, Technology, Engineering, and Mathematics	Artă, Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică	http://www.lg.gov.cn/bmzz/jyj/xxgk/ghjh/fzgh/201903/P020190311597687050068.pdf Shenzhen City Longgang District Education Bureau, China (27 august 2018). „The Guidance of A-STEM Curriculum Construction in Longgang District Shenzhen City”	Concentrat și bazat pe umanism și arte
4.	**eSTEM** Environment, Science,	STEM pentru mediul înconjurător	Caldwell, L., Garcia, R., & Cagle, N. (2018). K-12 diversity pathway programs in the E-STEM fields: A review of	Curriculumul se numește eSTEM, respectiv Mediul înconjurător, Știință,

	Technology, Engineering, and Mathematics		existing programs and summary of unmet needs. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, *19*(4). http://www.westseattleherald.com/2013/04/30/news/arbor-heights-elementary-implement-estem-curricul	Tehnologie, Inginerie și Matematică și este implementat din anul 2013 la o școală elementară din SUA
5.	**iSTEM** (the invigoration of science, technology, engineering and mathematics)	Încurajarea STEM	Nadelson, L. S., Seifert, A., Moll, A. J., & Coats, B. (2012). i-STEM summer institute: An integrated approach to teacher professional development in STEM. *Journal of STEM Education: Innovation and Outreach*. Tsai, H. Y., Chung, C. C., & Lou, S. J. (2017). Construction and development of iSTEM learning model. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(1), 15-32.	Identificare de noi modalități pentru a preda domenii legate de STEM
6.	**GEMS** Girls in Engineering, Mathematics and Science	Fetele în Inginerie, Matematică și Știință	https://www.grasp.upenn.edu/programs/girls-engineering-math-and-science-gems Kerr*, B., & Robinson Kurpius, S. E. (2004). Encouraging talented girls in math and science: Effects of a guidance intervention. *High ability studies*, *15*(1), 85-102. Modi, K., Schoenberg, J., & Salmond, K. (2012). Generation STEM: What girls say about science, technology, engineering,	Programe utilizate pentru încurajarea femeilor de a pătrunde în domeniile STEM

BUPT

			and math. *A Report from the Girl Scout Research Institute. New York, NY: Girl Scouts of the USA*. Halpern, D. F., Aronson, J., Reimer, N., Simpkins, S., Star, J. R., & Wentzel, K. (2007). Encouraging girls in math and science. *IES National Center for Education Research Practice Guide*. Mavriplis, C., Heller, R., Beil, C., Dam, K., Yassinskaya, N., Shaw, M., & Sorensen, C. (2010). Mind the gap: Women in STEM career breaks. *Journal of technology management & innovation*, *5*(1), 140-151. Kahn, S., & Ginther, D. (2017). *Women and STEM* (No. w23525). National Bureau of Economic Research.	
7.	**MEd: STEMS²** Science, Technology, Engineering, Mathematics, Social Sciences and sense of belonging (sense of place)	Știință, Tehnologie, Inginerie, Matematică, Științe Sociale și sentimentul de apartenență (simțul locului)	https://coe.hawaii.edu/academics/curriculum-studies/med-cs-stems2 http://bit.ly/stems2 coegrad@hawaii.edu Brown, J. R., Dawkins, A., & Spiff, S. STEM fields. Vaitekaitis, J. (2019). STEM Education: From Sputnik to Girl Scouts. *Acta Paedagogica Vilnensia*, *43*, 100-118.	Program de vară bazat pe proiecte desfășurate în context social, pentru dezvoltarea sentimentului de apartență la un grup local sau global
8.	**METALS**	Știință, Tehnologie,	https://leosstemhacks.wordpress.com/2015/10/	Se referă la logica proiectării și

BUPT

	(STEAM) + Logic Science, Technology, Engineering, Arts, and Math + Logic	Inginerie, Artă, Matematică (STEAM) + Logică	01/metals-why-logic-deserves-first-order-status-in-steam/ https://leosstemhacks.wordpress.com/ https://leosstemhacks.wordpress.com/2015/02/01/metals-the-scary-square-of-opposition/	analizei experimentului, raționamentul cauzal și raționamentul bazat pe modele, care infuzează fiecare aspect al STEAM. Oferă elevilor orientați spre STEAM instrumente (jocuri) care să îi îndrume spre raționamentul lor STEM, iar raționamentul despre raționament este ceea ce înseamnă logica.
9.	**MINT** Mathematics, Computer Science, Natural, Sciences and Technology	Matematică, Informatică, Științe Ale Naturii și Tehnologie	Fathalla, S., Vahdati, S., Auer, S., & Lange, C. (2018, September). Metadata analysis of scholarly events of computer science, physics, engineering, and mathematics. In *International conference on theory and practice of digital libraries* (pp. 116-128). Springer, Cham. Mainzer, K., Schuster, P. M., & Schwichtenberg, H. (Eds.). (2018). *Proof and Computation: Digitization in Mathematics, Computer Science and Philosophy*. World Scientific. Stoeger, H. (2004). Gifted females in mathematics, the natural sciences and	Pune accent pe informatică

BUPT

			technology. *High Ability Studies*, *15*(1), 3-5.	
10.	 **SHTEAM** Science, Humanities, Technology, Engineering, Arts and Mathematics	Știință, Științe Umaniste, Tehnologie, Inginerie, Arte și Matematică	https://www.adelphi.org/shteam/ https://www.adelphi.org/ https://www.usm.edu/humanities/index.php Britannica, T. Editors of Encyclopaedia. *humanities*. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/topic/humanities Mani, A. Mereology for STEAM and Education Research. *EpiSTEMe*, *9*, 1-9.	Pune accent pe științele umaniste, discipline academice care cercetează și studiază atât omul cât și cunoașterea omului, a gândirii sale, condiția umană (cum ar fi, dar nu doar referindu-ne strict la următoarele): filosofie, filologie, istorie, arte si spectacol, inclusiv istoria artei, pedagogie, literatură
11.	**SMET** Science, Mathematics, Engineering and Technology	Știință, Matematică, Inginerie și Tehnologie	https://www.britannica.com/topic/STEM-education	Denumirea anterioară pentru STEM
12.	**STEAM** Science, Technology, Engineering, Agriculture and Mathematics	Știință, Tehnologie, Inginerie, Agricultură și Matematică	Wang, H. H., & Knobloch, N. A. (2018). Levels of STEM Integration through Agriculture, Food, and Natural Resources. *Journal of Agricultural Education*, *59*(3), 258-277. Scherer, H. H., McKim, A. J., Wang, H. H., DiBenedetto, C. A., & Robinson, K. (2019). Making Sense of the Buzz: A Systematic Review of" STEM" in Agriculture, Food, and Natural Resources Education Literature.	Pune accent și adaugă agricultura ca domeniu

BUPT

			Journal of Agricultural Education, *60*(2), 28-54.	
13.	**STEAM** Science, Technology, Engineering and Applied Mathematics	Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică Aplicată	Madden, M. E., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., ... & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. *Procedia Computer Science*, *20*, 541-546. Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking skills and creativity*, *31*, 31-43.	Pune accent pe matematica aplicată
14.	**STEAM** Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics	Știință, Tehnologie, Inginerie, Arte și Matematică	Humphrey, E. (2022). STEM/STEAM 2022. *Microscopy Today*, *30*(4), 38-41. Wannapiroon, N., & Pimdee, P. (2022). Thai undergraduate science, technology, engineering, arts, and math (STEAM) creative thinking and innovation skill development: a conceptual model using a digital virtual classroom learning environment. *Education and Information Technologies*, 1-28. Sánchez, D. O., Greca, I. M., & Abad, M. P. A. (2022). *La ciencia en el arte-Science in Art: La catedral de Burgos como elemento STEAM para la educación de la ciudadanía-The Cathedral of Burgos as a STEAM element of*	

BUPT

			citizenship education. Ediciones Octaedro. Ortiz-Revilla, J., & Greca, I. M. (2020, September). Intentions Towards Following Science and Engineering Studies Among Primary Education Pupils Participating in Integrated STEAM Activities. In *International Conference on EUropean Transnational Education* (pp. 40-49). Springer, Cham.	
15.	**STEEM** Science, Technology, Engineering, Economics and Mathematics	Știință, Tehnologie, Inginerie, Economie și Matematică	Marshall, E. C., & Underwood, A. (2020). Is economics STEM? Trends in the discipline from 1997 to 2018. *The Journal of Economic Education*, *51*(2), 167-174. https://www.nber.org/papers/w23525 Kahn, S., & Ginther, D. (2017). *Women and STEM* (No. w23525). National Bureau of Economic Research.	Pune accent și adaugă economia ca domeniu
16.	**STEMIE** Science, Technology, Engineering, Mathematics, Invention and Entrepreneur-ship	Știință, Tehnologie, Inginerie, Matematică, Invenție și Antreprenoriat	https://www.stemie.org/ https://www.proquest.com/openview/226a89e695f79a606cd45338a0b52a41/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=182 Guerra, R. C. C., Smith, K. A., McKenna, A. F., Swan, C., Korte, R., Jordan, S., ... & MacNeal, R. (2014, October). Innovation	Coaliția STEMIE este o organizație non-profit fondată pentru a susține invenția și antreprenoriatul, având un impact extins, imediat și măsurabil asupra tinerilor, care duce o campanie continuă de sprijin a peste 600 de programe de invenție și antreprenoriat și

BUPT

			corps for learning: Evidence-based entrepreneurship™ to improve (STEM) education. In *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings* (pp. 1-5). IEEE. Zokowski, P., Geramita, K., Ashdown, J., Brooks, B., & Thompkins, A. (2016, March). Connecting Kids to STEM through entrepreneurship and innovation. In *2016 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)* (pp. 71-74). IEEE. Marshall, S. P. (2009). Re-imagining specialized STEM academies: Igniting and nurturing decidedly different minds, by design. *Roeper Review*, *32*(1), 48-60. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02783190903386884 http://www.stemie.org/wp-content/uploads/2016/03/one-pager.pdf http://www.stemie.org/wp-content/uploads/2016/03/STEMIE-v13.pdf	care operează simultan pentru elevii K-12 la din S.U.A.
17.	**STEMLE** Science, Technology, Engineering, Mathematic	Știință, Tehnologie, Inginerie, Matematică, Drept și Economie	Love, T. S. (2013). Addressing Safety and Liability in STEM Education: A Review of Important Legal Issues and Case Law. *The Journal of Technology*	Identifică subiecte concentrate pe domenii precum științe sociale aplicate și antropologie, reglementare,

BUPT

	s, Law and Economics		*Studies*, *39*(1/2), 28–41. http://www.jstor.org/stable/43604293	cibernetică, învățare automată, sisteme sociale, economie computațională și științe sociale computaționale
18.	**STEMM** Science, Technology, Engineering, Mathematics and Medicine	Știință, Tehnologie, Inginerie, Matematică Și Medicină	https://www.nationalacademies.org/ National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2020). *The science of effective mentorship in STEMM*. National Academies Press. https://nap.nationalacademies.org/catalog/25568/the-science-of-effective-mentorship-in-stemm Undergraduate and Graduate STEM Students' Experiences During COVID-19: Proceedings of a Virtual Workshop Series. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/26024 Kimmel, L. G., Miller, J. D., & Eccles, J. S. (2012). Do the paths to STEMM professions differ by gender?. *Peabody Journal of Education*, *87*(1), 92-113. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0161956X.2012.642276?journalCode=hpje20	Pune accent și adaugă medicina ca domeniu

BUPT

			Miller, J. D., & Kimmel, L. G. (2012). Pathways to a STEMM profession. *Peabody Journal of Education*, *87*(1), 26-45.	
19.	**STM** Science, Technique and Mathematics Or Science, Technology and Medicine Or Science, Technical and Medical	Știință, Tehnică și Matematică Sau Știință, Tehnologie și Medicină Sau Știință, Tehnică și Medicală	https://policycommons.net/artifacts/1575771/2018_10_04_stm_report_2018/2265545/ Johnson, R., Watkinson, A., & Mabe, M. (2018). The STM Report: An overview of scientific and scholarly publishing. Pickstone, J. V. (2001). *Ways of knowing: A new history of science, technology, and medicine*. University of Chicago Press. Glick, T. F., Livesey, S., & Wallis, F. (2014). *Medieval science, technology, and medicine: an encyclopedia*. Routledge. https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203957868/medieval-science-technology-medicine-thomas-glick-steven-livesey-faith-wallis https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED496324.pdf Toulmin, C. N., & Groome, M. (2007). Building a science, technology, engineering, and math agenda. *National Governors Association*.	

BUPT

20.	**STREAM** Science, Technology, Robotics, Engineering, Arts and Mathematics	Știință, Tehnologie, Robotică, Inginerie, Arte și Matematică	Sullivan, A., Strawhacker, A., & Bers, M. U. (2017). Dancing, drawing, and dramatic robots: Integrating robotics and the arts to teach foundational STEAM concepts to young children. In *Robotics in STEM education* (pp. 231-260). Springer, Cham.	Adaugă și pune accent pe robotică ca domeniu
21.	Powered by IEEE TRY Engineering **STREAM** Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics	Știință, Tehnologie, Inginerie, Arte și Matematică	https://tryengineering.org/ro/news/6-reasons-art-benefits-stem-education/ https://www.nymetroparents.com/article/how-stem-became-steam Jones, J. I. (2014). An overview of employment and wages in science, technology, engineering and math (STEM) groups. https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020106 Eddy, S. L., & Brownell, S. E. (2016). Beneath the numbers: A review of gender disparities in undergraduate education across science, technology, engineering, and math disciplines. *Physical Review Physics Education Research*, *12*(2), 020106.	Adaugă și pune accent pe artă ca domeniu. Artistul și autorul John Maeda, (a fost președinte al unei Școlii de Artă și Design din Rhode Island, https://www.linkedin.com/in/johnmaeda), a fost cel care a transformat STEM către acronimul STEAM. „Există o mare putere în aceste domenii [design și tehnologie] luate separat și chiar mai mult atunci când sunt puse împreună”, a scris el într-un articol de opinie din 2013 pentru Seattle Times (https://www.nymetroparents.com/article/how-stem-became-steam). S-a considerat că dezvoltarea abilităților creative, de gândire critică în școlile de la grădiniță, până la clasa a XII-a, vor

BUPT

				pune bazele unei educații STEAM.
22.	**STREAMi** Science, Technology, Research, Engineering, Arts, Mathematics, Innovation	Știință, Tehnologie, Cercetare, Inginerie, Arte, Matematică, Inovație	Dahlander, L., & Gann, D. M. (2010). How open is innovation?. *Research policy*, *39*(6), 699-709. Watanabe, C., Naveed, K., Neittaanmäki, P., & Tou, Y. (2016). Operationalization of un-captured GDP-Innovation stream under new global mega-trends. *Technology in Society*, *45*, 58-77. https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://hrcak.srce.hr/file/180708&hl=en&sa=T&oi=gsb-gga&ct=res&cd=2&d=13482539341878790143&ei=6zcLY8OCGarGsQLApL74Cg&scisig=AAGBfm1Krh1c27oqKJl7lyHMA9W4JCOAh	
23.	**STREM** Science, Technology, Robotics, Engineering and Multimedia	Știință, Tehnologie, Robotică, Inginerie și Multimedia	Khine, M. S., Khine, M. S., & Ohmer. (2017). *Robotics in STEM Education*. Springer. Mataric, M. J., Koenig, N. P., & Feil-Seifer, D. (2007, March). Materials for Enabling Hands-On Robotics and STEM Education. In *AAAI spring symposium: Semantic scientific knowledge integration* (pp. 99-102). Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement,	Adaugă robotica ca domeniu și înlocuiește matematica cu media

BUPT

			learning, and teaching. *Computers & Education*, *91*, 14-31. Pickering, T. A., Yuen, T. T., & Wang, T. (2016, December). STEM conversations in social media: Implications on STEM education. In *2016 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)* (pp. 296-302). IEEE. Budiyanto, C., Fitriyaningsih, R. N., Kamal, F., Ariyuana, R., & Efendi, A. (2020). Hands-on Learning In STEM: Revisiting Educational Robotics as a Learning Style Precursor. *Open Engineering*, *10*(1), 649-657. https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2020-0071/html&hl=en&sa=T&oi=gsb-gga&ct=res&cd=2&d=11922719315061932368&ei=xDsLY4_AJPWTy9YP4vKY4AQ&scisig=AAGBfm338Wf2a8_iFRpWTLB94p3693E94g A. P. Achilleos ș.a., "SciChallenge: A Social Media Aware Platform for Contest-Based STEM Education and Motivation of Young Students," in IEEE Transactions on	

BUPT

			Learning Technologies, vol. 12, no. 1, pp. 98-111, 1 Jan.-March 2019, doi: 10.1109/TLT.2018.2810879.	
24.	**THAMES** Technology, Hands-On, Arts, Math, Engineering, Science	Tehnologie, Practice, Arte, Matematică, Inginerie, Știință	Brint, S. (2002). The rise of the 'practical arts'. *The future of the city of intellect: The changing American university*, 231-259. Auyang, S. Y. (2006). *Engineering—an endless frontier*. Harvard University Press. Go, I. G. (2022). A study on the design of a practical arts laboratory for elementary level technology education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *18*(6), em2122.	*Hands-on*: necesită implicarea fizică a participanților și experiențe multisenzoriale, se bazează pe curiozitate nativă, încurajează întrebările, explorarea și acel simț de uimire în ceea ce privește lumea din jurul nostru.
25.	**THAMES** Technology, Humanities, Arts, Mathematics, Engineering and Science	Tehnologie, Științe Umaniste, Arte, Matematică, Inginerie și Știință	National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). The integration of the humanities and arts with sciences, engineering, and medicine in higher education: Branches from the same tree. Moslehpour, M. (1995). *Metacognition and problem-solving of college students in technology, engineering, mathematics and humanities*. University of Missouri-Columbia.	Include toate cele trei ramuri ale științei: • științe naturale, • științe sociale și • științe formale În Regatul Unit al Marii Britanii este folosit începând din anul 2020 acronimul SHAPE (din redenumirea HASS - Humanities, Arts, and Social Sciences. Subiectele pe care se concetrează SHAPE sunt legate

BUPT

			https://www.socialsciencespace.com/2020/11/shape-a-focus-on-the-human-world/ www.thisisshape.org.uk.	de ceea ce ne înconjoară ca oameni, în timp și spațiu. Despre modul în care oamenii se comportă, se organizează, se exprimă, își exercită puterea, creează piețe, state, familii, religii, culturi și comunități. Subiectele explorează ceea ce ne face că suntem și cine sunt ceilalți. Un accent pe ceea ce înseamnă să fii om.

BUPT

8.5. Anexa 5 - Caracteristici majore cu privire la revoluțiile industriale

Tabelul A. 2 Revoluțiile industriale și conexiunile lor cu educația STEM

Nr. crt.	Revoluția Industrială	Perioada istorică relevantă. Referințe	Caracteristici majore. Aspecte importante privind tranziția către diferitele societăți	Conexiuni cu educația STEM
1.	Industria 1.0	Aproximativ între anii 1750 – 1860 (Pilevaria & Yavari, 2021)	✓ Utilizarea mașinilor cu aburi: Trecerea de la producția manuală la cea industrială; Mecanizarea producției, prin utilizarea puterii aburului și a cărbunelui reprezintă unul dintre cele mai semnificative progrese tehnologice. ✓ Extinderea căilor ferate: Dezvoltare extinsă a sistemelor de transport, în special a căilor ferate; Transportul rapid și eficient al materiilor prime; Conectarea orașelor și regiunilor între ele. ✓ Urbanizarea accelerată: Migrație masivă a populației din mediul rural în orașe; Orașele devin centre industriale; Atragerea forței de muncă pentru fabrici și industrii. ✓ Divizarea muncii și specializarea: Creșterea eficienței și a productivității muncii; Specializarea muncii și apariția unor noi ocupații.	Schimbare în cererea de competențe; Creșterea nevoii de ingineri și tehnicieni calificați; Dezvoltarea de programe de educație tehnică și științifică; Programe de învățământ tehnic; Apariția școlilor și universităților tehnice noi, cu programe în inginerie mecanică și chimie; Emphasis pe competențe practice; Schimbarea abordării educaționale; Dobândirea de competențe practice și aplicate; Apariția conceptului de învățare pe tot parcursul vieții, într-o economie în schimbare rapidă, apare necesitatea de dezvoltare constantă a competențelor de formare profesională.

BUPT

			✓ Schimbarea economică și socială: Impact semnificativ asupra structurii economice și sociale; Înlocuirea metodelor tradiționale de producție cu tehnologie mecanică conduce la creșterea producției, dezvoltarea pieței și crearea unor noi clase sociale. ✓ Globalizarea comerțului: Avansurile tehnologice în domeniul transportului facilitează comerțul internațional; Conduc la globalizarea economiei; Schimburi comerciale la scară internațională. ✓ Condiții de muncă dificile: Condițiile de muncă în fabrici sunt periculoase și grele pentru muncitori; Orele lungi de muncă și condițiile nesigure; Mișcări pentru drepturile muncitorilor.	
2.	Industria 2.0	Aproximativ între anii 1860 – 1969 Prima perioadă de idustrializare: între anii 1860 – 1914 A doua perioadă de industrializare: între anii 1914 – 1960 (marchează momentul de tranziție și pregătire pentru a treia revoluție industrială, dar nu se încadrează	✓ Inovații tehnologice: Electricitatea; Mașinile cu aburi; Telegraful; Telefonul și alte invenții care au revoluționat producția, comunicarea și transportul. ✓ Dezvoltarea fabricilor și a producției în masă: Fabrici mari și complexe; Creștere semnificativă a capacității de producție; Scăderea costurilor;	Emphasis pe tehnologie și experimentare; Adaptarea la schimbări prin apariția programelor avansate în domeniile de inginerie electrică, chimie și fizică; Universitățile acordă atenție mărită programelor de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică; Crește solicitarea de profesioniști în

BUPT

		direct în această etapă în sine) (Huberman ș.a., 2017)	Creșterea consumului de bunuri și produse. Urbanizare accelerată. ✓ Schimbări sociale și economice: Creșterea cererii de forță de muncă; Diviziunea muncii; Lucrători specializați pe un anumit specific de muncă. ✓ Globalizare și comerț internațional: Extinderea comerțului internațional; Creșterea globalizării economiei. ✓ Schimbarea stilului de viață: Creșterea accesului la bunuri de consum; Îmbunătățirea standardelor de viață.	inovație și dezvoltare; Introducerea de laboratoare științifice și ateliere pentru a pune teoria în practică; Promovarea gîndirii critice; Diversificarea programelor de studiu, funcție de interesele și abilitățile individuale.
3.	Industria 3.0	Aproximativ între anii 1960 și începutul anilor 2000. Moment crucial în evoluția societății și a tehnologiei. Tranziție semnificativă, în special în industria manufacturieră. (Popkova ș.a., 2019) (Demir ș.a., 2019)	✓ Automatizarea și robotica: Adoptarea pe scară tot mai largă a roboților; Automatizarea proceselor de producție; Creșterea eficienței și preciziei în producție. ✓ Utilizarea calculatoarelor și digitalizarea: Dezvoltarea tehnologiilor informatice; Informatizarea proceselor industriale; Software-uri de management, planificare și control; Optimizarea operațiunilor industriale. ✓ Tehnologia informațiilor și comunicațiile: Explozie a tehnologiei de comunicație; Răspândirea internetului;	Emphasis pe rezolvarea problemelor complexe; Creșterea focusului pe matematică și științe; Nevoie crescută de profesioniști în informatică, electronică, telecomunicații; Universitățile dezvoltă programe academice specifice pentru industria IT; Educația STEM încurajează abilitățile de rezolvare a problemelor complexe și de gândire analitică; Studenții sunt pregătiți pentru a lucra cu tehnologii

BUPT

			Schimb rapid de informații și date; Comunicare eficientă; Colaborare și parteneriate internaționale. ✓ Globalizarea și lanțurile de aprovizionare: Accelerarea globalizării economiei; Extinderea operațiunilor pe plan internațional; Lanțuri globale de aprovizionare; Distribuție eficientă a bunurilor și produselor. ✓ Schimbări în economia de servicii: Creșterea economiei de servicii; Tranziție către industrii de IT, asistență medicală, software, servicii financiare.	electronice avansate și pentru a aborda provocările legate de dezvoltarea sistemelor informatice; În cadrul educației STEM se introduce predarea programării, pentru a forma viitori programatori și ingieri software.
4.	Industria 4.0	Aproximativ sfârșitul anilor 2000 și până în prezent (Xu ș.a., 2018)	✓ Digitalizarea și conectivitatea: Monitorizarea, optimizarea și controlul proceselor de producție; Schimb rapid și ultrarapid de date; Utilizarea senzorilor și tehnologiei IoT; Colectarea datelor în timp real. ✓ Inteligența artificială și analiza datelor: Capacități avansate de analiză a datelor; Capacități avansate de luare a deciziilor autonome; Sisteme inteligente care optimizează producția și care rezolvă probleme complexe. ✓ Fabrici inteligente și	Învățare bazată pe proiecte și colaborare; Oportunitatea de a lucra în echipe interdisciplinare; Oportunitatea de a rezolva probleme complexe și pentru a aplica cunoștințele în context real; Creșterea cerințelor pentru competențele STEM în domeniul tehnologiilor digitale și al automatizării; Educația STEM include concepte precum inteligență artificială, robotică, analiza datelor; Creșterea solicitărilor de profesioniști cu

BUPT

			producție personalizată: Automatizarea conduce către conceptul de ”fabrică inteligentă”; Producția personalizată este adaptabilă cerințelor individualizate ale clienților; Flexibilitatea crește eficiența și reduce costurile. ✓ Internetul obiectelor (IoT): Conectarea dispozitivelor și obiectelor la internet permite comunicarea și schimbul dintre ele; Coordonare eficientă între echipamente și mașini. ✓ Tehnologii avansate de producție: Imprimarea 3D (fabricația aditivă); Crearea de piese complexe și personalizate; Eficiență ridicată. ✓ Muncă colaborativă om-mașină: Încurajarea colaborării dintre oameni și roboți sau mașini inteligente; Roboții preiau sarcini repetitive și periculoase; Oamenii se concentrează pe gândire critică și creativitate; Provocări în securitatea cibernetică; Protecția datelor; Schimbări în piața muncii.	competențe specifice de flexibilitate și adaptabilitate; Educația STEM pune accent pe dezvoltarea abilităților de gândire critică, rezolvare de probleme și adaptabilitate, pentru a pregăti studenții pentru un mediu de lucru în continuă schimbare; Oportunitatea de a alege dintr-o gamă mai largă de opțiuni de învățare online și offline.
5.	Industria 5.0	Prezent – Viitor (în desfășurare)	✓ Trei piloni: i) Orientat către om:	Interdisciplinaritate și convergența între tehnologii precum IA,

BUPT

		(Breque, M., De Nul, L., Petridis, 2021) (Demir ș.a., 2019) (Melnyk ș.a., 2019) (Paschek ș.a., 2019) (Sharkawy, 2021)	Plasarea omului în centrul procesului de dezvoltare și inovație; Produse și servicii care să aducă beneficii tangibile oamenilor. ii) Rezilient: Adaptabilitate și rezistență în fața schimbărilor și perturbărilor; Capacitatea de a supraviețui și a se adapta în ciuda provocărilor; Investiții în inovație, diversificare și planificare strategică. iii) Sustenabil: Impactul asupra mediului și societății; Strategii de afaceri care să integreze obiective de durabilitate; Adoptarea practicilor ecologice; Reducerea amprentei de carbon; Gestionarea eficientă a resurselor; Contribuția pozitivă la protejarea mediului. ✓ Schimbare de accent: Evoluție a conceptului de industrie; Concentrare pe valoarea socială; Pune în prim-plan beneficiile pentru societate și bunăstarea indivizilor. ✓ Îmbunătățirea calității vieții oamenilor: Schimbare semnificativă de priorități; Accent către binele uman și protecția mediului înconjurător; Crearea unui mediu sănătos, sigur și prosper.	biotehnologie, energie regenerabilă, energie curată, etc.; Educația STEM trebuie să integreze aceste domenii interdisciplinare și să promoveze colaborarea între specialiști din diverse domenii; Creșterea și încurajarea competențelor care să conducă la sustenabilitate și respectarea normelor de etică, în contextul crizei climatice și al preocupărilor etice legate de tehnologie; Educația STEM trebuie să se concentreze și asupra soluțiilor durabile, abordarea problemelor legate de mediu și să ia în considerare apecte ale eticii în cercetare și dezvoltare.

BUPT

8.6. Anexa 6 - Lista celor mai solicitate discipline opționale în învățământul preuniversitar și lista disciplinelor opționale STEM publicate în Monitorul Oficial al României, pentru anul școlar 2023-2024

Această anexă prezintă o listă detaliată (primul tabel) a celor mai solicitate discipline opționale în clasele primare, gimnaziale și liceale, conform datelor colectate și furnizate de Ministerul Educației și Cercetării în luna mai anului 2024. Părinții sau reprezentanții legali ai elevilor din învățământul primar și elevii din clasele gimnaziale și liceale pot alege, în baza unei cereri scrise, disciplinele opționale pe care le vor studia în următorul an școlar. Fiecare elev, cu excepția celor din clasele/instituțiile cu profil și cele bilingve, trebuie să studieze în mod obligatoriu o disciplină opțională integrată în orarul de bază. Datele prezentate în această anexă sunt structurate în tabel pentru a facilita vizualizarea și analiza preferințelor elevilor în alegerea disciplinelor opționale.

De asemenea, această anexă prezintă o listă (al doilea tabel) a disciplinelor opționale STEM, aprobate și publicate în Monitorul Oficial al României, care au putut fi studiate începând cu anul școlar 2023-2024 și care fac obiectul secțiunii finale a chestionarului din cercetarea aplicativă, privind educația STEM. În același timp, acesta este motivul pentru care în secțiunea 4.2.3.2 cu referire la metodologia de lucru, punctul **5b)** se referă la această perioadă: ***Calendarul colectării datelor: Colectarea datelor a avut loc în perioada 15 aprilie 2024 – 30 mai 2024.***

Tabelul A. 3 Cele mai solicitate discipline opționale

Nr. crt.	Disciplina	Clase primare	Clase gimnaziale	Clase liceale
1	Matematica distractivă	27 368	5 986	-
2	Tainele comunicării	22 716	-	-
3	În împărăția lui mate	16 097	-	-
4	Religie	7 071	12 430	-
5	Educație pentru sănătate	6 000	14 213	2 279
6	Educație economică și antreprenorială	5 176	5 655	3 828
7	În împărăția cuvântului	4 909	-	-
8	Educație ecologică	3 227	7 918	2 530
9	O oră pentru lectură	2 801	-	-
10	Cultura bunei vecinătăți	2 730	-	-
11	Citind, învăț să fiu	-	9 268	-
12	Lectură pentru ghidare în carieră	-	6 604	-
13	Matematică aplicativă	-	5 367	-
14	Informatica (clasa a V-a, a VI-a)	-	4 925	-
15	English for Future	-	4 778	-
16	Istoria matematicii	-	-	1 659

BUPT

17	Descoperă Moldova	-	-	1 592
18	Chimia și explorarea mediului	-	-	1 570
19	Proiectarea și dezvoltarea web	-	-	1 431
20	Relații armonioase în familie	-	-	1 266
21	Design grafic	-	-	1 227
22	Cultura comunicării	-	-	1 090

Tabelul A. 4 Lista disciplinelor opționale STEM

Nr. crt.	Publicare în Monitor Oficial (nr. și data) Ordin de ministru	Titlul disciplinei opționale	Nivelul de învățământ clasa	An școlar de aplicație	Observatii
1	Mof 670/5.VII.2022 4096/22.06.2022	Start în aventura cunoașterii Universului	Primar I-IV	2023-2024	
2	Mof 1072 bis/7.XI.2022 OM 6101/2022	Robotica și viața	Gimnazial VI-VII	2023-2024	
3	Mof 1072 bis/7.XI.2022 OM 6101/2022	EduGaming	Gimnazial V-VI	2023-2024	
4	Mof 1072 bis/7.XI.2022 OM 6101/2022	Cultură digitală	Gimnazial VII-VIII	2023-2024	
5	Mof 1072 bis/7.XI.2022 OM 6101/2022	Știința și tehnologia mă ajută. Studiez, aplic, creez!	Învățământ secundar Orice an de studiu	2023-2024	Programul „A doua șansă” Învățare pe tot parcursul vieții
6	Mof 331/20.04.2023 OM 3891/2023	Români care au marcat cultura şi civilizaţia lumii	Liceal X-XI	2023-2024	Învățare pe tot parcursul vieții
7	Mof 559 bis/21.VI.2023 4440/2023	Sisteme de scriere și codificare	Gimnazial V-VIII	2023-2024	
8	Mof 559 bis/21.VI.2023 4440/2023	Sisteme de numerație	Gimnazial V-VIII	2023-2024	
9	Mof 559 bis/21.VI.2023 4440/2023	Matematică în natură și arte	Gimnazial VII-VIII	2023-2024	

8.7. Anexa 7 - Metodologia cercetării aplicative – documente justificative

BUPT

IOSUD - Universitatea Politehnica Timişoara
Şcoala Doctorală de Studii Inginereşti

Către,
INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN
CARAȘ-SEVERIN
Str. Ateneului nr. 1, Reșița, 320112
Domnului Prof. Ion-Lucian MICLĂU
INSPECTOR ȘCOLAR GENERAL

Subiect: Solicitare adrese de e-mail Inspectorate Școlare din România

Stimate Domnule Inspector Școlar General,

Mă numesc Nicoleta Mirea și sunt profesor suplinitor în județul Caraș-Severin, predând disciplinele: Economie, Educația Antreprenorială, Educație Financiară, Educație Tehnologică și Aplicații Practice începând cu anul școlar 2013-2014. De asemenea, sunt candidat la obținerea titlului de doctor în cadrul Universității Politehnica din Timișoara, având-o ca și coordonator științific pe Doamna Prof. Univ. dr.ing. Anca Drăghici (www.upt.ro) și sunt membru temporar al Centrului de Cercetări în Inginerie și Management al UPT-ului, având o activitate intensă începând cu anul 2020 (https://www.mpt.upt.ro/cercetare/centrul-de-cercetare/colectivul-de-cercetare.html). Teza mea de doctorat poartă titlul ***"Inovarea și transferul tehnologic, mijloace pentru eficientizarea educației în știință, tehnologie, inginerie și matematică (STEM)".***

În calitate de cercetător dedicat acestui domeniu, desfășor o cercetare aplicativă referitoare la integrarea și implementarea educației STEM în învățământul românesc. În acest sens, vă rog să-mi furnizați adresele de email ale tuturor inspectoratelor școlare din țară, în vederea realizării unui studiu privind educația non-formală cu ajutorul STEM.

Vă asigur că aceste informații vor fi utilizate exclusiv în scopuri academice și de cercetare, pentru îmbunătățirea procesului educațional și integrarea educației STEM în sistemul educațional al țării noastre. Confidențialitatea datelor este o prioritate, iar acestea vor fi tratate cu maximă responsabilitate.

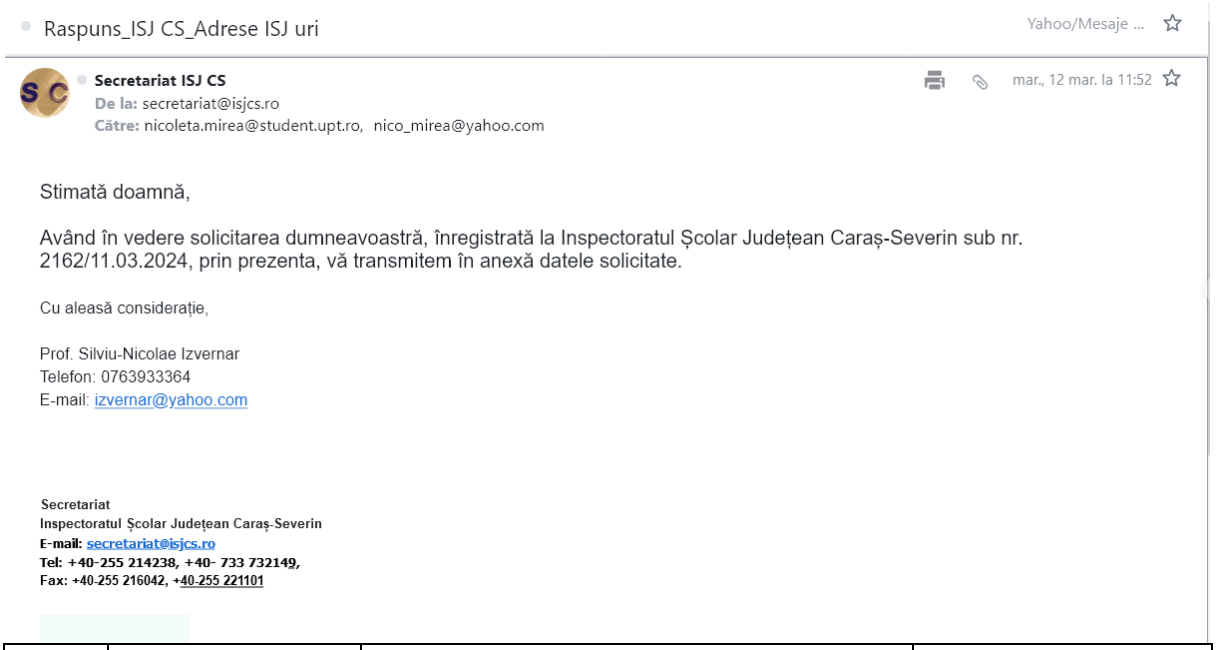
Pentru mai multe informații despre activitatea mea, vă invit să accesați: https://orcid.org/0000-0001-9061-2729
https://upt.academia.edu/NicoletaMirea
https://www.researchgate.net/profile/Nicoleta-Mirea.

Vă mulțumesc anticipat pentru cooperare, înțelegere și sprijinul acordat. Sunt disponibilă pentru orice informații suplimentare sau clarificări.

BUPT

Cu stimă,

Drd. Ing. ec. Nicoleta Mirea
nicoleta.mirea@student.upt.ro
nico_mirea@yahoo.com
Telefon și WhatsApp: 0787-262208



Raspuns_ISJ CS_Adrese ISJ uri

Yahoo/Mesaje ...

Secretariat ISJ CS
De la: secretariat@isjcs.ro
Către: nicoleta.mirea@student.upt.ro, nico_mirea@yahoo.com

mar., 12 mar. la 11:52

Stimată doamnă,

Având în vedere solicitarea dumneavoastră, înregistrată la Inspectoratul Școlar Județean Caraș-Severin sub nr. 2162/11.03.2024, prin prezenta, vă transmitem în anexă datele solicitate.

Cu aleasă considerație,

Prof. Silviu-Nicolae Izvernar
Telefon: 0763933364
E-mail: izvernar@yahoo.com

Secretariat
Inspectoratul Școlar Județean Caraș-Severin
E-mail: secretariat@isjcs.ro
Tel: +40-255 214238, +40- 733 732149,
Fax: +40-255 216042, +40-255 221101

Judet PJ	Denumire scurta unitate	Denumire lunga unitate	Email
AB	ISJ Alba	Inspectoratul Şcolar Judeţean Alba	secretariat@isjalba.ro
AG	ISJ ARGEŞ	INSPECTORATUL ŞCOLAR JUDEȚEAN ARGEȘ	contact@isjarges.ro
AR	ISJ AR	INSPECTORATUL SCOLAR JUDETEAN ARAD	inf_arad@yahoo.com
B	ISMB	Inspectoratul Şcolar al Municipiului Bucureşti	office@ismb.ro; ismb.me@gmail.com
BC	ISJ BACĂU	ISJ BACĂU	office@e-isjbacau.ro
BH	ISJ BIHOR	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN BIHOR	contact@isjbihor.ro
BN	ISJ BISTRIȚA-NĂSĂUD	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN BISTRIȚA-NĂSĂUD	isjbn@isjbn.ro
BR	ISJ BRĂILA	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN BRĂILA	contact@isjbraila.ro
BT	ISJ BOTOŞANI	ISJ BOTOŞANI	contact@isjbt.ro

BUPT

BV	ISJ Brașov	Inspectoratul Școlar Județean Brașov	info@isjbrasov.ro
BZ	ISJ BUZĂU	INSPECTORATUL ȘCOLAR AL JUDEȚULUI BUZĂU	office@isjbuzau.ro
CJ	ISJ CLUJ	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN CLUJ	contact@isjcj.ro
CL	I.S.J. CALARASI	INSPECTORATUL SCOLAR AL JUDETULUI CALARASI	isjcalarasi@gmail.com
CS	ISJ CARAS-SEVERIN	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN CARAȘ-SEVERIN	contact@isjcs.ro; secretariat@isjcs.ro
CT	ISJ CȚA	ISJ CONSTANŢA	isj-cta@isjcta.ro
CV	ISJ COVASNA	Inspectoratul Școlar Județean Covasna	office@isj.educv.ro
DB	ISJ DÂMBOVIȚA	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN DÂMBOVIȚA	isjdb@isj-db.ro
DJ	ISJ DOLJ	INSPECTORATUL SCOLAR JUDETUL DOLJ CRAIOVA	isjdolj@isjdolj.ro
GJ	I.S.J. GORJ	INSPECTORATUL SCOLAR AL JUDETULUI GORJ	isjgorj@yahoo.com
GL	ISJ GALATI	INSPECTORATUL SCOLAR JUDETEAN GALATI	info@isj.gl.edu.ro; secretariat@isjgalati.ro
GR	ISJ GIURGIU	INSPECTORATUL ȘCOLAR AL JUDEȚULUI GIURGIU	isjgiurgiu@yahoo.com
HD	IȘJ HUNEDOARA	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN HUNEDOARA	inspectorat@isj.hd.edu.ro
HR	ISJ HARGHITA	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN HARGHITA	isjhr@isjhr.eduhr.ro
IF	ISJ ILFOV	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN ILFOV	secretariat@isjilfov.ro
IL	ISJ IALOMIŢA	ISJ IALOMIŢA	secretariat@isjialomita.ro
IS	ISJ IASI	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN IAȘI	contact@isjiasi.ro
MH	ISJ MEHEDINTI	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN MEHEDINȚI	isj@mh.edu.ro
MM	ISJMM	INSPECTORATUL SCOLAR JUDETEAN MARAMURES	isjmm@isjmm.ro
MS	ISJ MUREŞ	ISJ MUREŞ	office@edums.ro
NT	ISJ NEAMȚ	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN NEAMȚ	office@isjneamt.ro

BUPT

OT	ISJ OLT	INSPECTORATUL ȘCOLAR AL JUDEȚULUI OLT	secretariat@isjolt.ro
PH	ISJ PRAHOVA	ISJ PRAHOVA	isjph.secretariat@gmail.com; isjph@isj.ph.edu.ro
SB	ISJ SIBIU	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN SIBIU	officeisj@yahoo.com
SJ	IȘJ SĂLAJ	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN SĂLAJ	secretariat@isjsalaj.ro
SM	ISJ SATU MARE	INSPECTORATUL SCOLAR AL JUDETULUI SATU MARE	isjsm@satmar.ro
SV	ISJ Suceava	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN SUCEAVA	isjsv@isj.sv.edu.ro
TL	ISJ TULCEA	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN TULCEA	contact@isjtulcea.ro
TM	ISJ TIMIS	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN TIMIȘ	registratura@isjtm.ro
TR	ISJ TELEORMAN	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN TELEORMAN	isjteleo@yahoo.com
VL	ISJ VALCEA	INSPECTORATUL SCOLAR JUDEȚEAN VALCEA	isjvl@yahoo.com
VN	ISJ VRANCEA	INSPECTORATUL SCOLAR JUDETEAN VRANCEA	isjvrancea@yahoo.com
VS	ISJ VASLUI	INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN VASLUI	isjvaslui@isj.vs.edu.ro

8178_ RASPUNS DISTRIBUIRE CHESTIONARE (1).pdf

BUPT

INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN TIMIȘ
Str. Dr. Liviu Gabor nr. 1, 300004, Timișoara, Tel
+40 (0)256 305799/
Fax: +40(0)256490430, +40(0)256490429
registratura@isjtm.ro, www.isj.tm.edu.ro
Operator de date cu caracter personal nr. 18818

MINISTERUL EDUCAȚIEI

Nr. 8178/ 26.04.2024

Către,

Doamna Nicoleta MIREA
nico_mirea@yahoo.com

Cu referire la adresa dumneavoastră , înregistrată la I.S.J Timiș cu nr. 8178/ 15.04.2024, vă facem cunoscut faptul că Inspectoratul Școlar Județean Timiș vă recomandă să vă adresați direct unităților de învățământ în vederea unei posibile colaborări.

INSPECTOR ȘCOLAR GENERAL,
Prof. Aura Codruța DANIELESCU

Semnat digital de ISG
Aura-Codruta Danielescu
2024-05-09 12:13

Inspector școlar ,
Prof. Adriana OPREAN

Oprean Adriana
Semnat digital de Oprean Adriana
Data: 2024.04.27 16:11:13 +02'00'

BUPT

8.8. Anexa 8 - Cercetarea aplicativă – Instrumentul de colectare (chestionarul)

STRATEGII DE DEZVOLTARE SINERGICĂ: COMPETENȚE CHEIE PENTRU ÎNVĂȚĂMÂNTUL LA DISTANȚĂ ȘI EDUCAȚIA STEM (ȘTIINȚĂ, TEHNOLOGIE, INGINERIE ȘI MATEMATICĂ)

Munca la distanță și educația STEM pot fi compatibile și chiar se pot completa reciproc în multe moduri. În contextul actual al tehnologiei și al cerințelor pieței de muncă, există o creștere a interesului pentru educația STEM și o nevoie crescută de profesioniști calificați în acest domeniu. Prin integrarea muncii la distanță în practicile educaționale, se pot deschide noi oportunități de recrutare a profesorilor, inclusiv pentru cei care nu ar putea lucra în mod tradițional în școli sau care doresc să aibă o abordare mai flexibilă a carierei lor. Totodată, munca la distanță poate contribui la eficientizarea costurilor și la reducerea barierelor geografice în educație.

Integrarea competențelor necesare pentru învățământul la distanță cu cele esențiale pentru educația STEM evidențiază legături semnificative între aceste două domenii. Această interdependență subliniază importanța abilităților tehnologice, a adaptabilității digitale, a competențelor de comunicare online, a colaborării și a proiectelor online, a gestionării platformelor digitale, a abilităților de rezolvare a problemelor și a angajamentului în învățare continuă. Prin integrarea acestor competențe, se conturează o viziune holistă asupra învățământului și industriei STEM, considerate componente interdependente ale aceluiași ecosistem educațional și economic. Această abordare sprijină dezvoltarea practicilor educaționale adaptabile la cerințele actuale ale învățământului și ale industriei STEM.

Obiectivul acestui instrument de cercetare constă în colectarea de informații referitoare la competențele și provocările asociate cu munca la distanță și educația STEM, cu intenția de a identifica necesitățile de formare în aceste domenii.

Apreciem în mod deosebit participarea dumneavoastră la această cercetare. Completarea chestionarului necesită aproximativ 5-10 minute din timpul dumneavoastră prețios. Toate datele colectate sunt utilizate exclusiv în vederea identificării competențelor cheie asociate cu munca la distanță și educația STEM. Nicio informație nu va fi utilizată în alte scopuri decât cele menționate anterior.

Informații Generale

1. Vă rugăm să alegeți nivelul/nivelele de învățământ preuniversitar unde activați:

   Bifează toate opțiunile aplicabile

   Educație timpurie (creșe și grădinițe)
   Învățământ primar
   Învățământ gimnazial
   Învățământ secundar (liceu, școală profesională)

2. Vă rugăm să alegeți aria curriculară (sau ariile curriculare) în care se încadrează activitatea dumneavoastră:

   Bifează toate opțiunile aplicabile

BUPT

Educație timpurie
Limba și literatura română
Limba și literatura maternă (pentru minorități)
Matematică și științe ale naturii
Științe ale societății și umaniste
Educație fizică și sport
Educație artistică și culturală
Tehnologii și informatică

3. Lucrați de la distanță (remote)?

Marchează un singur răspuns

În prezent lucrez de la distanță
Lucrez parțial de la distanță (hibrid)
Nu, n-am lucrat niciodată de la distanță
Obișnuiam să lucrez de la distanță (dar în prezent nu mai fac acest lucru)

4. Covid-19 a fost declarată pandemie de către Organizația Mondială a Sănătății pe 11 martie 2020. În cazul în care ați desfășurat/desfășurați activități online (la distanță, remote), pentru ce perioadă de timp?

Marchează un singur răspuns

Nu am lucrat remote
Până la 6 luni
Până la 1 an
Între 1 an și 3 ani
Peste 3 ani

Evaluarea nevoilor de competențe profesionale la distanță (remote)

5. Vă rugăm să specificați, pe o scară de la 1 la 5 (unde 1 înseamnă „nu este important”, iar 5 înseamnă „este obligatoriu”), care dintre următoarele au reprezentat/reprezintă provocări în activitatea dumneavoastră?

Marchează un singur răspuns pe fiecare linie

Comunicarea eficientă în mediul virtual
Managementul timpului în mediul online
Absența interacțiunii personale și a relațiilor interpersonale din mediul virtual
Capacitatea de a utiliza eficient și creativ diferite instrumente și platforme digitale
Necesitatea de a stabili și de a comunica clar proceduri structurate și transparente legate de utilizarea conținutului media digital
Dificultatea de a menține nivelul de angajament și participare activă a elevilor în cadrul activităților online
Evaluarea și feedback-ul adecvat în mediul virtual
Accesibilitatea la tehnologie și echitatea învățării online pentru toți elevii
Dificultatea de a facilita munca colaborativă și interacțiunea între elevi
Gestionarea stresului și a burnout-ului pentru cadrele didactice

BUPT

6. Vă rugăm să evaluați, la fiecare dintre secțiunile 6.1. până la 6.5., folosind o scară de la 1 la 5 (unde 1 înseamnă „nu este important” și 5 înseamnă „esențial/obligatoriu”), relevanța următoarelor competențe pentru educația și munca la distanță:

Marchează un singur răspuns pe fiecare linie

6.1. Competențe digitale:

Alfabetizarea în materie de informații și date
Comunicarea eficientă în scris și online
Crearea de conținut digital
Siguranța online
Abilități de rezolvare a problemelor

6.2. Autogestionare și organizare:

Planificarea sarcinilor în avans
Managementul timpului
Gândire critică și analiză
Abordarea stresului și ambiguității
Improvizația și rezolvarea creativă a problemelor
Independență
Persistență
Rezistența emoțională și mentală

6.3. Competențe de colaborare:

Colaborarea între echipe
Responsabilitatea față de echipă
Obiectivitatea față de opiniile colegilor
Implicarea în colaborări interne
Încrederea interpersonală

6.4. Abilități interpersonale, interculturale și de comunicare:

Prevenirea sentimentului de izolare și distanțare prin intermediul colaborării digitale
Gestionarea izolării sociale
Înțelegerea propriei culturi și a culturii celorlalți pentru facilitarea comunicării interculturale
Comunicarea interculturală
Strategii de comunicare la distanță

6.5. Competențe specifice educatorilor de la distanță:

Planificarea și implementarea dispozitivelor digitale și a conținutului digital în procesul de predare
Utilizarea tehnologiilor și serviciilor digitale pentru a îmbunătăți interacțiunea cu cursanții
Furnizarea de orientare direcționată și asistență în timp util utilizând tehnologiile digitale

BUPT

Promovarea și consolidarea colaborării cursanților prin utilizarea tehnologiilor digitale

Sprijinirea proceselor de învățare în care individul își reglează propriul proces de învățare cu ajutorul tehnologiilor digitale

Efectuarea de evaluări formative și sumative

Oferirea de feedback țintit și în timp util pentru cursanți prin intermediul tehnologiilor

7. Pe o scară de la 1 la 5 (1 - nu este important, 5 – esențial/obligatoriu), vă rugăm să specificați ce subiecte ar trebui abordate/acoperite în cadrul unei activități de formare pentru dezvoltarea competențelor profesionale la distanță și a celor mai bune practici:

   Marchează un singur răspuns pe fiecare linie

   Competențe digitale
   Strategii eficiente de colaborare în contextul remote/online
   Abilități de management de proiect
   Competențe interculturale și de comunicare în contextul remote/online
   Abilități de autogestionare și organizare
   Competențe specifice pentru educatorii de la distanță

8. Vă rugăm să indicați/sugerați ce alte subiecte sunt necesare pentru dezvoltarea profesională în domeniul educației la distanță și al muncii la distanță:

Informații privind perspectivele implementării educației STEM în România

Starea actuală a implementării educației STEM în școli reflectă atât progresele, cât și provocările întâmpinate în procesul de adaptare la noile paradigme educaționale. Deși există inițiative și programe guvernamentale destinate promovării acestor discipline, nivelul de implementare variază în funcție de resursele disponibile, pregătirea cadrelor didactice și infrastructura școlară.

9. Vă rugăm să specificați dacă în anul școlar 2023-2024 predați cursuri în cadrul programului de ore opționale integrate de STEM. În cazul în care răspunsul dumnevoastră este **Nu**, vă rugăm să treceți la **secțiunea 13**, iar în cazul în care răspunsul dumneavoastră este **Da,** vă rugăm să completați în continuare, de la secțiunile **9 până la 12.**

   Marchează un singur răspuns
   Da
   Nu

10. Vă rugăm să specificați, din lista următoare, disciplinele de ore opționale de tip integrat STEM, incluse în oferta națională, pentru segmentul curriculumului la decizia şcolii (CDŞ), pe care le predați în anul școlar 2023-2024:

    Bifează toate variantele aplicabile
    Start în aventura cunoașterii Universului

BUPT

Români care au marcat cultura și civilizația lumii
Sisteme de scriere și codificare
Sisteme de numerație
Matematică în natură și arte
Robotica și viața
EduGaming
Cultură digitală
Știința și tehnologia mă ajută. Studiez, aplic, creez!
Altele (vă rugăm să specificați):

---

11. Vă rugăm să precizați cărui nivel de învățământ se adresează opționalul predat de dumneavoastră:

Bifează toate variantele aplicabile

Învățământ primar
Învățământ gimnazial
Învățământ liceal
Învățământ profesional

12. Numărul de elevi prezenți la orele opționale poate furniza informații relevante despre nivelul lor de interes și implicare în domeniul STEM. Vă rugăm să indicați câți elevi au participat la orele opționale de tip integrat STEM:

Marchează un singur răspuns

< 25 elevi
25-50 elevi
50-75 elevi
> 75 elevi

13. Pe o scară de la 1 la 4 (unde 1 = nu este important, iar 4 = foarte important), vă rugăm să specificați cât de importantă considerați că este educația STEM pentru dezvoltarea competențelor necesare secolului 21?

Informații despre participanți

14. Vârstă:

< 25 ani
25-35 ani
35-45 ani
45-55 ani
55-65 ani
> 65 ani

15. Gen:

Masculin
Feminin

BUPT

Nu specific

BUPT

8.9. Anexa 9 - Cercetarea aplicativă – răspunsurile primite, tabele și grafice ale instrumentului de colectare (chestionarului) din Anexa 8

În ceea ce privește prima parte a chestionarului, cu referire la **informații generale** privind nivelul de învățământ, aria curriculară, perioada de timp desfășurată pentru activități la distanță, rezultatele sunt următoarele:

Pentru **întrebarea nr. 1:** *Vă rugăm să alegeți nivelul/nivelele de învățământ preuniversitar unde activați,* numărul respondenților este 361, dar având în vedere că mulți dintre profesori activează în mai multe nivele de învățământ, numărul total de răspunsuri este 450.

Tabelul A. 5 Nivelul de învățământ

Nr.crt.	Nivelul de învățământ	Răspunsuri
1	Educație timpurie (creșe și grădinițe)	33
2	Învățământ primar	71
3	Învățământ gimnazial	146
4	Învățământ secundar (liceu, școală profesională)	200
	Total	450

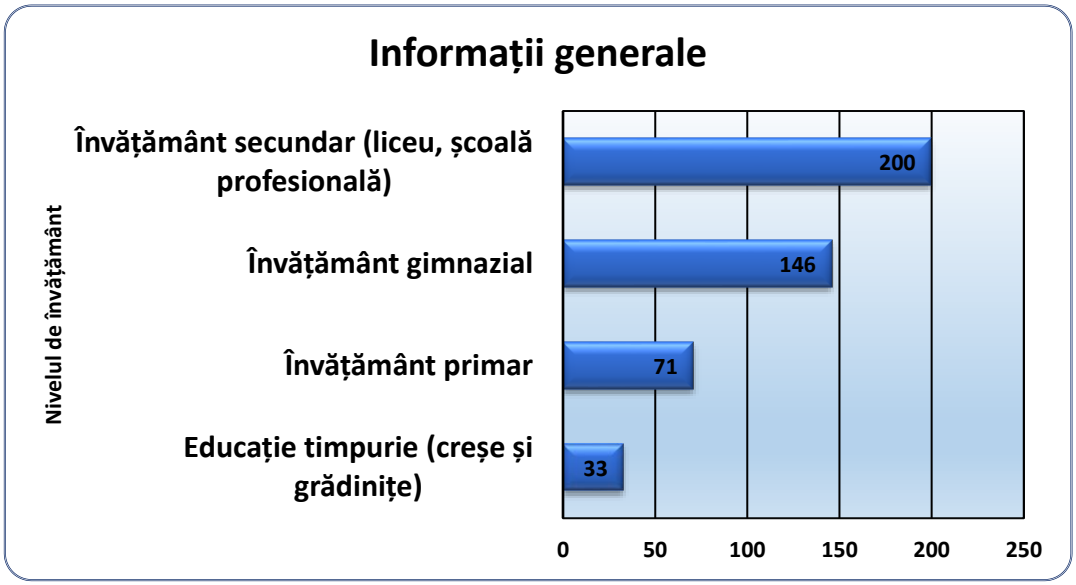


Figura A. 1 Nivelul de învățământ

BUPT

Pentru **întrebarea nr. 2:** *Vă rugăm să alegeți aria curriculară (sau ariile curriculare) în care se încadrează activitatea dumneavoastră*, numărul total de respondenți este 361, dar având în vedere că unii profesori activează în mai multe arii curriculare, numărul total de răspunsuri este 506.

Tabelul A. 6 Ariile curriculare

Nr.crt.	Aria curriculară	Răspunsuri
1	Educație timpurie	34
2	Limba și literatura română	101
3	Limba și literatura maternă (pentru minorități)	5
4	Matematică și științe ale naturii	106
5	Științe ale societății și umaniste	87
6	Educație fizică și sport	27
7	Educație artistică și culturală	40
8	Tehnologii și informatică	106
	Total	506

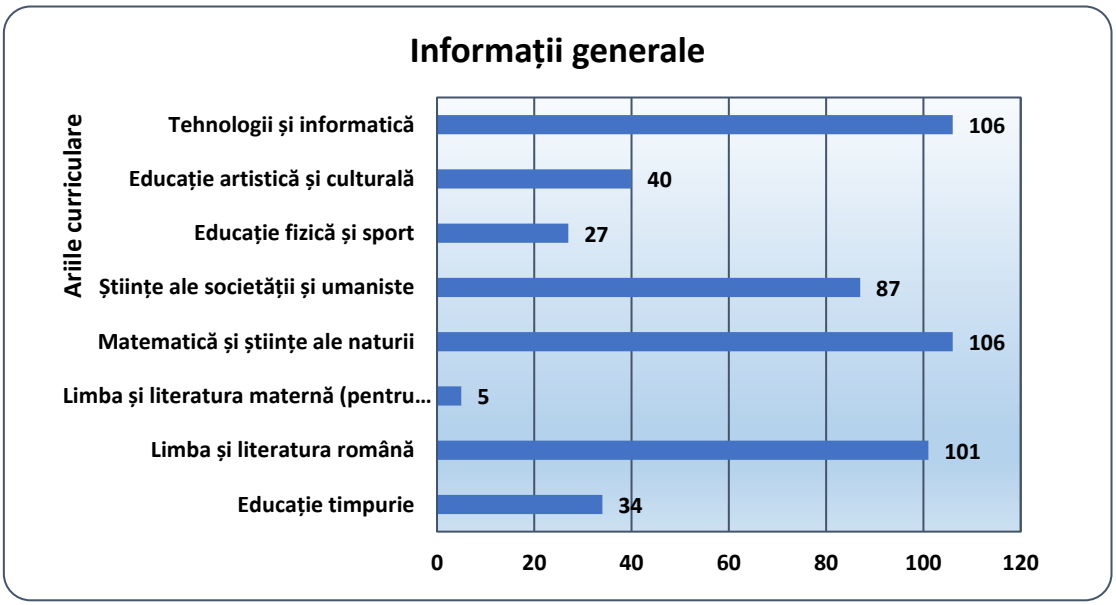


Figura A. 2 Ariile curriculare

Pentru **întrebarea nr. 3:** *Lucrați de la distanță (remote)?*, rezultatele sunt următoarele:

Tabelul A. 7 Munca la distanță (remote)

Nr. crt.	Lucrați de la distanță (remote)?	Răspunsuri
1	În prezent lucrez de la distanță	4
2	Lucrez parțial de la distanță (hibrid)	71

BUPT

3	Nu, n-am lucrat niciodată de la distanță	139
4	Obișnuiam să lucrez de la distanță (dar în prezent nu mai fac acest lucru)	147
	Total	361

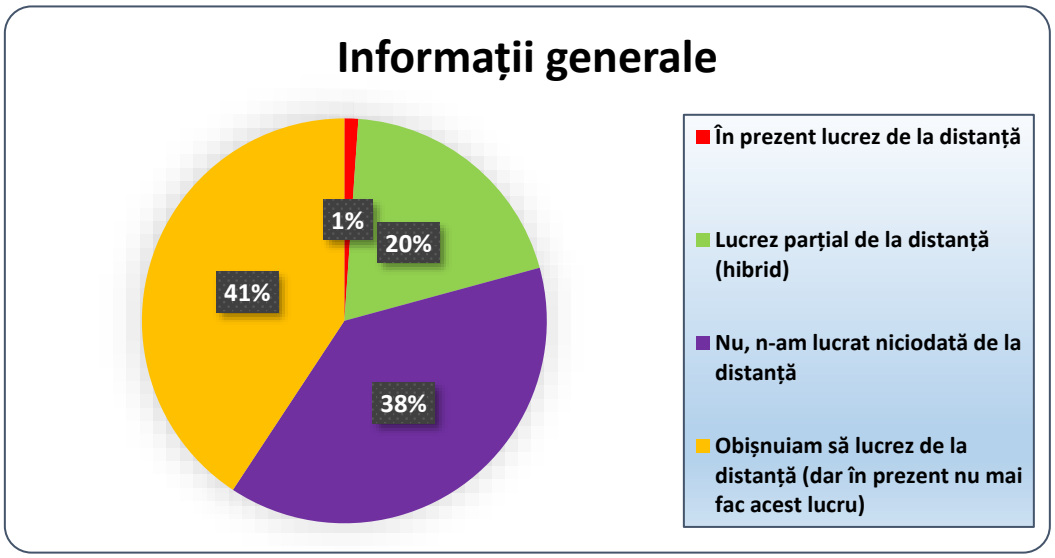


Figura A. 3 Munca la distanță (remote)

Pentru **întrebarea nr. 4:** *Covid-19 a fost declarată pandemie de către Organizația Mondială a Sănătății pe 11 martie 2020. În cazul în care ați desfășurat/desfășurați activități online (la distanță, remote), pentru ce perioadă de timp?* Rezultatele sunt următoarele:

Tabelul A. 8 Perioada de lucru remote

Nr.crt.	Perioada de timp	Răspunsuri
1	Nu am lucrat remote	20
2	Până la 6 luni	77
3	Până la 1 an	114
4	Între 1 an și 3 ani	134
5	Peste 3 ani	16
	Total	361

BUPT

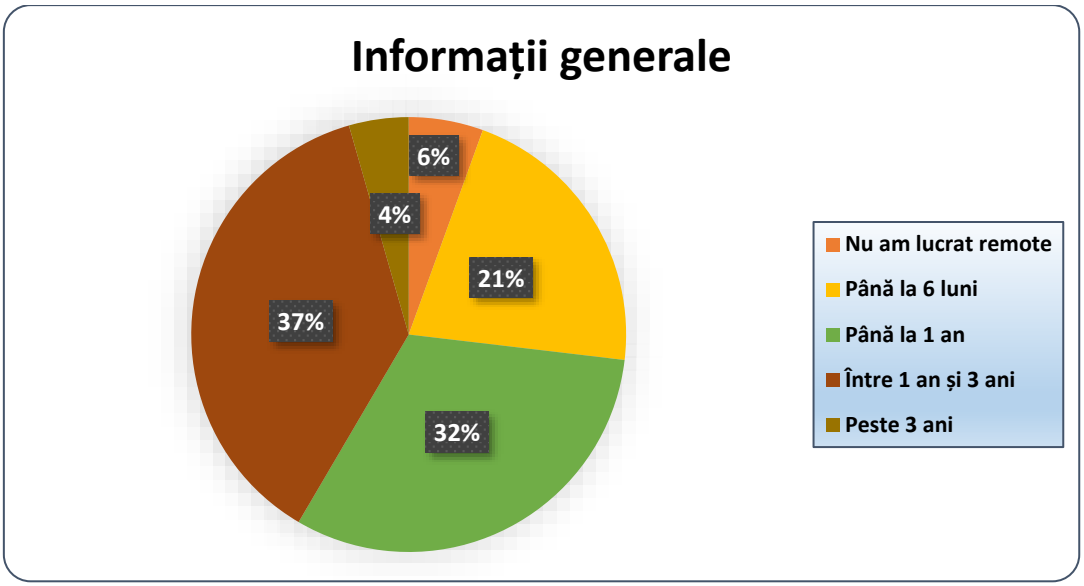


Figura A. 4 Perioada de lucru remote

Pentru partea a doua a chestionarului, cu privire la e**valuarea nevoilor de competențe profesionale la distanță (remote)**, au fost adresate 5 întrebări principale și 5 întrebări secundare, respectiv:

Pentru **întrebarea principală nr.5:** *Vă rugăm să specificați, pe o scară de la 1 la 5 (unde 1 înseamnă „nu este important", iar 5 înseamnă „este obligatoriu"), care dintre următoarele au reprezentat/reprezintă provocări în activitatea dumneavoastră?,* rezultatele sunt următoarele:

Tabelul A. 9 Provocările privind competența profesională remote

Nr. crt.	Competența profesională la distanță (remote)	Nu este important	Oarecum important	Important	Foarte important	Este obligatoriu
1	Comunicarea eficientă în mediul virtual	2	49	113	112	85
2	Managementul timpului în mediul online	7	43	100	136	75
3	Absența interacțiunii personale și a relațiilor interpersonale din mediul virtual	18	52	129	118	44
4	Capacitatea de a utiliza eficient și creativ diferite instrumente și platforme digitale	0	34	81	125	121
5	Necesitatea de a stabili și de a comunica clar proceduri structurate și transparente legate de utilizarea conținutului media digital	4	34	93	136	94

BUPT

6	Dificultatea de a menține nivelul de angajament și participare activă a elevilor în cadrul activităților online	6	38	101	142	74
7	Evaluarea și feedback-ul adecvat în mediul virtual	3	36	91	129	102
8	Accesibilitatea la tehnologie și echitatea învățării online pentru toți elevii	7	29	76	117	132
9	Dificultatea de a facilita munca colaborativă și interacțiunea între elevi	7	41	106	138	69
10	Gestionarea stresului și a burnout-ului pentru cadrele didactice	3	31	88	129	110

BUPT

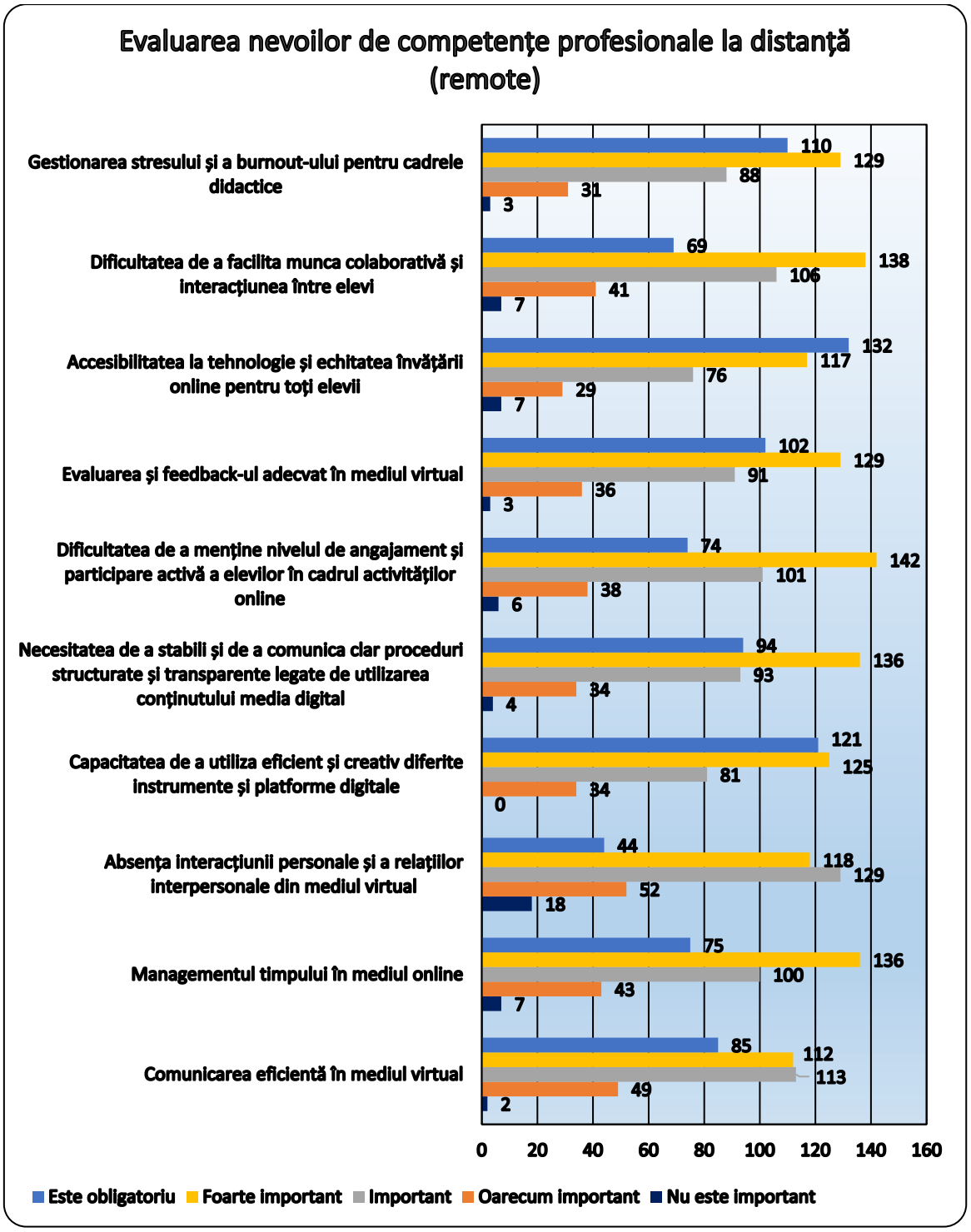


Figura A. 5 Provocările privind competența profesională remote

În continuare sunt prezentate rezultate pentru 5 secțiuni secundare, fiecare dintre aceste secțiuni tratează amănunțit problematica competențelor, respectiv **întrebarea principală nr. 6:** *Vă rugăm să evaluați, la fiecare dintre secțiunile 6.1. până la 6.5., folosind o scară de la 1 la 5 (unde 1 înseamnă „nu este important" și 5 înseamnă „esențial/obligatoriu"), relevanța următoarelor competențe pentru educația și munca la distanță:*

BUPT

Prima secțiune, 6.1. se referă la **Competențele digitale**:

Tabelul A. 10 Competențe digitale

Nr. crt.	Competența	Nu este important	Oarecum important	Important	Foarte important	Este obligatoriu
1	Alfabetizarea în materie de informații și date	5	19	102	82	153
2	Comunicarea eficientă în scris și online	0	21	91	102	147
3	Crearea de conținut digital	4	34	102	121	100
4	Siguranța online	2	11	74	79	195
5	Abilități de rezolvare a problemelor	1	18	84	124	134

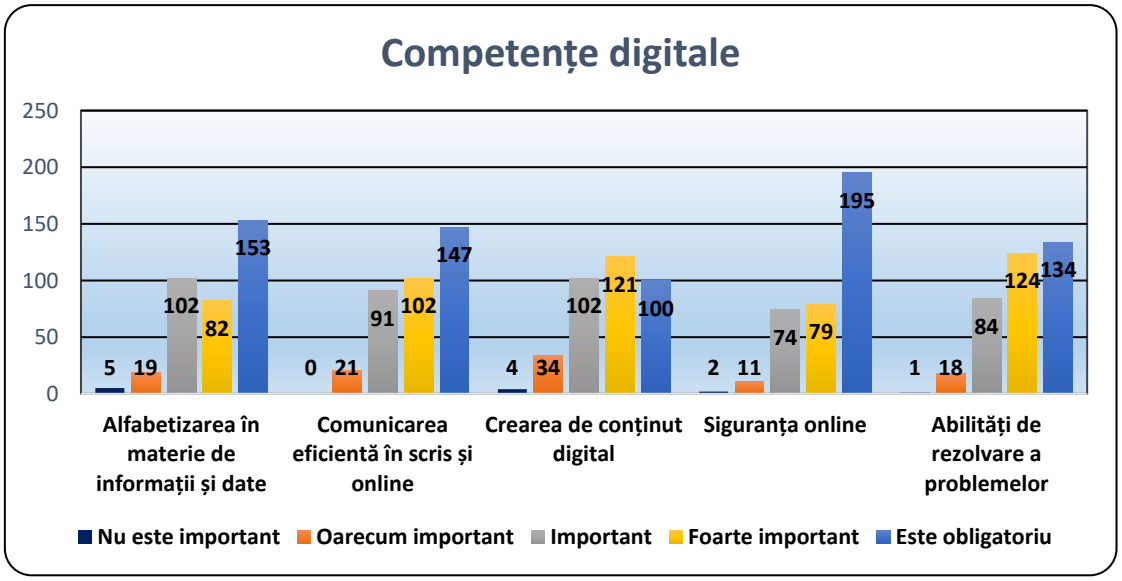


Figura A. 6 Competențe digitale

A doua secțiune. 6.2. se referă la **Autogestionare și organizare**:

Tabelul A. 11 Autogestionare și control

Nr. crt.	Competența	Nu este important	Oarecum important	Important	Foarte important	Este obligatoriu
1	Planificarea sarcinilor în avans	2	30	107	130	92
2	Manag. timpului	0	23	112	121	105
3	Gândire critică și analiză	2	22	108	131	98

BUPT

	Abordarea stresului și ambiguității	1	28	107	130	95
4	Improvizația și rezolvarea creativă a problemelor	1	30	116	127	87
5	Independență	7	32	102	135	58
6	Persistență	3	31	107	134	86
7	Rezistența emoțională și mentală	2	21	88	116	134

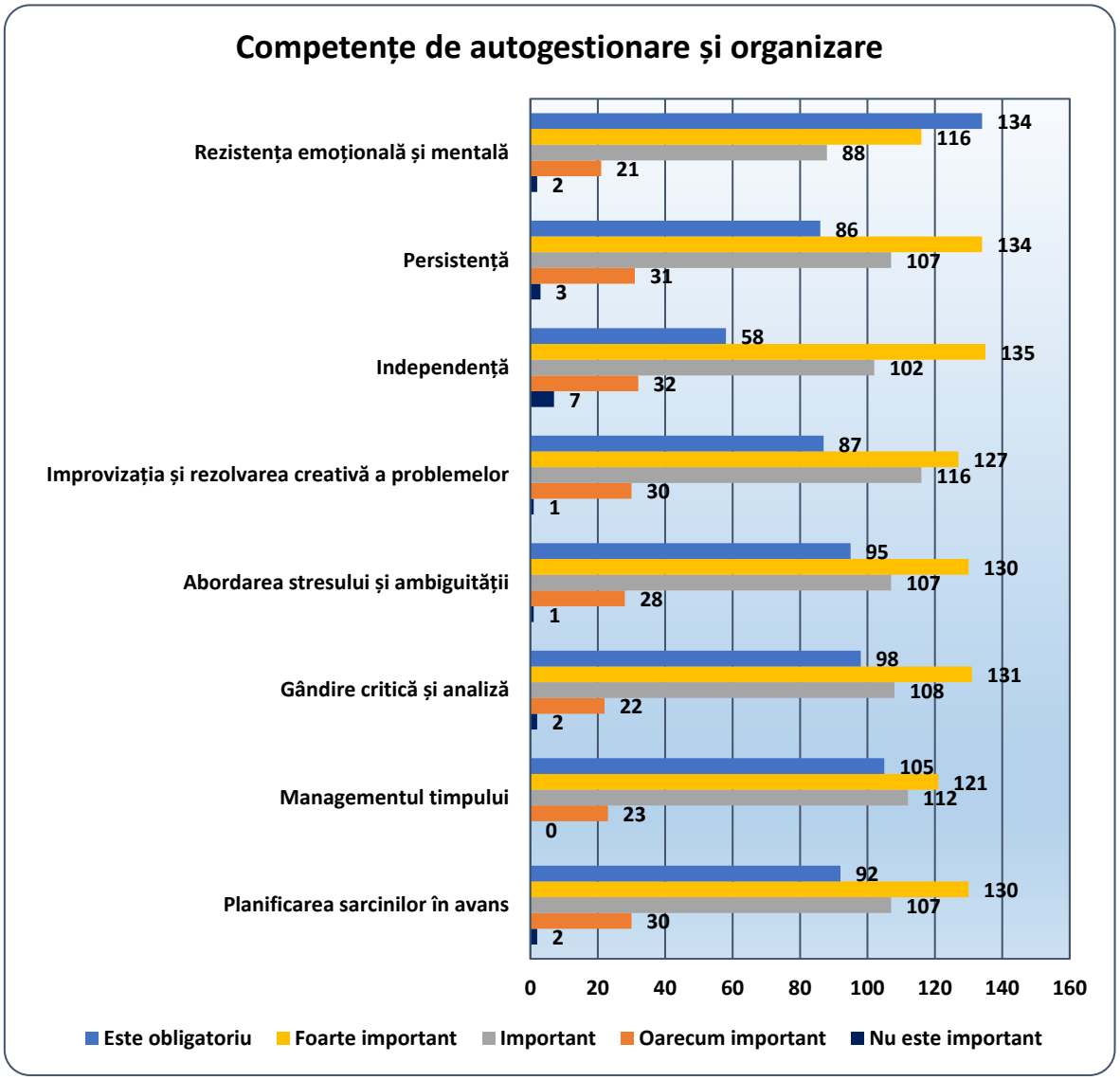


Figura A. 7 Graficul privind competențele de autogestionare și control

A treia secțiune, 6.3. se referă la **Competențe de colaborare:**

Tabelul A. 12 Competențe de colaborare

BUPT

Nr. crt.	Competența	Nu este important	Oarecum important	Important	Foarte important	Este obligatoriu
1	Colaborarea între echipe	4	25	110	126	96
2	Responsabilitatea față de echipă	3	27	99	122	110
3	Obiectivitatea față de opiniile colegilor	6	22	112	125	96
4	Implicarea în colaborări interne	8	32	102	139	80
5	Încrederea interpersonală	4	18	99	122	118

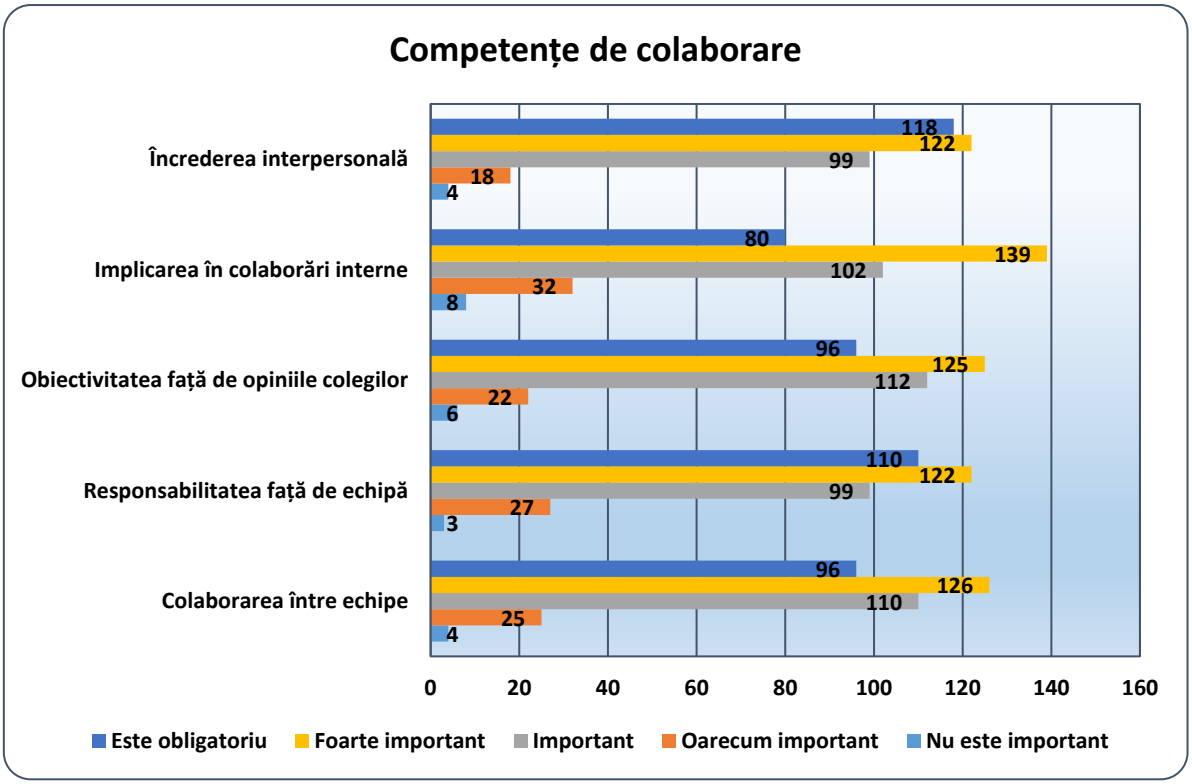


Figura A. 8 Graficul competențelor de colaborare

Secțiunea a patra, 6.4., **Abilități interpersonale, interculturale și de comunicare**:

Tabelul A. 13 Abilități interpersonale, interculturale și de comunicare

Nr. crt.	Abilitatea	Nu este important	Oarecum important	Important	Foarte important	Este obligatoriu
1	Prevenirea sentimentului de izolare și distanțare prin intermediul colaborării digitale	6	28	102	132	93

BUPT

2	Gestionarea izolării sociale	1	32	106	117	105
3	Înțelegerea propriei culturi și a culturii celorlalți pentru facilitarea comunicării interculturale	5	31	106	131	88
4	Comunicarea interculturală	6	25	117	131	82
5	Strategii de comunicare la distanță	3	22	107	120	109

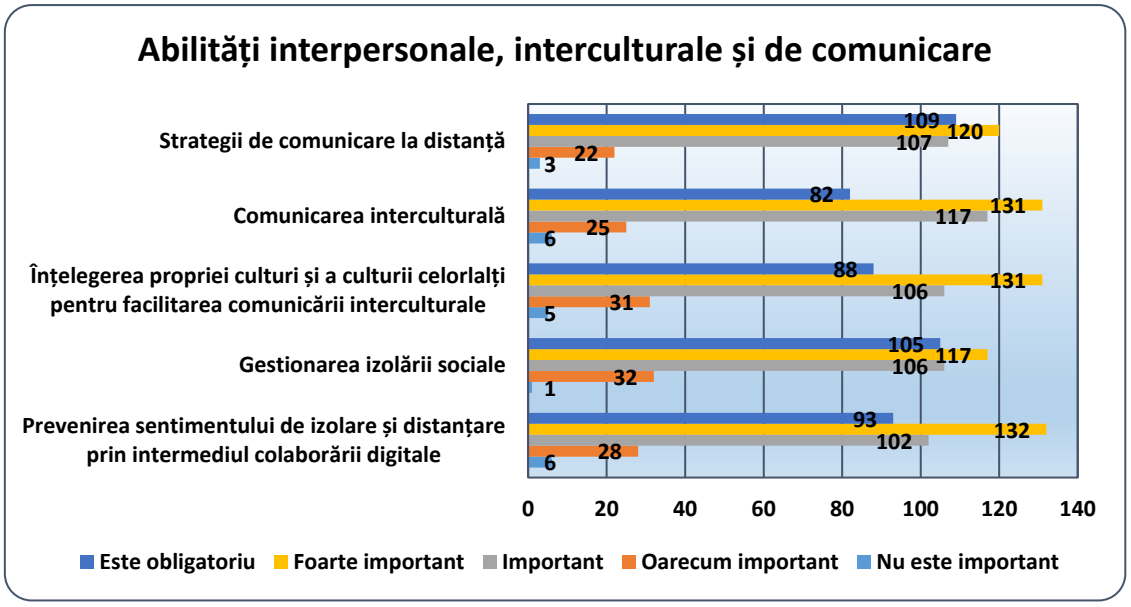


Figura A. 9 Graficul competențelor de abilități interpersonale, interculturale și de comunicare

Secțiunea a cincea, 6.5., **Competențe specifice educatorilor de la distanță**:

Tabelul A. 14 Competențe specifice educatorilor remote

Nr. crt.	Competența	Nu este important	Oarecum important	Important	Foarte important	Esențial/ Obligatoriu
1	Planificarea și implementarea dispozitivelor digitale și a conținutului digital în procesul de predare	0	25	91	132	122
2	Utilizarea tehnologiilor și serviciilor digitale pentru a îmbunătăți interacțiunea cu cursanții	1	18	98	118	126

BUPT

3	Furnizarea de orientare direcționată și asistență în timp util utilizând tehnologiile digitale	1	20	96	130	114
4	Promovarea și consolidarea colaborării cursanților prin utilizarea tehnologiilor digitale	3	20	104	129	105
5	Sprijinirea proceselor de învățare în care individul își reglează propriul proces de învățare cu ajutorul tehnologiilor digitale	0	21	106	131	103
6	Efectuarea de evaluări formative și sumative	4	21	106	114	116
7	Oferirea de feedback țintit și în timp util pentru cursanți prin intermediul tehnologiilor	2	23	86	111	139

BUPT

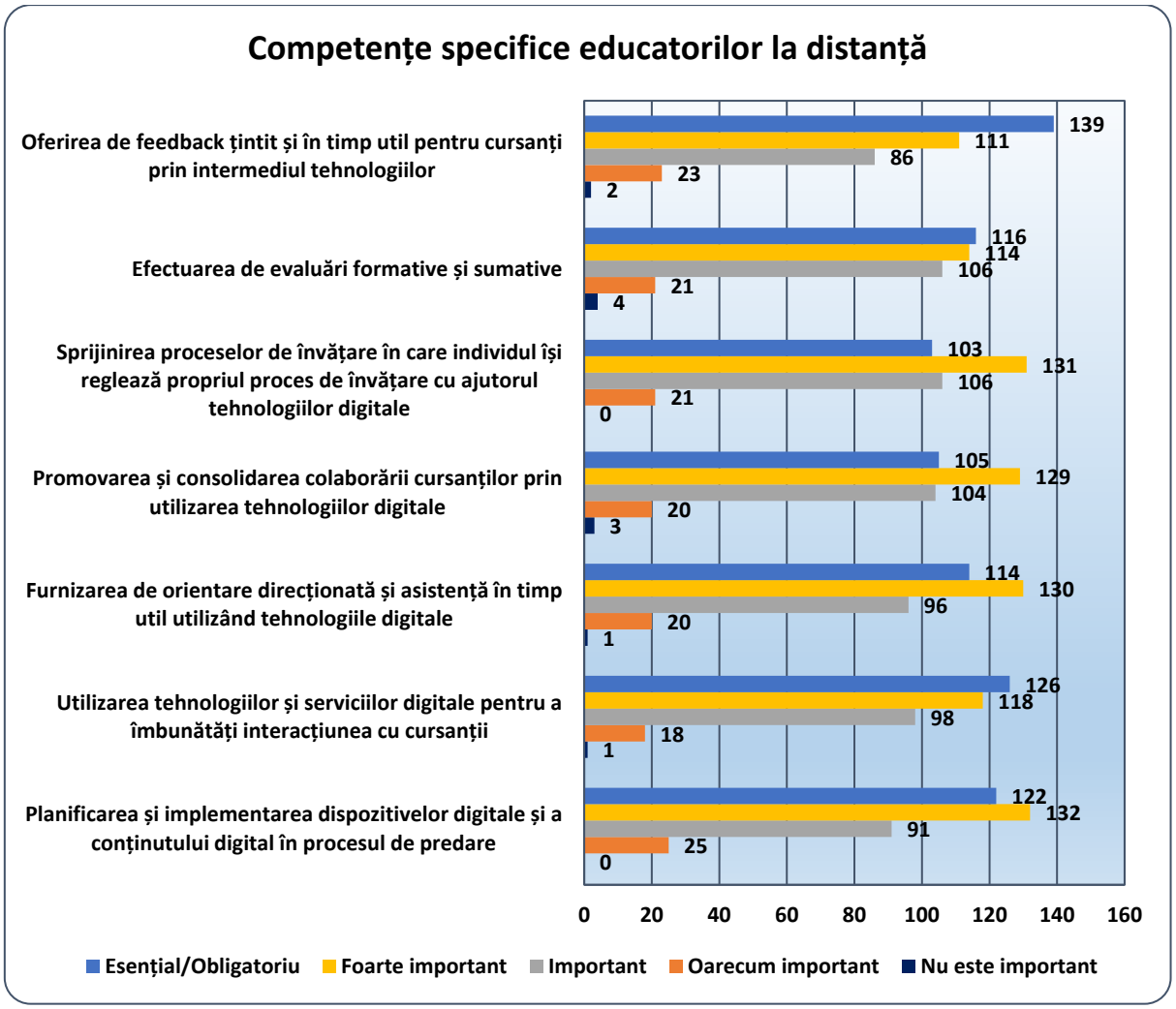


Figura A. 10 Graficul competențelor specifice educatorilor remote

Pentru **întrebarea nr. 7:** *Pe o scară de la 1 la 5 (1 - nu este important, 5 – esențial/obligatoriu), vă rugăm să specificați ce subiecte ar trebui abordate/acoperite în cadrul unei activități de formare pentru dezvoltarea competențelor profesionale la distanță și a celor mai bune practici,* rezultatele sunt următoarele:

BUPT

Tabelul A. 15 Dezvoltarea competențelor remote

Nr. crt.	Competența	Nu este important	Oarecum important	Important	Foarte important	Esențial / Obligatoriu
1	Competențe digitale	1	16	84	97	163
2	Strategii eficiente de colaborare în contextul remote/online	1	26	89	133	112
3	Abilități de management de proiect	0	3	111	129	79
4	Competențe interculturale și de comunicare în contextul remote/online	3	44	93	138	83
5	Abilități de autogestionare și organizare	2	24	97	133	105
6	Competențe specifice pentru educatorii de la distanță	2	30	80	112	137

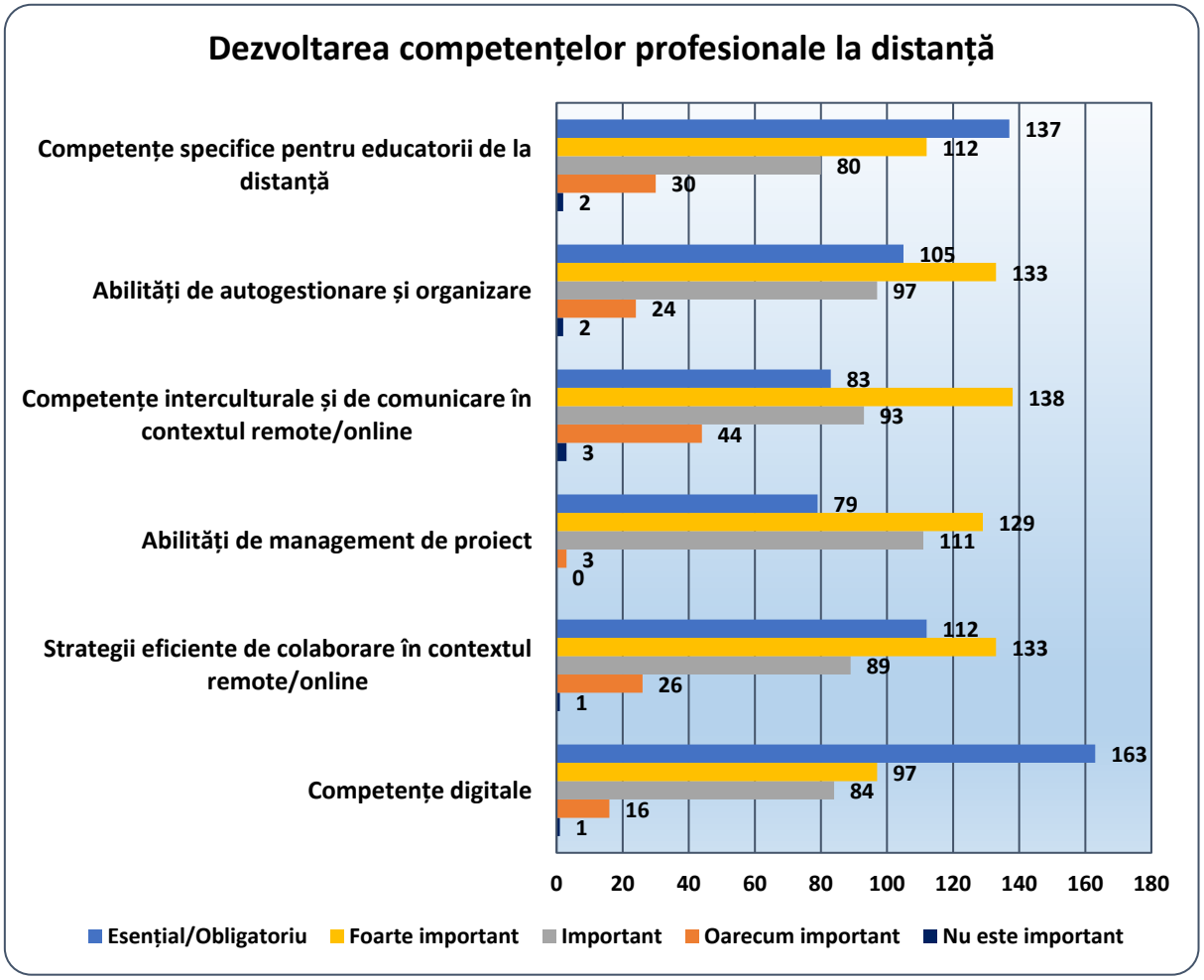


Figura A. 11 Graficul dezvoltării competențelor remote

BUPT

Pentru întrebarea nr. 8: Vă rugăm să indicați/sugerați ce alte subiecte sunt necesare pentru dezvoltarea profesională în domeniul educației la distanță și al muncii la distanță, rezultatele arată că din totalul de 361 de răspunsuri, 139 nu au oferit sugestii. Pentru restul răspunsurilor analiza calitativă este prezentată, în secțiunea 4.2.3.3., fiind una dintre întrebările deschise ale chestionarului.

Pentru partea a treia a chestionarului, cu privire la **Informații privind perspectivele implementării educației STEM în România:**

Pentru **întrebarea nr. 9:** *Vă rugăm să specificați dacă în anul școlar 2023-2024 predați cursuri în cadrul programului de ore opționale integrate de STEM. În cazul în care răspunsul dumnevoastră este **Nu**, vă rugăm să treceți la **secțiunea 13**, iar în cazul în care răspunsul dumneavoastră este **Da,** vă rugăm să completați în continuare, de la secțiunile **9 până la 12.***

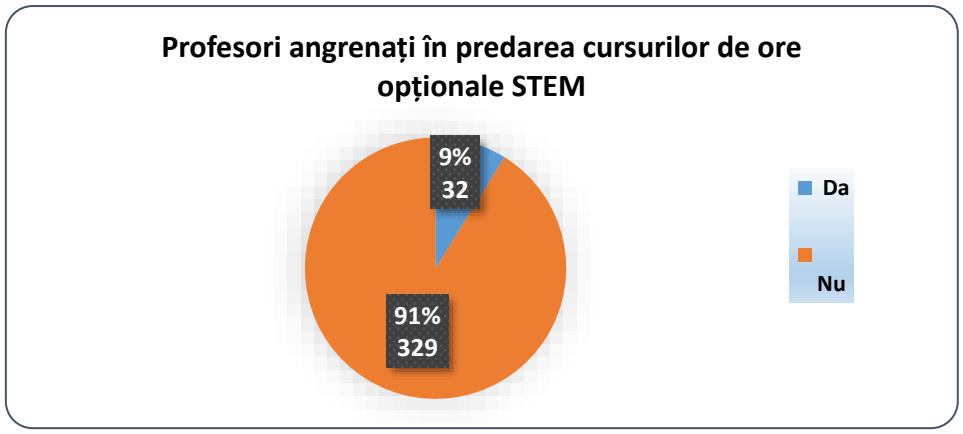


Figura A. 12 Graficul profesorilor angrenați în predarea cursurilor de ore opționale

Pentru **întrebarea nr. 10**: *Vă rugăm să specificați, din lista următoare, disciplinele de ore opționale de tip integrat STEM, incluse în oferta națională, pentru segmentul curriculumului la decizia şcolii (CDŞ), pe care le predați în anul școlar 2023-2024:*

Tabelul A. 16 Discipline opționale STEM

Nr.crt.	Disciplinele de ore opționale de tip integrat STEM	Răspunsuri
1	Start în aventura cunoașterii Universului	7
2	Români care au marcat cultura și civilizația lumii	10
	Sisteme de scriere și codificare	7
3	Sisteme de numerație	9
4	Matematică în natură și arte	22
5	Robotica și viața	16
6	EduGaming	11
7	Cultură digitală	11
8	Știința și tehnologia mă ajută. Studiez, aplic, creez!	25

BUPT

9	Robotică	1
10	Caligrafie	1
11	Sportul în viața mea	1
12	Educație pentru sănătate	1
13	O lume magică	1
14	Nu predau opționale/Nu e cazul	11
15	Altele (nespecificat)	5

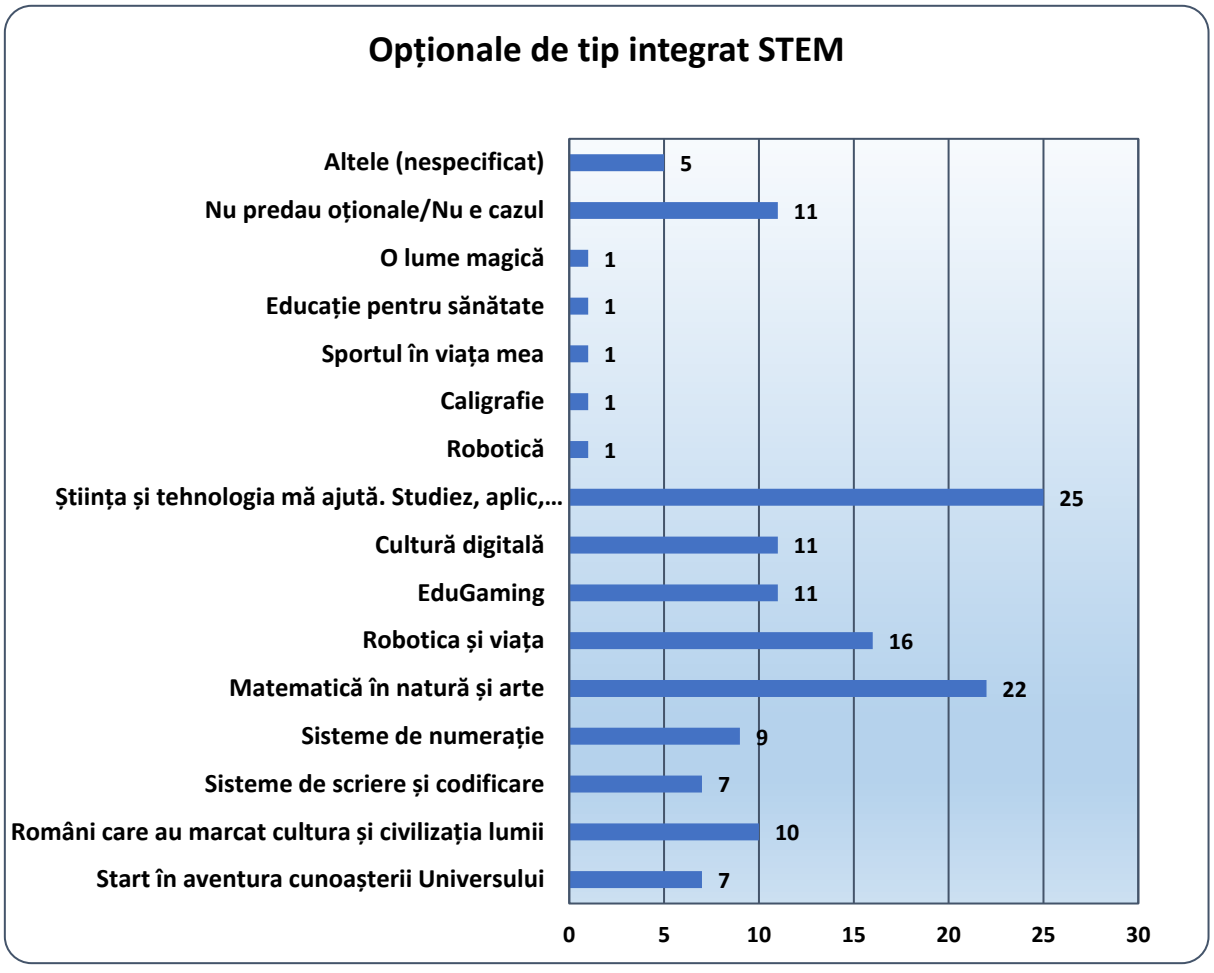


Figura A. 13 Graficul disciplinelor opționale STEM

Pentru **întrebarea nr. 11:** *Vă rugăm să precizați cărui nivel de învățământ se adresează opționalul predat de dumneavoastră:*

BUPT

Tabelul A. 17 Nivel de învățământ opționale STEM

Nr.crt.	Nivelul de învățământ al opționalului	Răspunsuri
1	Învățământ primar	16
2	Învățământ gimnazial	29
3	Învățământ liceal	22
4	Învățământ profesional	19

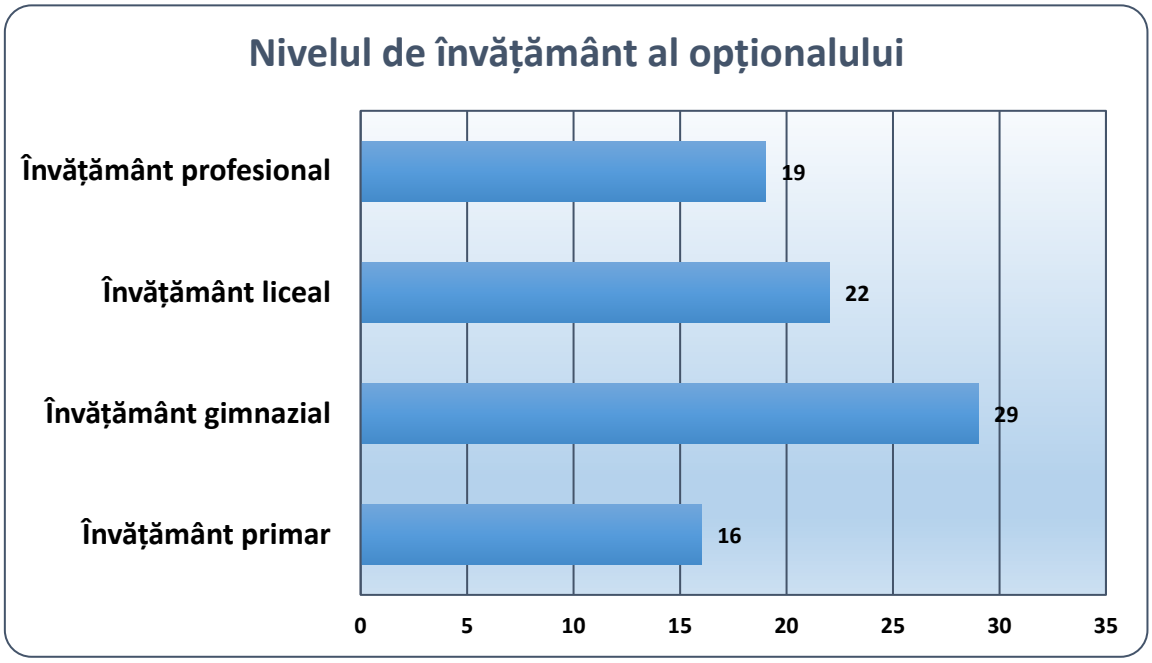


Figura A. 14 Graficul nivelului de învățământ al opționalului STEM

Pentru **întrebarea nr. 12:** *Numărul de elevi prezenți la orele opționale poate furniza informații relevante despre nivelul lor de interes și implicare în domeniul STEM. Vă rugăm să indicați câți elevi au participat la orele opționale de tip integrat STEM:*

Tabelul A. 18 Elevi participanți la ore opționale STEM

Nr.crt.	Numărul de elevi participanți la ore opționale	Răspunsuri
1	Până în 25 de elevi	50
2	Între 25 și 50 de elevi	15
3	Între 50 și 75 de elevi	4
4	Mai mult de 75 de elevi	1

BUPT

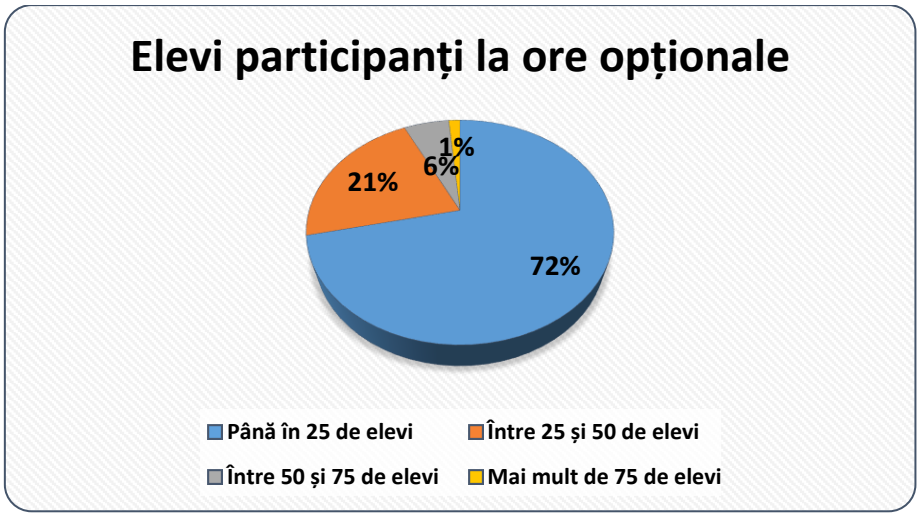


Figura A. 15 Graficul elevilor participanți la ore opționale STEM

Pentru **întrebarea nr. 13:** *Pe o scară de la 1 la 4 (unde 1 = nu este important, iar 4 = foarte important), vă rugăm să specificați cât de importantă considerați că este educația STEM pentru dezvoltarea competențelor necesare secolului 21?*

Tabelul A. 19 Importanța educației STEM

Nr. crt.	Gradul de importanță	Răspunsuri
1	Nu este importantă	8
2	Oarecum importantă	25
3	Importantă	140
4	Foarte importantă	188

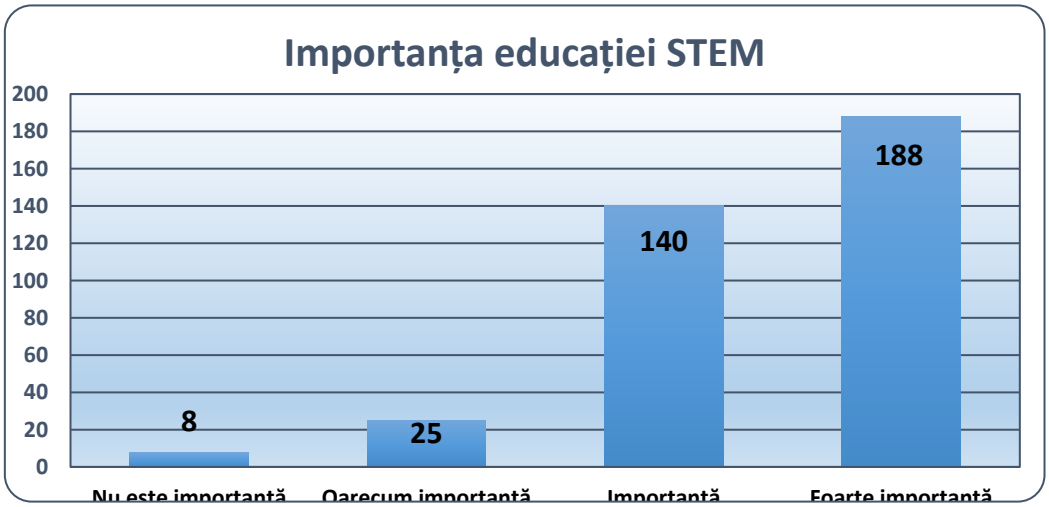


Figura A. 16 Graficul importanței educației STEM

BUPT

Pentru **întrebările finale (14 și 15) privind informații despre vârsta și genul participanților:**

Tabelul A. 20 Vârsta participanților

Nr.crt.	Informații privind vârsta participanților	Răspunsuri
1	< 25 ani	57
2	25-35 ani	24
3	35-45 ani	76
4	45-55 ani	122
5	55-65 ani	77
6	> 65 ani	5

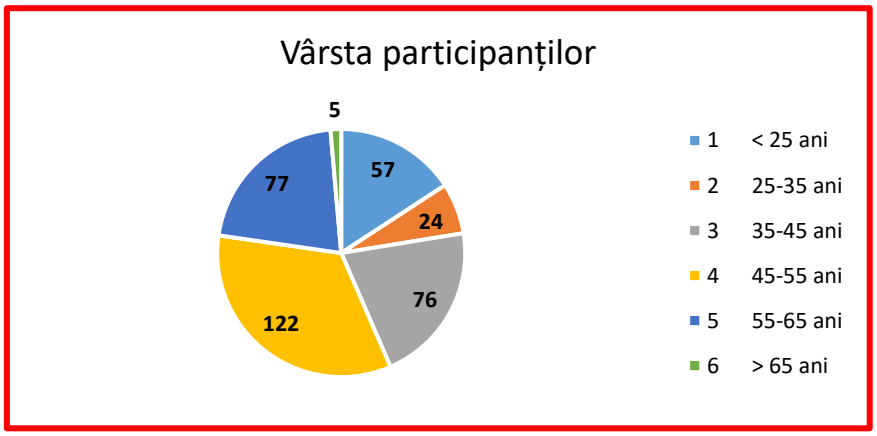
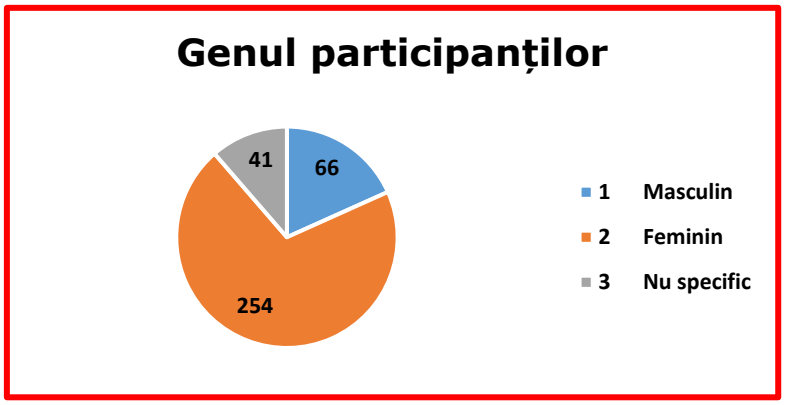


Figura A. 17 Graficul privind vârsta participanților

Tabelul A. 21 Genul participanților

Nr.crt.	Genul participanților	Răspunsuri
1	Masculin	66
2	Feminin	254
3	Nu specific	41



BUPT

Figura A. 18 Graficul privind genul participanților

BUPT

8.10. Anexa 10 - Fișă de lucru (secțiunea 3.4.4.2)

Dacă următoarele litere ale alfabetului sunt reprezentate ca:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

(If alphabet is represented as:)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

Dacă *(If)*:

M-U-N-C-A-G-R-E-A
13+20+14+3+1+7+18+5+1 =

H-A-R-D-W-O-R-K
8+1+17+4+22+15+17+11 =

Și *(And)*:

S-T-I-I-N-T-A
18+19+9+9+14+19+1 =

K-N-O-W-L-E-D-G-E
11+14+15+22+12+5+4+7+5 =

Dar *(But)*:

A-T-I-T-U-D-I-N-E
1+19+9+10+20+4+9+14+5 =

A-T-T-I-T-U-D-E
1+19+19+9+19+20+4+5 =

1. Calculați rezultatele pentru cuvintele din limba română și apoi pentru cuvintele din limba engleză.
2. Ce deosebire observați pentru alfabetul limbii române față de cel al limbii engleze?
3. Comparați rezultatele și încercați să le explicați.

BUPT

8.11. Anexa 11 - Studiu de caz. Alegerea unei platforme digitale pentru posibila integrare a educației STEM în procesul de învățământ

Consiliul de Administrație al unui liceu tehnologic din Regiunea de Vest a României propune Consiliului Profesoral lansarea un experiment pilot cu scopul de a îmbunătăți motivația elevilor în ceea ce privește studiul, concentrându-se în special pe obiectivul de a crește nivelul de participare și rata de promovabilitate la examenul de bacalaureat. Pentru a atinge acest obiectiv, s-a decis să se aleagă o platformă digitală, astfel încât procesul de predare, învățare și evaluare să devină mai dinamic. În concluzie, au fost selectate două opțiuni, iar pentru a efectua o evaluare obiectivă a acestora, s-a ales să se utilizeze metoda ELECTRE. Pentru a alege dintre Platforma A și Platforma B se iau în considerare trei criterii importante și anume: 1. Conținutul educational; 2. Interactivitatea și 3. Suportul tehnic al respectivelor platforme digitale.

Pașii pentru a îndeplini această evaluare sunt:

Pasul 1. Pentru a putea demara această evaluare este necesară definirea fiecărui criteriu și atribuirea de ponderi, care să reflecte importanța lor relativă în procesul de luare a deciziei. Se ajunge la următoarele valori:

Pentru conținutul educational: ponderare de 40%, pentru a evalua calitatea și diversitatea materialelor educaționale oferite de fiecare platformă.

Pentru interactivitate: ponderare de 30%, pentru a evalua gradul de interactivitate al platformelor, care includ simulări, experimente virtuale și module interactive.

Pentru suportul tehnic: ponderare de 30%, pentru a evalua nivelul de suport tehnic oferit de fiecare platformă, inclusiv asistență pentru profesori și întreținere tehnică.

Pasul 2. Pentru evaluarea opțiunilor, adică opțiunea pentru Platforma A și opțiunea pentru Platforma B, se atribuie scoruri de la 1 la 5, unde 1 reprezintă performanța slabă și 5 reprezintă performanța excelentă.

Nr.crt.	Criteriu	Platforma A	Platforma B
1	Conținut educațional	4	5
2	Interactivitate	3	4
3	Suport ethnic	4	3

Pasul 3. Pentru a se calcula matricea concordantelor, se compara fiecare pereche de opțiuni în funcție de fiecare criteriu, iar dacă o opțiune este mai bună decât cealaltă pentru un anumit criteriu, se atribuie 1, dacă sunt aproximativ egale, se atribuie 0.5, iar dacă prima opțiune este mai slabă, se atribuie 0.

Matricea concordantelor, este următoarea:

	Platforma A	Platforma B
Platforma A	1	0.5
Platforma B	0	1

BUPT

Pasul 4. Calcularea matricei discordantelor. Această matrice a discordantelor reflectă nivelul de dezacord între opțiuni în ceea ce privește fiecare criteriu.

Matricea discordantelor, este următoarea:

	Platforma A	Platforma B
Platforma A	0	0.5
Platforma B	0.33	0

Pasul 5: Folosind calculele matricele de mai sus, ale concordantelor și discordantelor, se pot afla scorurile de concordanță și discordanță pentru fiecare opțiune.

Scor de concordantă pentru Platforma A: 0.50 + 1 = 1.50
Scor de concordantă pentru Platforma B: 0 + 0.33 = 0.33
Scor de discordantă pentru Platforma A: 0 + 0.50 = 0.50
Scor de discordantă pentru Platforma B: 0.33 + 0 = 0.33

Pasul 6: Indicele de performanță pentru fiecare opțiune se calculează sub forma raportului dintre scorul de concordantă și suma scorului de concordantă și discordantă.

Indicele de performanță pentru Platforma A: 1.50 / (1.50 + 0.50) = 0.75
Indicele de performanță pentru Platforma B: 0.33 / (0.33 + 0.33) = 0.50

Acesta este un exemplu simplificat, prin care metoda ELECTRE indică următoarele: Platforma A are un indice de performanță mai mare decât Platforma B (0.75 > 0.5), ceea ce sugerează că Platforma A este preferată pentru integrarea educației STEM în baza criteriilor și ponderilor date.

Aceasta este o demonstrație conceptuală sugestivă, iar în practică, în evaluarea și compararea opțiunilor se pot implica mai multe criterii și o analiză mai detaliată, funcție de obiectivul urmărit.

8.12. Anexa 12 - Studiu de caz. Alegerea celui mai potrivit proiect de cercetare pentru un grup de elevi

Pentru a motiva elevii în cadrul activităților extracurriculare, o echipă de formatori din cadrul Casei Corpului Didactic a județului Caraș-Severin alege un model simplificat pentru utilizarea metodei ELECTRE în contextul educației, într-un scenariu în care s-a solicitat alegerea cel mai potrivit proiect de cercetare pentru un grup de elevi.

Pentru cele trei propuneri de proiecte de cercetare acceptate criteriile de evaluare și ponderile acestora sunt următoarele:

1. Originalitatea proiectului (pondere: 40%)
2. Fezabilitatea proiectului (pondere: 30%)
3. Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice (pondere: 20%)
4. Implicarea practică a elevilor în proiect (pondere: 10%)

Pentru a aplica metoda ELECTRE, fiecare proiect este evaluat în funcție de fiecare criteriu pe o scară de la 1 la 10, unde 1 reprezintă cea mai slabă performanță, iar 10 reprezintă cea mai bună performanță.

BUPT

În funcție de criterii, evaluările pentru fiecare proiect sunt:

Proiect 1:
- Originalitatea proiectului: 8
- Fezabilitatea proiectului: 7
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 6
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 9

Proiect 2:
- Originalitatea proiectului: 9
- Fezabilitatea proiectului: 9
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 7
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 6

Proiect 3:
- Originalitatea proiectului: 7
- Fezabilitatea proiectului: 8
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 8
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 8

În continuare, se aplică metoda ELECTRE pentru a stabili rangul fiecărui proiect în funcție de importanța și ponderile criteriilor. Nivelul minim de concordantă este 6 și nivelul maxim de discordie este 3. Aplicând metoda ELECTRE, rezultatele sunt:

Proiect 1:
Concordanta:
- Originalitatea proiectului: 1
- Fezabilitatea proiectului: 1
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 1
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 1

Discordanta:
- Originalitatea proiectului: 0
- Fezabilitatea proiectului: 0
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 0
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 0

Proiect 2:
Concordanta:
- Originalitatea proiectului: 1
- Fezabilitatea proiectului: 1
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 1
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 0

Discordanta:
- Originalitatea proiectului: 0
- Fezabilitatea proiectului: 0
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 1
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 1

Proiect 3:
Concordanta:

BUPT

- Originalitatea proiectului: 1
- Fezabilitatea proiectului: 1
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 0
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 0

Discordanta:
- Originalitatea proiectului: 0
- Fezabilitatea proiectului: 0
- Contribuția la dezvoltarea cunoștințelor științifice: 1
- Implicarea practică a elevilor în proiect: 1

În final, evaluarea proiectelor și aplicarea metodei ELECTRE poate continua cu etapa de agregare a concordanței și discordiei, iar proiectul cu cea mai mare concordanță și cea mai mică discordanță poate fi considerat cel mai potrivit pentru grupul de elevi, luând în considerare criteriile și ponderile stabilite anterior. Metoda ELECTRE oferă un cadru structurat și obiectiv pentru luarea deciziilor, luând în considerare multiple criterii și prioritizând opțiunile în funcție de obiectivele stabilite.

Pentru a aplica metoda ELECTRE în acest caz, se calculează indicele de concordantă și discordie pentru fiecare criteriu și pentru fiecare proiect. După aceea, se poate determina rangul fiecărui proiect. Calculul este următorul:

Pentru proiectul 1:
- Indice de concordanță (C1): (8/9) x 100 = 88.89
- Indice de concordanță (C2): (7/9) x 100 = 77.78
- Indice de concordanță (C3): (6/9) x 100 = 66.67
- Indice de concordanță (C4): (9/9) x 100 = 100

Pentru proiectul 2:
- Indice de concordanță (C1): (9/9) x 100 = 100
- Indice de concordanță (C2): (9/9) x 100 = 100
- Indice de concordanță (C3): (7/9) x 100 = 77.78
- Indice de concordanță (C4): (6/9) x 100 = 66.67

Pentru proiectul 3:
- Indice de concordanță (C1): (7/9) x 100 = 77.78
- Indice de concordanță (C2): (8/9) x 100 = 88.89
- Indice de concordanță (C3): (8/9) x 100 = 88.89
- Indice de concordanță (C4): (8/9) x 100 = 88.89

Apoi, pentru a calcula indicele de discordie, se folosesc nivelul minim de concordantă (CMIN) și nivelul maxim de discordie (DMIN), care sunt 6 și 3 în acest caz.

- Indice de discordie (D1):
min((88.89-66.67)/(88.89-66.67), (100-77.78)/(100-77.78), (100-100)/(100-100), (100-100)/(100-100)) = 0
- Indice de discordie (D2):
min((100-77.78)/(100-77.78), (100-66.67)/(100-66.67), (77.78-100)/(77.78-100), (66.67-100)/(66.67-100)) = 0.4
- Indice de discordie (D3):
min((77.78-88.89)/(77.78-88.89), (88.89-88.89)/(88.89-88.89),

BUPT

(88.89-88.89)/(88.89-88.89), (88.89-88.89)/(88.89-88.89)) = 0

Urmează calculele pentru indicele de preferință global (PG) pentru fiecare proiect. Acesta este suma indicilor de concordanță minus suma indicilor de discordie:

- PG1 = (88.89 + 77.78 + 66.67 + 100) - (0 + 0 + 0 + 0) = 333.34
- PG2 = (100 + 100 + 77.78 + 66.67) - (0.4 + 0 + 0 + 0.4) = 343.54
- **PG3 =** (77.78 + 88.89 + 88.89 + 88.89) - (0 + 0 + 0 + 0) **= 344.45**

Proiectul 3 are cel mai mare indice de preferință global, deci este considerat cea mai bună opțiune în conformitate cu criteriile și ponderile date. Proiectul 2 urmează pe locul doi, iar proiectul 1 este cel din urmă în ordinea preferințelor.

BUPT