

# **CONTRIBUȚII PRIVIND INTEGRAREA CUNOAȘTERII MEDICALE UTILIZÂND STANDARDUL TOPIC MAPS**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea *Politehnica* Timișoara  
în domeniul  
CALCULATOARE ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI  
de către

**Ing. Daniel Dragu**

Conducător științific: prof.univ.dr.ing Vasile Stoicu-Tivadar  
Referenți științifici: prof.univ.dr.ing. Rodica Potolea  
prof.univ.dr.fiz. Gheorghe-Ioan Mihalăș  
prof.univ.dr.ing. Ionel Jian

Ziua susținerii tezei: 07.02.2014

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Automatică                               | 9. Inginerie Mecanică                      |
| 2. Chimie                                   | 10. Știința Calculatoarelor                |
| 3. Energetică                               | 11. Știința și Ingineria Materialelor      |
| 4. Ingineria Chimică                        | 12. Ingineria sistemelor                   |
| 5. Inginerie Civilă                         | 13. Inginerie energetică                   |
| 6. Inginerie Electrică                      | 14. Calculatoare și Tehnologia Informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor                 |
| 8. Inginerie Industrială                    | 16. Inginerie și Management                |

Universitatea *Politehnica* Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul Școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2014

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității *Politehnica* Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
Tel./fax 0256 403823  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Automatică și Informatică Aplicată al Universității *Politehnica* Timișoara.

Mulțumiri deosebite se cuvin conducătorului de doctorat, prof. dr. ing. Vasile Stoicu-Tivadar, pentru încrederea, îngăduința și sprijinul pe care mi le-a oferit în cei trei ani de cercetare, călăuzindu-mă cu profesionalism pe drumul perfecționării într-un domeniu atât de vast și complex.

Recunoștința și considerația mea se adresează, de asemenea, prof. dr. ing. Lăcrămioara Stoicu-Tivadar, prof. dr. ing. Ștefan Holban, prof. dr. ing. Ioan Filip din cadrul Universității *Politehnica* Timișoara, prof. dr. ing. Diana Lungeanu din cadrul Universității de Medicină și Farmacie "Victor Babeș" din Timișoara, prof. dr. ing. Valentina Bălaș din cadrul Universității "Aurel Vlaicu" din Arad, ale căror puncte de vedere și recomandări au adus un plus de valoare acestei lucrări.

Doresc să mulțumesc colegilor din cadrul departamentului: ș. I. dr. ing. Dorin Berian, ing. Vasile Topac, as. dr. ing. Mihaela Vida, as. dr. ing. Norbert Gal, dr. ing. Valentin Gomoj, drd. ing. Oana Chirilă, pentru schimbul lucrativ de cunoștințe și idei care s-a concretizat în diverse articole și aplicații interesante.

Îmi exprim gratitudinea și aprecierea față de Elena și Nicolae-Adrian Coman, cei fără de care acest demers poate nu ar fi existat. De asemenea, mulțumesc părinților mei care mi-au cultivat dorința și plăcerea de a studia.

Un rol esențial în elaborarea lucrării l-au avut soția și copiii mei, din partea cărora am primit suport moral, echilibru, dragoste, înțelegere și un răgaz de trei ani pentru a-mi împlini un deziderat; le mulțumesc!

"This work was partially supported by the strategic grant POSDRU 107/1.5/S/77265, inside POSDRU Romania 2007-2013 co-financed by the European Social Fund – Investing in People."

Timișoara, februarie 2014

Ing. Daniel Dragu

Copiilor mei, Adela și Bogdan.

Dragu, Daniel

**CONTRIBUȚII PRIVIND INTEGRAREA CUNOAȘTERII  
MEDICALE CU AJUTORUL TOPIC MAPS**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 14, Nr. 19, Editura Politehnica,  
2014, 168 pagini, 84 figuri, 13 tabele.

ISSN: 2069-8216

ISSN-L: 2069-8216

ISBN: 978-606-554-776-6

Cuvinte cheie:

tehnologii semantice, Topic Maps, reprezentarea cunoașterii,  
integrarea cunoașterii medicale, baze de date, baze de  
cunoaștere, interfețe utilizator

Rezumat,

Integrarea cunoașterii digitale comportă o complexitate ridicată,  
având drept cauze principale varietatea formelor de reprezentare  
și a schemelor structurale potențial participante la acest proces.  
Bazele de date tradiționale prezintă, adesea, o semantica inutilă,  
astfel încât federalizarea informației poate fi realizată doar cu  
implicarea omului. Atingerea unui nivel sporit de independență  
funcțională la nivelul proceselor de integrare poate conduce la  
creșterea gradului de automatizare, reducerea timpului de  
execuție și a costurilor cu privire la factorul resursă umană  
specializată. Teza tratează aspecte privind integrarea semantică a  
datelor cu caracter clinic și abordează interfețele utilizator din  
perspectiva pacientului, fiind concepută în jurul unor aplicații care  
implementează soluții originale.

## CUPRINS

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME.....	7
LISTA DE TABELE .....	9
LISTA DE FIGURI .....	10
1. INTRODUCERE .....	13
1.1. Aspecte cu caracter general .....	13
1.2. Sisteme informatice în slujba ocrotirii sănătății .....	18
1.2.1. Sănătatea și influența sa asupra calității vieții.....	18
1.2.2. IT&C în medicină .....	19
2. REPREZENTAREA CUNOAȘTERII MEDICALE.....	22
2.1. Introducere.....	22
2.2. Date, informație, cunoaștere .....	22
2.3. Reprezentarea cunoașterii – abstractizare și conceptualizare .....	26
2.3.1. Modele de date – generalități și concepte relaționate.....	27
2.3.2. Modele de date pentru reprezentarea cunoașterii .....	33
2.4. Modele de reprezentare și interschimb de date în sănătate.....	47
2.4.1. Soluții existente.....	48
2.4.2. Ontologii medicale .....	52
2.5. Utilizarea cunoașterii medicale în sisteme clinice de decizie (CDS).....	53
2.6. Concluzii .....	54
3. CERCETĂRI PRIVIND OPORTUNITĂȚILE DE UTILIZARE A TM ÎN DOMENIUL INFORMATICII MEDICALE .....	56
3.1. Standardul ISO/IEC13250 – Topic Maps.....	56
3.2. Sintaxe de reprezentare.....	59
3.3. Aplicații bazate pe Topic Maps .....	62
3.4. Reprezentarea cunoștințelor cu ajutorul TM.....	62
3.5. Unelte TM pentru dezvoltarea aplicațiilor.....	64
3.6. TM și tehnologii similare – studiu comparativ.....	65
3.6.1. <i>TM</i> vs. <i>RDF</i> .....	65
3.6.2. <i>TM</i> vs. <i>Concept Maps</i> .....	67
3.6.3. Concluzie .....	68
4. INTEGRAREA DATELOR MEDICALE CU AJUTORUL TM .....	69
4.1. Integrarea datelor.....	69
4.1.1. Arhitectura sistemelor de integrare a datelor.....	70
4.1.2. Modele de integrare a datelor .....	72
4.2. Considerații privind soluțiile adoptate .....	73
4.2.1. Considerații de ordin matematic privind dezvoltarea aplicațiilor bazate pe <i>TM</i> 73	
4.3. Contribuții privind crearea ontologiilor TM prin extinderea LTM .....	75
5. APLICAȚII BAZATE PE <i>TM</i> PENTRU DOMENIUL MEDICAL .....	78
5.1. Contribuții privind îmbunătățirea rezultatelor sistemelor CDS .....	78
5.1.1. Sistemele CDS și nevoia de integrare a cunoașterii .....	78
5.1.2. <i>Virtual Medical Record (vMR)</i> –soluție cvasicompletă .....	80
5.1.3. <i>TM</i> – soluția completă.....	81
5.1.4. Integrarea datelor prin modelarea interfeței dintre modele.....	82
5.1.5. Procesul de implementare .....	82

5.1.6.	Utilitate .....	85
5.1.7.	Detalii de execuție privind validarea modelului de conversie .....	87
5.1.8.	Utilizarea și evaluarea <i>TM-vMR</i> .....	90
5.1.9.	Concluzii .....	93
5.2.	MeDaFIn – aplicație Web bazată pe TM pentru federalizarea și integrarea datelor cu caracter medical .....	93
5.2.1.	Scurtă prezentare .....	93
5.2.2.	Ipoteze de lucru.....	94
5.2.3.	Obiective .....	94
5.2.4.	Potențiali participanți.....	95
5.2.5.	Potențiali utilizatori ai datelor .....	95
5.2.6.	Structura aplicației.....	95
5.2.7.	Abordări similare și elemente inovative.....	95
5.2.8.	Detalierea sistemului .....	96
5.3.	MedMaps – aplicație de poziționare globală a informațiilor integrate .....	102
5.3.1.	Motivație.....	102
5.3.2.	Obiective .....	103
5.3.3.	Unelte .....	104
5.3.4.	Metode .....	104
5.3.5.	Realizarea formei integrate a subiectului căutat .....	106
5.3.6.	Utilizarea informațiilor pentru localizarea geografică – metode și algoritmi 107	
5.3.7.	Interfața grafică cu utilizatorul.....	108
5.3.8.	Exemplu de utilizare.....	110
5.3.9.	Concluzii .....	114
5.4.	Contribuții privind interfețele destinate pacienților.....	115
5.4.1.	Perspectivă de ansamblu .....	115
5.4.2.	Studiu privind interfețele Web pentru pacienți .....	116
5.4.3.	Detalii cu privire la efectuarea studiului .....	120
5.4.4.	Concluzii .....	126
5.4.5.	Considerații privind amprenta specialistului în ingineria cunoașterii asupra ontologiilor <i>TM</i> .....	128
5.4.6.	Concluzii .....	132
6.	CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI CONCLUZII .....	134
6.1.	Contribuții originale.....	134
6.2.	Concluzii .....	135
	Anexe.....	137
	Bibliografie.....	144

## NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

APAMI	Asia Pacific Association for Medical Informatics
ASP.NET	Platformă de dezvoltare a aplicațiilor web
AsTm	Notăție compactă pentru TM
C#	Limbaj de programare
CDS	Clinical Decision Support Systems
CM	Concept Maps
CMS	sisteme de management al conținutului
CORDIS	Community Research and Development Information Service
CPT	Current Procedural Terminology
CTM	ISO/IEC 13250-6, Information technology — Topic Maps — Part 6: Compact Syntax
DAML	DARPA Agent Markup Language
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DIK	Data – Information – Knowledge
DIKW	Data – Information – Knowledge - Wisdom
EFMI	European Federation for Medical Informatics
EHR	Electronic Health Records
E.K.G.	electrocardiograma
GUI	Graphical User Interface
HCI	Human-computer interaction
HL7	Health Level 7
HL7 CDA	Health Level Seven Clinical Document Architecture
HL7 CCD	Health Level Seven Continuity of Care Document
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICD9	9th revision of the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
ICD10	10th revision of the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
ICT	Information Technology and Communications
IHTSDO	International Health Terminology Standards Development Organisation
IM	Informatica medicală
IMIA	International Medical Informatics Association
IT	Information Technology
IT&C	Information Technology and Communications
KR	Knowledge Representation
LOD	Linked Open Data
LOINC	Logical Observation Identifiers Names and Codes
LTM	Notăția Linear Topic Maps
LTM <sub>e</sub>	Notăția Linear Topic Maps - extended
MaJorToM	Merging Topic Maps Engine – motor de TM
MeDaFIn	Medical Data Federation Infrastructure – aplicație dezvoltată în cadrul lucrării
MedMaps	Aplicație dezvoltată în cadrul lucrării
MedDRA	The Medical Dictionary for Regulatory Activities Terminology
MeSH	Medical Subject Headings
MLM	Modul logic medical
mmol/l	milimol/litru

MS SQL	Microsoft SQL Server
MySQL	Sistem open-source de management al bazelor de date relaționale
N3	Model de notație pentru RDF
NaCl	Clorură de sodiu
NEB	Nefropatia endemică balcanică
NLM	National Library of Medicine
NLP	Natural Language Processing
NuGet	program de gestionare a pachetelor pentru platforma de dezvoltare Microsoft
OIL	Ontology Inference Layer sau Ontology Interchange Language
ORM	Object Role Modeling
OWL	Web Ontology Language
PHP	Php: Hypertext Preprocessor – limbaj de programare
PFD	Primary Flight Display
PSI	Published Subject Identifier/Published Subject Indicators
PVD	Para-Visual Display
RDF	Resource Description Framework
RxNorm	Terminologie medicală NLM
SHs	Subject Headings
SNOMED CT	Systematized Nomenclature Of Medicine Clinical Terms
SPARQL	Limbaj de interogare pentru RDF
SQL	Structured Query Language
SW	Semantic Web
TM	Topic Maps
tm	Topic map – instanță a standardului ISO/IEC13250 – Topic Maps
TM2JDBC	Motor de TM cu stocarea datelor în baze de date relaționale
TMCL	ISO/IEC 19756:2011
TMDM	ISO/IEC 13250-2, Information technology — Topic Maps — Part 2: Data Model
TMRM	Topic Maps Reference Model
TM-vMR	Ontologie TM bazată pe vocabularul vMR
UML	Unified Modeling Language
UMLS	Unified Medical Language System
UPU	Unitate de Primiri Urgențe
URI	Uniform Resource Identifier
vMR	Virtual Medical Record
vMR DAM	Virtual Medical Record Domain Analysis Model
XML	Extensible Markup Language
XML/RDF	Model abstract în gramatică XML pentru RDF
XML/TM	Model abstract în gramatică XML pentru TM (idem cu XTM)
XTM	Model abstract în gramatică XML pentru TM (idem cu XML/TM)
W3C	World Wide Web Consortium
WAMP	WampServer – mediu de programare web pentru Windows
WHO	World Health Organization
WHO-FIC	World Health Organization Family of International Classifications
.CSV	Extensie pentru fișiere în sintaxă comma-separated values
.NET	.NET Framework – Platformă de dezvoltare software de la Microsoft
.xls(x)	Extensie pentru fișierele Microsoft Office Excel



## LISTA DE TABELE

Tabelul 2. 1. Entități informaționale – clasificare și caracteristici .....	23
Tabelul 2. 2. Reguli pentru interpretarea valorilor glicemiei .....	25
Tabelul 2. 3. Date structurate.....	25
Tabelul 2. 4. Dublin Core – un vocabular destinat exprimării metadatelor .....	30
Tabelul 2. 5. Metadatele lucrării exprimate cu ajutorul.....	32
Tabelul 2. 6 Niveluri de interoperabilitate.....	32
Tabelul 3. 1. Comparație TM-RDF.....	67
Tabelul 5. 1. Tipuri de topicuri și instanțe.....	82
Tabelul 5. 2. Perspectivele asocierii “asoc-p-c” .....	98
Tabelul 5. 3. Vocabular și sintaxă pentru căutare particularizată .....	112
Tabelul 5. 4. Experiența profesională și starea de sănătate a piloților .....	119
Tabelul 5. 5. Referințele piloților .....	119
Tabelul A2. 1. Evaluarea elementelor de interfață .....	139

## LISTA DE FIGURI

Fig. 1. 1. Statistica utilizatorilor de Internet la nivel mondial în anul 2012 .....	20
Fig. 2. 1. a. Diagrama DIK .....	24
Fig. 2. 2. Piramida informațională .....	24
Fig. 2. 3. a) Abstractizare la vârsta de 4 ani .....	27
Fig. 2. 4. Modelarea metadatelor .....	29
Fig. 2. 5. Modele de structurare a metadatelor .....	30
Fig. 2. 6. Exemplu de taxonomie.....	34
Fig. 2. 7. Visual Thesaurus – o soluție pentru vizualizarea conceptelor.....	35
Fig. 2. 8. MeSH – un tezaur cu termeni medicali .....	35
Fig. 2. 9. Ontologia conceptului "Eveniment" .....	37
Fig. 2. 10. Exemplu de ontologie OWL - clasa "Profesor" .....	38
Fig. 2. 11. Fragment din Ontologia DBpedia .....	40
Fig. 2. 12. Convenție de notare pentru reprez. grafică a ontologiilor .....	41
Fig. 2. 13. Stiva SW .....	43
Fig. 2. 14. Comparatie XML – RDF.....	44
Fig. 2. 15. Web3.0 extinde aplicațiile Web 2.0 .....	46
Fig. 2. 16. Exemplu de identificare și agregare a resurselor informaționale cu ajutorul URI .....	47
Fig. 2. 17. Reprezentarea schematică a WHO-FIC .....	49
Fig. 2. 18. Secțiunile unui MLM .....	50
Fig. 2. 19. Structura unui document CDA .....	51
Fig. 2. 20. Ontologie pentru anatomia comună .....	52
Fig. 2. 21. Reprezentarea cunoașterii și disciplinele relaționate. ....	54
Fig. 3. 1. Topicul – simbolul TM pentru reprezentarea formală a unui subiect.....	56
Fig. 3. 2. Ierarhia claselor TM .....	57
Fig. 3. 3. Construcții TM în sintaxă XTM .....	59
Fig. 3. 4. Analogie între mintea umană și <i>Topic Maps</i> .....	62
Fig. 3. 5. a) Clasificarea constrângerilor .....	63
Fig. 3. 6. Ontopia – suită completă de unelte .....	64
Fig. 3. 7. Topic Maps, RDF și alte modele de date .....	66
Fig. 3. 8. Modelarea unei asocieri în TM .....	68
Fig. 4. 1. Arhitectura unui sistem de integrare a datelor.....	69
Fig. 4. 2. Integrarea datelor .....	71
Fig. 4. 3. Niveluri de integrare, după .....	72
Fig. 4. 4. Constrângeri de date și de cardinalitate impuse unui tip de ocurențe .....	76
Fig. 5. 1. TM asigură integrarea datelor pentru CDS .....	79
Fig. 5. 2. Ierarhia pachetelor modelului de date vMR .....	80
Fig. 5. 3. Ontologia Topic Maps a NDLSH .....	81
Fig. 5. 4. Interfața TM-vMR asigură integrarea datelor cu caracter medical.....	83
Fig. 5. 5. Schema TM pentru TM-vMR .....	84
Fig. 5. 6. Schema TM - constrângeri de tip "topic-role" .....	85
Fig. 5. 7. Prezentare "centrată pe subiect" în TM-vMR.....	86
Fig. 5. 8. Utilizarea modelului de date TM-vMR .....	87
Fig. 5. 9. Schema de implementare a modelului TM-vMR .....	88
Fig. 5. 10. Interfața de programare .....	89
Fig. 5. 11. Configurarea fișierelor XML de ieșire .....	89
Fig. 5. 12. Interfața cu utilizatorul.....	90

Fig. 5. 13. Regulă de indentificare într-un șablon destinat stabilirii corelației .....	91
Fig. 5. 14. Generarea automată a protocoalelor medicale.....	92
Fig. 5. 15. Integrarea semantică a datelor cu caracter medical cu MeDaFIn .....	96
Fig. 5. 16. Vizualizarea aserțiunilor în format LTM .....	97
Fig. 5. 17. Modelarea perspectivelor unei asocieri .....	98
Fig. 5. 18. Editarea unui tip de asocieri utilizând editorul text (sintaxă <i>LTMe</i> ) .....	99
Fig. 5. 19. Exemplu de metodă de interogare a bazei de date.....	101
Fig. 5. 20. Incidența NEB în România .....	102
Fig. 5. 21. Dinamica afecțiunilor cronice ale rinichilor la centrele de dializă din Drobeta Turnu Severin în perioada 1990-2009 .....	103
Fig. 5. 22. MedMaps consumă serviciile Web MeDaFIn .....	104
Fig. 5. 23. Rezultatul căutării cu ajutorul <i>MedMaps</i> .....	105
Fig. 5. 24. Identificatori pentru tipuri de topicuri la nivelul serverului MeDAFIn ...	107
Fig. 5. 25. Interfața grafică a MedMaps.....	109
Fig. 5. 26. Indexarea fișierelor la nivelul schemei TM.....	110
Fig. 5. 27. Ontologii dezvoltate pentru diverse specialități medicale.....	112
Fig. 5. 28. Poziționarea pe hartă și exprimarea statistică.....	113
Fig. 5. 29. Contextualizarea conținutului prezentat utilizatorilor .....	117
Fig. 5. 30. Utilizatori de Internet în România la sfârșitul anului 2012 .....	117
Fig. 5. 31. Modelarea GUI destinate pacienților .....	118
Fig. 5. 32. Formularul de sondaj .....	121
Fig. 5. 33. Cerințele formularului de sondaj.....	122
Fig. 5. 34. Tipuri de subiecte identificate pe durata studiului .....	123
Fig. 5. 35. Statistica topicurilor de interes pentru pacienți .....	124
Fig. 5. 36. Statistica răspunsurilor pentru termenul principal .....	124
Fig. 5. 37. Schema modului de gândire.....	125
Fig. 5. 38. MeDaFIn - Reprezentare "centrată pe subiect" .....	127
Fig. 5. 39. Date brute în curs de prelucrare pe durata studiului.....	128
Fig. 5. 40. Reprezentarea UML și în limbaj C++ a clasei "Persoana" .....	130
Fig. 5. 41. Ontologia familiei în UML .....	131
Fig. 5. 42. Ontologia familiei în ORM (Object Role Modeling).....	131
Fig. 5. 43. Secțiuni ale interfeței asociate tipurilor de construcții TM .....	133
Fig. A.1. Interfața Macintosh implementează conceptul "fisheye menu" .....	137
Fig. A2. 1. Informații relevante pentru abaterea față de direcția pistei .....	140
Fig. A3. 1. Cuantificarea termenului principal .....	141
Fig. A3. 2. Cuantificarea primului termen conex.....	141
Fig. A3. 3. Cuantificarea celui de-al doilea termen conex .....	141
Fig. A3. 4. Cuantificarea celui de-al treilea termen conex .....	142
Fig. A3. 5. Cuantificarea celui de-al patrulea termen conex .....	142
Fig. A3. 6. Cuantificarea celui de-al cincilea termen conex .....	142
Fig. A3. 7. Comparația termenilor .....	143



# 1. INTRODUCERE

## 1.1. Aspecte cu caracter general

Tehnologia informației și comunicațiilor (*IT&C*, din engl. "*Information Technology and Communications*") s-a impus ca o soluție de succes pentru o gamă variată de probleme din diverse domenii de activitate, facilitând achiziția, stocarea, gestionarea și schimbul de informații prin intermediul sistemelor de calcul. Accesul tot mai ușor la calculatoare personale, interfețele tot mai prietenoase, creșterea continuă a puterii de calcul și a vitezelor de transfer de date sunt doar câțiva dintre factorii care au condus la adoptarea pe scară largă a noilor tehnologii informatice, cu efecte evidente asupra ritmului de dezvoltare a societății umane din ultimele două decenii.

Un domeniu mereu de actualitate, cel al îngrijirii sănătății, a preluat și implementat o serie de cuceriri în domeniul tehnologiei informației și comunicațiilor, încercând îmbunătățirea continuă a calității serviciilor medicale, utilizarea eficientă a resurselor, informarea corectă și oportună a pacienților. În acest context, a apărut necesitatea elaborării și dezvoltării unor metode, unelte și standarde dedicate domeniului medical, menite să asigure comunicarea între sistemele informatice în condiții de deschidere, scalabilitate, flexibilitate, portabilitate, partajare la nivel de internet, conformitate a standardelor, sincronizare a datelor, legalitate, securitate și confidențialitate [1].

De-a lungul timpului, omul a încercat să descopere și să înțeleagă factorii care îi influențează starea de sănătate pentru a putea elabora metode de tratare și vindecare a afecțiunilor. Suporturile de păstrare și transmitere a cunoștințelor acumulate au îmbrăcat diverse forme, din ce în ce mai evoluate și mai performante, astfel încât astăzi, procesele de digitizare permit preluarea, stocarea, prelucrarea și diseminarea unor cantități uriase de informații. Odată cu dezvoltarea Internetului și a tehnologiilor mobile, bibliotecile digitale și sistemele cu învățare și autoperfecționare au devenit, practic, portabile, însă, datorită varietății de metode, unelte și dispozitive folosite, există riscul apariției unor probleme de interoperabilitate. Eliminarea acestor neajunsuri este un obiectiv care ar putea fi atins prin adoptarea unor standarde și armonizarea metodelor și uneltelor de reprezentare, însă, un potențial deosebit rezidă în implementarea tehnologiilor semantice, capabile să transfere mașinilor informație pe care acestea să o "înțeleagă".

La nivelul Informaticii medicale, ca disciplină subordonată atât *IT&C*, cât și domeniului menținerii sănătății, eforturile grupurilor de cercetare au condus la elaborarea și adoptarea unor mecanisme eficiente de digitizare a cunoașterii medicale, însă procesul de asimilare a acestora păstrează o anumită inerție, ca rezultat al unui complex de factori de natură umană (ex. percepția și atitudinea omului față de ineditul tehnologiilor și interfețelor) și tehnologică (ex. surse disparate, sintaxe diferite, legături absente, ș.a.m.d.). Una dintre soluțiile acestei probleme este orientată către rezolvarea aspectelor de ordin tehnologic, urmărind identificarea, sortarea, reunirea și prezentarea într-o formă integrată a construcțiilor informaționale digitale privitoare la un subiect de interes. Tehnologiile semantice

reprezintă unelte capabile să asigure atingerea acestor obiective, oferind perspectiva accesului "consecvent și coerent la clase similare de obiecte și servicii digitale, din surse eterogene" [2].

Integrarea cunoașterii digitale comportă o complexitate ridicată, indusă nu doar de multitudinea formelor de reprezentare, cât, mai ales, de varietatea schemelor structurale potențial participante la acest proces. Semantica inclusă în bazele de date tradiționale este, adesea, inutilă, astfel încât implicarea omului rămâne indispensabilă demersului de federalizare a informației. Atingerea unui nivel sporit de independență funcțională la nivelul procesului de integrare ar conduce la creșterea gradului de automatizare, reducerea timpului de execuție și a costurilor prin eliminarea sau limitarea neajunsurilor legate de factorul resursă umană specializată.

Lucrarea prezintă un caracter de interdisciplinaritate ridicat, reflectat atât de analizele efectuate asupra subiectelor (topicurilor) de interes, cât și de metodele și uneltele originale dezvoltate pe baza unor standarde și tehnologii avansate și de actualitate din *IT&C*. Cercetarea a urmărit îmbunătățirea proceselor de integrare a resurselor informaționale cu caracter medical din surse eterogene, prin teoretizarea și implementarea unor metodologii destinate achiziției, prelucrării, reprezentării, stocării și diseminării informațiilor cu ajutorul standardului *ISO/IEC 13250 – Topic Maps*.

### **Tema**

Prezenta lucrare își propune să trateze aspecte referitoare la implementarea unor metode noi de utilizare a resurselor informaționale, în scopul îmbunătățirii rezultatelor generate de către sistemele informatice bazate pe tehnici de inteligență artificială, eforturile fiind concentrate, în special, pe elaborarea unei metodologii de integrare și utilizare a resurselor de cunoștințe medicale în aplicații diverse din domeniul sănătății. Rezultatele cercetării pot avea aplicabilitate în oricare ramură a informaticii bazată pe inteligență artificială și sisteme de gestionare a datelor, însă pentru implementarea și validarea teoriilor enunțate în cadrul activității de cercetare au fost utilizate ca instrumente atât aplicații software dezvoltate de autorul prezentei lucrări, cât și unele sisteme clinice de asistare a deciziei – *CDS* (din engl. "*Clinical Decision Support Systems*"), acestea din urmă reprezentând inițiative promițătoare care se înscriu în dinamica permanentă a două domenii de larg interes: cel medical și cel al tehnologiei informației și comunicațiilor [3].

**Notă:** În cadrul lucrării curente, construcția "topic maps" este utilizată în cele două moduri descrise în [4]:

- ca nume propriu pentru standardul *ISO/IEC 13250*, în forma scrisă cu majuscule - "Topic Maps" (TM);
- ca plural al construcției substantivele "topic map" (tm) care descrie o instanță a standardului *ISO/IEC 13250: Topic Maps*.

### **Motivație**

Dezvoltarea rapidă a *IT&C* s-a repercutat și asupra informaticii medicale prin deschiderea de noi orizonturi și oportunități, cercetătorii din această sferă de activitate adaptându-și inițiativele și obiectivele în scopul alinierii la cele mai noi descoperiri din domeniile emergente. Totodată, entuziaști, practicieni și cercetători au înființat și cooperează în cadrul unor comunități de cercetare (*WHO - World Health Organization*, *IMIA - International Medical Informatics Association*, *EFMI -*

*European Federation for Medical Informatics, HL7 – Health Level 7, APAMI - Asia Pacific Association for Medical Informatics* etc.) cu scopul declarat de a dezvolta, disemina și promova propriile activități și puncte de interes în domeniile biomedicinii și informaticii medicale [5]. Politicile tot mai multor guverne vizează încurajarea activității de cercetare, direcționând-o către crearea de unelte în măsură să asigure populației un grad de sănătate cât mai ridicat, ca o garanție a prosperității fiecărei persoane și a dezvoltării ulterioare a țărilor lor [6][7].

Ca urmare a avansului tehnologic, achiziția, stocarea și diseminarea unor volume uriașe de date, informații și cunoștințe au devenit facile, dar, pe lângă beneficiile utilizării unor resurse informaționale foarte vaste, au crescut și costurile aferente (nevoia de infrastructuri IT mai performante, resurse umane specializate, resurse financiare și temporale sporite, tehnologii complexe, etc). Astfel, problemele legate de existența și/sau locația de rezidență a documentației referitoare la un anumit topic au fost înlocuite treptat de cele ale redundanței acesteia și, implicit, de cele ale regăsirii informațiilor. Cu alte cuvinte, probabilitatea ca un anumit pachet informațional reprezentativ pentru un anumit topic să existe este foarte mare, însă șansele de a-l regăsi descresc, nu numai datorită problemelor de interoperabilitate dintre sistemele cu care lucrează diferite organizații, dar și a celor legate de incapacitatea sistemelor informatice de a "înțelege" care este subiectul unei reprezentări formale. Comunitățile științifice încearcă să reducă aceste dezavantaje prin dezvoltarea de noi standarde și tehnologii, apte să preia și să gestioneze mai eficient cantități mari de informații, iar viziunea *Semantic Web* (SW) [8] și încercările de a implementa acest concept vin să confirme afirmația conform căreia, "în lipsa unei arhitecturi informaționale adecvate, echipele de dezvoltatorii vor fi depășite de gradul tot mai mare de complexitate" al aplicațiilor și structurilor informaționale [9].

În acest context, lucrarea de față analizează principalele modele de date destinate sistemelor informatice din domeniul medical și descrie unele aspectele referitoare la implementarea acestor modele.

### **Obiective**

Obiectivul fundamental al lucrării constă în definirea unui *cadru original pentru integrarea pe baze semantice a resurselor informaționale*.

Prin prisma apartenenței sale la sfera informaticii medicale, lucrarea vizează, de asemenea, îndeplinirea următoarelor obiective specifice:

- prezentarea contextului actual din informatica medicală și a câtorva dintre conceptele fundamentale ale domeniului;
- definirea unor strategii și metode de integrare a datelor cu caracter medical, urmărind obținerea unor recomandări medicale mai precise și limitarea redundanței informaționale din domeniul medical;
- teoretizarea unor soluții inovatoare de prelucrare informatică a datelor cu caracter medical și sistematizarea aspectelor tehnologice asociate implementării sistemelor informatice bazate pe tendințele curente din *IT&C*, în scopul îmbogățirii experienței și creșterii satisfacției utilizatorului.

Pentru atingerea acestor *obiective* se are în vedere utilizarea unei tehnologii semantice, reprezentată de standardul *TM*, pentru achiziția, stocarea, managementul și diseminarea datelor, informațiilor și cunoștințelor medicale.

Uneltele excelente oferite de această tehnologie, precum și capacitatea de exprimare și reprezentare a subiectelor de interes, vin în întâmpinarea necesității continue de comunicare și schimb de experiență de care are nevoie umanitatea, în general, iar comunitatea științifică și medicală, în special.

Rezultatele cercetării ar trebui să conducă atât la "îmbogățirea rolului și expertizei medicilor printr-un dialog continuu și susținut cu o largă comunitate de colegi și prin accesul la o paletă vastă de cazuri" [10], cât și la atingerea țintei principale: o buna practică medicală și servicii de calitate superioară pentru pacient, indiferent de locul în care acesta se află la un moment dat [11].

### **Structura lucrării**

În vederea îndeplinirii obiectivelor propuse, teza a fost structurată în 6 capitole, fiecare cuprinzând mai multe subcapitole.

Primul capitol este destinat aspectelor introductive cu caracter general, temei, motivației și obiectivelor lucrării, prezentării structurii lucrării și evidențierii unor soluții de implementare.

Capitolul al doilea conturează cadrul abordării, evidențiind conceptele fundamentale ale domeniului studiat și unele aspecte privind procesele de abstractizare și conceptualizare care stau la baza reprezentării cunoașterii. În cadrul aceluiași capitol sunt prezentate unele dintre cele mai cunoscute modele de reprezentare și interschimb de date cu caracter medical.

Reprezentarea cunoașterii medicale cu ajutorul *TM* este subiectul capitolului al treilea, conceptele fiind tratate progresiv, în funcție de relevanța lor în cadrul lucrării. Prezentarea caracteristicilor standardului *TM* și raportarea sa la unele modele de date similare au ca scop punerea în evidență a oportunităților de utilizare a acestei tehnologii pentru gestionarea pe principii semantice a datelor cu caracter medical.

Al patrulea capitol este destinat prezentării arhitecturii și modelelor de integrare a datelor și constituie un preambul pentru studiul comparativ al tehnologiilor eligibile. Capitolul mai cuprinde o serie de considerații privind soluțiile adoptate și dezvoltarea aplicațiilor bazate pe *TM*. Subcapitolul al treilea propune un model original de formalizare a ontologiilor *TM* prin extinderea sintaxei *Linear Topic Maps Notation (LTM)*, vizând înlesnirea scrierii structurilor *TM* de către specialiștii domeniului și îmbunătățirea lizibilității structurii informației pentru toate categoriile de utilizatori.

Capitolul al cincilea tratează în detaliu aspecte teoretice și practice referitoare la integrarea datelor cu caracter medical cu ajutorul *TM*, îmbunătățirea interfețelor destinate pacienților și reducerea amprentei personale asupra structurilor ontologice. În primul subcapitol este propusă o metodă de conversie între *Virtual Medical Record (vMR)* – un model de date destinat reprezentării informațiilor relevante pentru sistemele clinice de decizie (*CDS*) – și *TM*, urmărindu-se o îmbunătățire a rezultatelor sistemelor *CDS* prin integrarea datelor din surse eterogene. Cel de-al doilea subcapitol prezintă etapele dezvoltării unui sistem original, bazat pe *TM* și destinat achiziției, gestionării și diseminării sub formă integrată a datelor medicale din surse eterogene. Subcapitolul al treilea descrie un posibil exemplu de utilizare a acestor date, sistemul prezentat fiind orientat către identificarea, prelucrarea statistică și poziționarea pe hartă a construcțiilor *TM* care conțin informații relevante în acest sens. În subcapitolul al patrulea, pe baza rezultatelor unui studiu întreprins de autorul lucrării sunt tratate unele aspecte referitoare la impactul contextualizării informației cu caracter medical asupra percepției pacientului. De asemenea, în cadrul aceluiași subcapitol sunt exprimate



unele considerații cu privire la modalitățile de limitare a influenței specialistului în ingineria cunoașterii asupra ontologiilor *TM*, urmărindu-se o ameliorare a rezultatelor proceselor de reprezentare a cunoașterii.

În încheierea lucrării este prezentat un capitol dedicat contribuțiilor originale și concluziilor.

Privită prin prisma domeniului abordat, a tehnologiilor și metodelor utilizate lucrarea prezintă un caracter interdisciplinar accentuat, însă reușește să trateze într-o manieră unitară conceptele aparținând diverselor discipline.

### **Aplicabilitate**

Aplicațiile în domeniul medical pot lua diverse forme: sisteme *EHR* (*Electronic Health Records*), sisteme de *e-Learning*, sisteme specifice inteligenței artificiale, care utilizează metode complexe de învățare, raționament și predicție pentru a genera protocoale și/sau recomandări medicale în scopul asistării deciziei, sisteme destinate supravegherii și monitorizării biomedicale, sisteme de management al medicamentelor, sisteme medicale care utilizează realitatea augmentată, menite să suprapună realității informații sau cunoștințe care să amelioreze sau să îmbunătățească percepția utilizatorilor asupra mediului pe care îl explorează sau în care activează, etc. Aplicațiile de prim rang ale activității de cercetare îmbină eficient elemente și metode specifice științei *IT&C* cu cele din domeniul medical în scopul îmbunătățirii experienței utilizatorului, practicii și expertizei medicale. Teoriile enunțate de autorul lucrării au constituit baza proiectării și dezvoltării unor aplicații care vizează o interoperabilitate sporită a modelelor de reprezentare a datelor, îmbunătățirea rezultatelor sistemelor *CDS*, integrarea cunoștințelor medicale din surse eterogene și prezentarea rezultatului într-o formă adecvată prin intermediul unor interfețe cu utilizatorul generate pe baza schemelor *TM*.

## **1.2. Sisteme informatice în slujba ocrotirii sănătății**

Sistemele informatice și-au dovedit utilitatea în medicină prin aplicații din cele mai diverse pentru toate subdomeniile medicale. Descoperirea unor noi metode de îmbinare a cunoștințelor și uneltelor *IT&C* cu cele din domeniul ocrotirii sănătății asigură îmbogățirea tezaurului de resurse disponibile factorilor implicați pentru atingerea și menținerea unei stări optime de sănătate, atât la nivel de individ, cât și la nivel de societate.

Pentru trasarea unei perspective de ansamblu asupra domeniului atins, în cadrul acestui capitol vor fi prezentate câteva dintre conceptele de referință pentru prezenta lucrare, precum și unele aspecte privitoare la oportunitatea unei astfel de abordări, urmărind o mai bună înțelegere a contextului curent, a obiectivelor propuse și a contribuțiilor autorului, aduse unei sfere de activitate cu grad sporit de interdisciplinaritate.

### **1.2.1. Sănătatea și influența sa asupra calității vieții**

Definită de către *WHO*, imediat după cel mai mare dezastru uman din istorie, cel de-al doilea război mondial, ca "o situație de completă bunăstare fizică, mentală și socială și nu doar de absență a bolii sau infirmității" [12], sănătatea a căpătat în societatea modernă noi valențe, fiind privită, la standardele ei cele mai înalte, ca "unul dintre drepturile fundamentale ale fiecărei ființe umane, fără deosebire de rasă, religie, convingeri politice, condiție economică sau socială" [13] și, totodată, o garanție pentru menținerea păcii și securității mondiale.

Așadar, sănătatea joacă un rol important în viața fiecărui om, orice degradare a acesteia repercutându-se nu numai la nivel de individ, familia și societatea de care acesta aparține fiind, de asemenea, afectate, într-o măsură mai mare sau mai mică.

Din punct de vedere al asistenței medicale și în contextul dezvoltării tehnologiei informației și comunicațiilor, calitatea vieții la nivelul societății, în ansamblu, a cunoscut o creștere continuă, bazată nu doar pe emanciparea pacienților și a rearanjării priorităților țărilor cu privire la sănătatea populației, ci și pe implementarea în domeniul medical, într-un ritm din ce în ce mai accentuat, a uneltelor, metodelor și tehnologiilor informatice. Într-o lume în care pacienții își "revendică dreptul de control asupra datelor medicale personale, a deciziilor și metodelor de îngrijire care îi privesc", este o necesitate pentru statele lumii să susțină inițiativele și acțiunile de ameliorare a educației medicale, a sănătății și, implicit, a calității vieții propriilor cetățeni, pentru a putea spera, pe de o parte, la un nivel mai ridicat al capacității de muncă pentru populația activă și, pe de altă parte, la o diminuare a efortului uman și economic rezultat în urma bolilor și dizabilităților [14].

Se poate spune că progresele informaticii medicale se răsfrâng asupra tuturor ramurilor sistemului de asigurare a sănătății, sporind încrederea în actul medical atât pentru pacienți, cât și pentru personalul medical.

## 1.2.2. IT&C în medicină

### 1.2.2.1. Informatica medicală

Scopul principal al informaticii medicale (*IM*) este de a îmbunătăți asistența medicală de specialitate însă definirea conceptului poate conduce la o mai bună înțelegere a importanței acestuia în viața cotidiană. Așadar, ce este informatica medicală? La ce folosește? Cine beneficiază de pe urma ei? Chiar este necesară? Răspunsurile la aceste întrebări se regăsesc în paragrafele următoare.

Dintr-o perspectivă globală asupra denumirii de "informatică medicală", se poate spune fără îndoială că avem de-a face cu informatică aplicată în medicină, însă o analiză mai în detaliu dezvăluie faptul că domeniul se află la intersecția mai multor ramuri științifice, conectând concepte, metode, algoritmi, instrumente și resurse pentru un scop comun: o bună practică și servicii mai bune pentru pacient "indiferent de locul unde el/ea se află la un moment dat" [15]. De-a lungul timpului au avut loc nenumărate discuții și controverse referitoare la termenul care s-ar potrivi cel mai bine domeniului, însă, trecând peste aspectele de ordin nominativ, "informatica medicală" ("*medical informatics*"), "informatica biomedicală" ("*biomedical informatics*"), "informatica în domeniul ocrotirii sănătății" ("*healthcare informatics*"), "bioinformatica" ("*bioinformatics*") sau "informatica clinică" ("*clinic informatics*") se referă toate la același concept, definit în [16] ca "un domeniu interdisciplinar care studiază și urmărește utilizarea eficientă a datelor, informației și cunoașterii biomedicale în scopul cercetării științifice, de rezolvare a problemelor, de luare a deciziilor, și care este ghidat de eforturile de îmbunătățire a sănătății oamenilor".

Având în vedere ideile prezentate anterior, este evident că cei care beneficiază de avansul în domeniul informaticii medicale sunt toți indivizii societății, personal medical sau pacienți, persoane sănătoase sau suferinde. Pentru argumentarea acestor afirmații, ne putem imagina că un cercetător în domeniul medical vrea să determine probabilitatea de recurență a unei epidemii care a făcut ravagii cu câteva secole în urmă. În acest scop cercetătorul trebuie să efectueze un experiment, constând în parcurgerea a câtorva mii de cicluri de viață ale virusului care a cauzat epidemia, fiecare ciclu durând aproximativ două săptămâni. Ar fi extraordinar, dar virtual imposibil pentru acel cercetător să vadă rezultatul final al muncii sale dacă nu ar utiliza un calculator. În zilele noastre, o abordare firească pentru un astfel de experiment ar putea fi utilizarea unui model matematic, care să descrie cât mai precis epidemia în cauză și pe baza căruia un sistem informatic să calculeze rezultatele. În acest fel, cercetătorul își poate face mult mai rapid o idee despre posibila evoluție a bolii, decât dacă ar crește în laborator virusul răspunzător de epidemie. Exemplul introdus este banal, dar evidențiază faptul că utilizarea unui calculator ar simplifica foarte mult munca în această situație, la fel ca și în cazul altor aplicații, începând cu cele mai simple soluții de înregistrare a informațiilor cu caracter medical și până la sisteme informatice extrem de complexe bazate pe tehnici de inteligență artificială.

Abordările în domeniul informaticii medicale impun cunoaștințe specifice fiecăruia dintre cele două domenii implicate: cel medical și cel informatic, iar rezultatele se așteaptă să răspundă cât mai bine cerințelor și să asigure progresul în ce privește sănătatea individului și societății.

### 1.2.2.2. eSănătate

Un concept apărut în literatura de specialitate la sfârșitul anilor 90, eSănătate, a fost și este deseori utilizat ca sinonim pentru informatica medicală, însă anumite aspecte care țin de ortografia și punctuația cuvântului conduc către concluzia că termenul se referă la distribuirea informațiilor medicale prin intermediul rețelelor de calculatoare.

Văzută ca fiind "singura și cea mai importantă revoluție în domeniul asistenței medicale de la apariția medicamentelor moderne, a vaccinurilor și chiar a măsurilor de sănătate publică precum salubritatea sau apa curată" [17], eSănătate se referă la "transferul resurselor din domeniul asistenței medicale și de ocrotire a sănătății prin intermediul mijloacelor electronice" [18], conform WHO, sau, într-o altă viziune, la "aplicarea IT&C întregului spectru de funcții care influențează sănătatea" sau la "mijloacele de a oferi asistență medicală adaptată nevoilor cetățeanului" [17].

Din perspectiva personală a autorului, conceptul descrie un *subdomeniu al informaticii medicale cu valențe pentru transferul informațiilor clinice, între entitățile interesate, prin intermediul Internet-ului și care ar putea include sisteme și/sau servicii precum telemedicina, sisteme de gestionare a cunoașterii medicale și sisteme de înregistrare a datelor clinice (EHR).*

Următorul subcapitol descrie contextul în care își desfășoară activitatea cercetători, practicieni, entuziaști și novici în domeniile prezentate anterior, încercând să teoretizeze, să verifice și să transpună în practică idei inovatoare în sprijinul sănătății, prin intermediul sistemelor informatice.

### 1.2.2.3. Contextul abordării

Cu peste 2.4 miliarde de utilizatori [19], reprezentând mai mult de o treime din populația globului (Fig. 1. 1.), Internet-ul a devenit cea mai facilă cale de comunicare a informațiilor cu caracter medical între furnizori de servicii medicale, pacienți, cercetători și instituții interesate să promoveze ideea unui act medical de încredere.

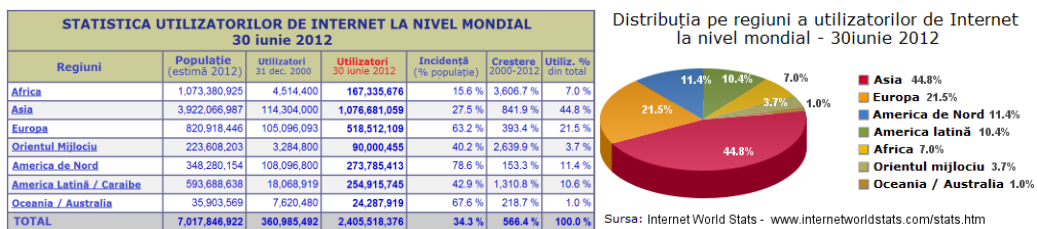


Fig. 1. 1. Statistica utilizatorilor de Internet la nivel mondial în anul 2012 (sursa: [www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com))

De-a lungul timpului au fost dezvoltate metode și mecanisme tot mai performante, capabile să asigure transferul datelor la viteze și volume din ce în ce mai mari, iar sistemele de gestionare a datelor au asigurat achiziția, organizarea, stocarea, gestionarea și regăsirea acestor date [20]. La rândul lor, aplicațiile au devenit tot mai competitive și mai interconectate, astfel încât crearea și distribuția

de ontologii [21], reutilizarea cunoașterii [22], gestionarea volumelor mari de conținut pentru rețele sociale [23], identificarea în cadrul structurilor de date a obiectelor din lumea reală [24] sunt doar câteva dintre ideile care au creat premisele migrării către interfețe, aplicații și infrastructuri web mai inteligente. Urmând aceleași tendințe de evoluție, informatica medicală s-a dovedit a fi o disciplină care influențează considerabil starea de sănătate a populației prin eficientizarea serviciilor medicale, limitarea erorilor, informarea personalului medical și a pacienților, reducerea costurilor, iar lista poate continua.

Subliniind componentele majore ale domeniului cercetat și analizând pe scurt acțiunile întreprinse în cercetare pe acest segment, se poate afirma că "viitorul este luminos, dar că succesele noastre viitoare depind de capacitatea noastră de a înțelege evoluția informaticii academice și de a ne reinventa în consecință" [25]. Informatica medicală nu mai este o "disciplină tânără", ci una în plină dezvoltare, capabilă să schimbe modul de viață al fiecărui individ și, implicit, al societății, și să "influențeze sistemele de îngrijire a sănătății, instituțiile, guvernele și factorii politici de decizie în domeniul sănătății la nivel global" [25].

În concluzie, dincolo de competențele în medicină și abilitățile de programare, în funcție de specificațiile fiecărui proiect ar mai putea fi necesare cunoștințe din inginerie, chimie, fizică și matematică, robotică și mecatronică, interacțiune om-mașină (*HCI*, din engl. "*Human-computer interaction*"), ergonomie și interacțiune socială și, manifestând respect pentru ramurile științifice neamintite aici, lista nu este exhaustivă. Îmbinând atât de multe concepte din domenii atât de variate, este de așteptat ca dezvoltarea unui proiect de informatică medicală să utilizeze resurse umane înalt specializate care să coopereze și ale căror eforturi să ducă la consens cu privire la strategiile, metodele și uneltele de lucru. Atingerea acestor deziderate poate conduce la rezultate care să se impună ca reguli sau standarde pentru lungi perioade de timp [26] și să descrie contextul de dezvoltare ulterioară a domeniului de interes.

Acest subcapitol reprezintă rezultatul unui studiu teoretic, efectuat de autorul lucrării, cu privire la conceptele majore ale domeniului abordării și a modalităților în care acestea relaționează unele cu altele.

Următorul capitol tratează problematica reprezentării cunoașterii medicale și introduce noțiunile esențiale domeniul abordat, analizând interacțiunile dintre acestea și prefațând principalele aspecte de luat în seamă în dezvoltarea aplicațiilor specifice informaticii medicale.

## **2. REPREZENTAREA CUNOAȘTERII MEDICALE**

### **2.1. Introducere**

Utilizarea tehnologiilor de actualitate din domeniul *IT&C* în scopul achiziției, reprezentării și gestionării cunoașterii medicale poate conduce la o îmbunătățire a practicii medicale, atât din punct de vedere cantitativ, cât mai ales calitativ. Orientarea către specificul fiecărui pacient și nu doar către cel al bolii poate fi susținută prin implementarea acestor cuceriri științifice, care promet să asigure îmbunătățirea continuă a experienței pacientului în ce privește accesul la servicii de sănătate oportune și în condiții de confidențialitate [27], corecta informare a pacientului asupra situației sale medicale [28], accesul personalului sanitar la resurse informaționale de evaluare și ameliorare a stării de sănătate [29] [30], precum dosarul complet al pacientului sau documentație cu caracter medical, administrativ, juridic ș.a.m.d.

Următoarele subcapitole evidențiază cele mai importante aspecte implicate în procesul de digitizare a cunoașterii medicale în ansamblul său, accentul fiind pus pe elementele fundamentale și cadrul apartenenței lor, metodele și tehnologiile utilizate, beneficiile diverselor abordări și provocările pe care acestea le implică, unele posibilități de implementare.

### **2.2. Date, informație, cunoaștere**

Orice tip de comunicare se sprijină pe un flux informațional, prin care se asigură un transfer de elemente și/sau structuri informaționale, acestea fiind, de fapt, abstractizări sau, altfel spus, reprezentări ale unor noțiuni de interes pentru entitățile implicate în respectiva comunicare. Sistemele informatice medicale probează și ele această aserțiune, aplicațiile în domeniu îmbinând procesele electronice și de comunicare cu date, informații și cunoștințe cu caracter medical. Reprezentarea unui domeniu de interes poate fi realizată într-un număr infinit de variante, fiecare având un grad mai mare sau mai mic de detaliere.

De-a lungul timpului, cercetătorii au încercat să cuantifice aceste variații și să clasifice conținutul fluxurilor informaționale. Cea mai acceptată dintre aceste clasificări împarte entitățile informaționale în date, informație și cunoaștere. O serie de definiții ale acestor termeni, dar și câteva întrebări rămase fără răspuns de-a lungul timpului sunt prezentate în [31] și în [32]. Marea majoritate a cercetătorilor în domeniu susține faptul că există o ierarhie informațională care are la bază datele, iar în vârf cunoașterea [33][34]. Alți teoreticieni merg chiar mai departe și plasează deasupra cunoașterii conceptul de înțelepciune, ca formă superioară de utilizare a datelor, informațiilor și cunoștințelor [35][36], în timp ce alții denumesc diverse trepte ale piramidei informaționale cu termeni ca înțelegere [37] și iluminare [38]. Tabelul 2. 1. prezintă o comparație sintetică a câtorva dintre noțiunile acceptate pentru definirea entităților informaționale, ca rezultat al studiului întreprins de autorul lucrării în această direcție. Însă, în diferite contexte, o rezoluție redusă a

acestei clasificări s-a dovedit a fi mai utilă, beneficiind de un grad mare de acceptare din partea comunităților științifice [39][40].

Tabelul 2. 1. Entități informaționale – clasificare și caracteristici

	Data	Informație	Cunoaș- tere	Înțelegere	Înțelep- ciune
<b>Înțeles</b>	nu	da	da	da	da
<b>Formă</b>	simboluri	date procesate	informații aplicate	explicație	evaluare
<b>Întrebări</b>	X	cine, ce, unde, când?	cum?	de ce?	cum/ce ar fi?
<b>Legătură cu</b>	trecutul (a fost/este cunoscut)	trecutul (a fost/este cunoscut)	trecutul (a fost/este cunoscut)	trecutul (a fost/este cunoscut)	viitorul (viziune)
<b>Corespondența IT&amp;C</b>	date brute	tabel, bază de date	modelare, simulare	cunoștințe noi	concepte noi
<b>Procese</b>	X	Deterministic (structurare)	Deterministic (inferență)	interpolativ, deterministic (cogniție, analiză)	extrapolativ, non-deterministic, non-probabilistic (cogniție, analiză, sinteză)
<b>Utilitate</b>	Om / computer	Om / computer	Om / computer	Om / computer	Rezervată omului

Privite prin prisma managementului cunoașterii (Fig. 2. 1. a), se observă că elementele și construcțiile informaționale evoluează odată cu *înțelegerea* relațiilor, modelelor și principiilor emergente acestora. Din perspectivă organizațională și organizatorică (Fig. 2. 1. b), variația este dependentă atât de capacitatea de structurare la nivel fizic, cognitiv și persuasiv al agentului uman, precum și de puterea de selecție și înțelegere a semnificației semnalelor și datelor, de abilitatea de a justifica opinii și convingeri în legătură cu informațiile și relațiile dintre ele.

Aceași ierarhie a fost reprezentată deseori sub forma unei piramide, numită în literatura de specialitate "piramida DIKW", și, dacă ne raportăm mai departe la IT&C, se observă că, pe măsura avansării către vârful piramidei (Fig. 2. 2), scade posibilitatea de reprezentare după algoritmi a elementelor și structurilor informaționale și, implicit, capacitatea de includere a acestora în programe de calculator. Se poate afirma că nivelele superioare sunt apanajul aproape exclusiv al ființei umane, datorită nevoii crescânde de structurare și abstractizare a conceptelor reprezentate [41]. În viziunea inginerului proiectant de programe pentru calculator, aceste caracteristici pot fi rezumate astfel: dificultatea, costurile, probabilitatea de apariție a erorilor, dar și capacitatea de integrare și rafinamentul implementărilor cresc pe măsura urcării spre vârful ierarhiei informaționale.

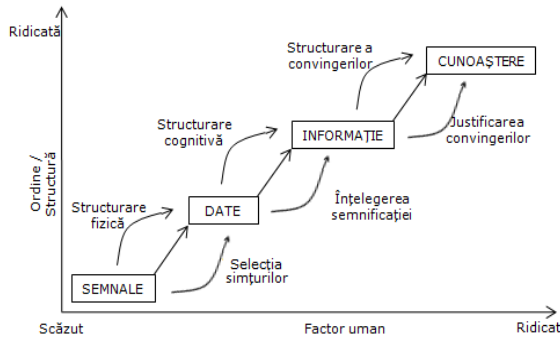


Fig. 2. 1. a. Diagrama DIK<sup>1</sup> [33]

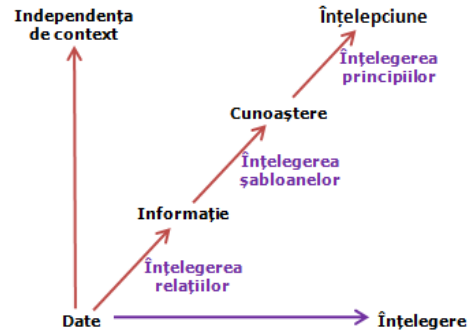


Fig. 2. 2. b. diagrama DIKW<sup>2</sup> [35]

Se observă că, indiferent de gradul de detaliere al clasificărilor prezentate anterior, toate păstrează ca elementele comune *date*, *informație*, *cunoaștere*, noțiuni definite în [31] astfel:

**Date:** set de simboluri reprezentând percepția faptelor brute.

**Informație:** date organizate, ca răspunsuri la întrebări simple: Ce?, Cine?, Când?, Unde?

**Cunoaștere:** informații organizate conceptual și contextual și regulile care definesc relațiile dintre concepte; informații înțelese, ca răspuns la întrebări simple: De ce?, Cum?, În ce scop?

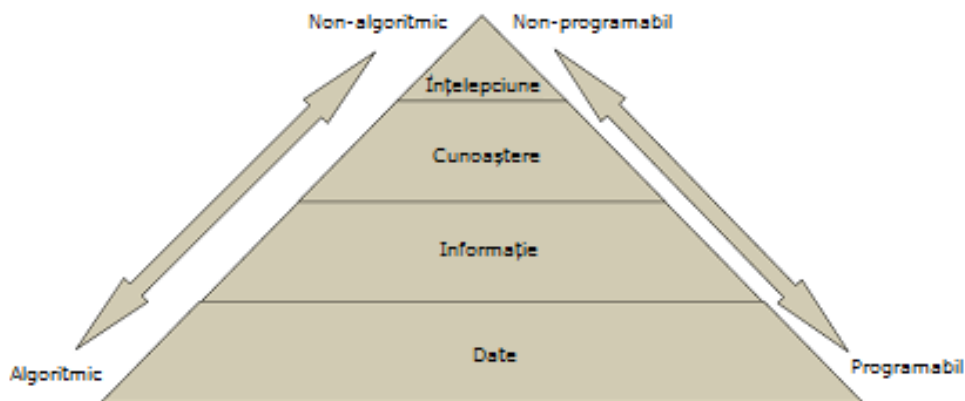


Fig. 2. 2. Piramida informațională, după [41]

Așadar, *datele* pot fi privite ca fiind expresii simbolistice în formă dispartă, fără utilitate pentru om sau mașini în absența altei prelucrări. Prin organizarea și agregarea *datelor*, acestea pot căpăta înțeles pentru destinatarul lor, iar acest conglomerat structurat de *date* poartă denumirea de *informație*. La rândul ei, dacă *informația* este îmbogățită cu reguli bazate pe opinii ale experților, rezultate experimentale și/sau anumite deprinderi, aceasta devine *cunoaștere*.

<sup>1</sup> **Din engl.** Data-Information-Knowledge (**trad.** "date-informație-cunoaștere").

<sup>2</sup> **Din engl.** Data-Information-Knowledge-Wisdom (**trad.** "date-informație-cunoaștere-înțelepciune").



Următorul exemplu ar putea fi util pentru edificarea cititorului asupra înțelesului celor trei noțiuni: să presupunem că cineva citește pe un ecran, la două momente diferite, valorile 5,5, respectiv 7,4, pe care le vom numi *date*. Este evident că, în absența altor detalii, acestea sunt inutile, și nici chiar adăugarea altor valori, ca, de exemplu: Ionescu, mmol/l, Georgescu, glicemie etc., nu ameliorează situația. Beneficiind de experiențele trecute și de extraordinara capacitate de abstractizare a ființelor umane, ne putem face o idee despre ce ar putea fi vorba și orice declarație în limbaj natural ar începe cu "probabil că este vorba despre" sau "cred că se referă la", însă nici o certitudine nu poate fi exprimată. Dar, dacă structurăm *datele* deja introduse și spunem că valoarea glicemiei este de 5,5 mmol/l pentru Georgescu, respectiv 10,4 mmol/l pentru Ionescu, avem deja o imagine destul de clară a ceea ce reprezintă toate acele valori și cum sunt ele interconectate. Aceasta este *informația*, având un înțeles și o utilitate evidentă pentru, să spunem, medicul de familie al celor doi pacienți. Dar de ce nu pentru oricine? Pentru că medicul de familie în cauză deține regulile de diagnosticare (Tabelul 2. 2.) și, astfel, va putea concluziona că glicemia are valoare crescută pentru Ionescu și normală pentru Georgescu (Tabelul 2. 3.). Același rezultat ar putea veni de la un ipotetic sistem de asistare a deciziei în domeniul bolilor digestive și cardiovasculare. Vorbim în acest caz despre *cunoaștere*, o îmbinare a informației cu reguli, menită să conducă la cunoștințe noi cu privire la un subiect de interes.

Tabelul 2. 2. Reguli pentru interpretarea valorilor glicemiei, sursa [42]

mmol/l	mg/dl	Interpretare
2.0	35	Foarte Scazuta
3.0	55	Scazuta
4.0	75	Ușor Scazuta
4.4	80	Normala
5.5	100	Normala
intre 5 si 6	90-110	Normala Înainte de Masa pentru non-diabetici
8.0	150	Normala Dupa Masa pentru non-diabetici
10.0	180	Maximul Dupa Masa pentru non-diabetici
15.0	270	Putin mare sau Foarte Mare, in functie de pacient
20.0	360	Foarte mare !!
22.0	400	Acesta este Maximul de masurare pentru unele aparate
33.0	600	Pericol extrem de mare!

Tabelul 2. 3. Date structurate

Pacient	Procedură	U.M.	Valoare	Rezoluție
Ionescu	glicemie	mmol/l	10,4	Crescută
Georgescu	glicemie	mmol/l	5,5	Normală

Cu toate că scopul lui a fost să traseze limitele celor trei concepte, *date*, *informație* și *cunoaștere*, tot exemplul anterior este în măsură să demonstreze că aceste granițe sunt relative, astfel că ceea ce reprezintă o colecție de *date* pentru cineva, pentru altcineva poate prezenta relevanță, utilitate, fiind percepută ca

*informație*. Se poate concluziona că delimitarea construcțiilor informaționale depinde de abilitatea celor care operează cu acestea de a le face utile propriilor interese.

*Datele* izolate sunt, în general, neconcludente, însă, prin relaționarea și structurarea lor, pot deveni utile. În sfera IT&C aceste colecții informaționale poartă denumirea de baze de date sau, într-o formă mai evoluată, baze de cunoștințe, însă, indiferent de forma și denumirea lor, toate aceste reprezentări și structuri sunt rezultatul activității de abstractizare și conceptualizare de care este capabil omul.

### 2.3. Reprezentarea cunoașterii – abstractizare și conceptualizare

Încă de la începuturile umanității, conservarea și diseminarea cunoașterii au constituit provocări pentru oameni, însă evoluția creierului uman a permis dezvoltarea unor sisteme abstracte, dintre care unele foarte eficiente, de păstrare și comunicare a amintirilor, experiențelor și ideilor indivizilor societății.

Abstractizarea, definită în [43] ca o "operație a gândirii prin care se separă ceea ce nu este separat sau separabil în realitate, de considerare a unui lucru independent de legăturile lui, a unei substanțe independent de atributele ei sau invers", constituie fundamentul proceselor de reprezentare. Beneficiind de această calitate, creierul omului este capabil să facă referire la realitatea înconjurătoare doar pe baza asocierii unor proprietăți ale acesteia (ex. culoare, formă, miros), cel mai adesea alese în funcție de context. Figura 2. 3. a) poate fi un exemplu de abstractizare și conceptualizare, desenul unui copil de 4 ani reușind să redea, să transmită, să comunice concepte (floare, nori, nor în formă de inimă reprezentând "dragostea cu care te iubesc!") pe care cititorii acestei lucrări le înțeleg.

Procesele de abstractizare și conceptualizare sunt de natură evolutivă, atât la nivel de individ, cât și la nivel de societate, iar evenimente precum descoperirea vorbirii și a scrierii, formele vechi de reprezentare a realității cu ajutorul picturilor rupestre [44] sau petroglifele din paleolitic (Fig. 2. 3.b) constituie pietre de temelie ale modului în care comunicăm azi, și, deși unele dintre ele sunt perimate de mult, toate fac același lucru: codifică mesaje cu ajutorul semnalelor și/sau simbolurilor. Metodele de formalizare și structurare a cunoașterii au evoluat odată cu cultura umană [45], astfel încât, în zilele noastre, o impresionant de vastă colecție de artefacte și documente, conținând date, informație și cunoaștere, poate fi accesată de oricine deține un computer și o conexiune la Internet. Pe lângă aspectele benefice, această abundență informațională a determinat, deopotrivă, probleme legate de regăsirea informației dorite, ca urmare a capacităților limitate de interoperabilitate a sistemelor. Acest fapt a condus la dezvoltarea de noi metode de descriere a resurselor informaționale care să producă reprezentări semantice, interpretabile de către mașini [46], deschizând astfel perspectivele implementării *Semantic Web* (SW) [8].

În acest context și privit prin prisma informaticii medicale, conceptul de *SW* promite comunicarea la un nivel superior, iar adoptarea cuceririlor tehnologice de ultimă oră trebuie să fie realizată la cele mai înalte standarde de precizie și eficiență [47].

Privite prin prisma domeniului medical, în ultimul deceniu, atât tehnologiile semantice, cât și sistemele de generare automată a ghidurilor și recomandărilor medicale au cunoscut un salt important [48], astfel încât se poate spune că aceste două ramuri sunt la momentul la care ar trebui să se sprijine reciproc în scopul îmbunătățirii practicii medicale. Se întrezărește, astfel, posibilitatea integrării unor

resurse informaționale vaste și crearea unor baze de cunoștințe pentru motoare de inferență puternice, care să conducă la rezultate cu grad ridicat de acuratețe.



Fig. 2. 3. a) Abstractizare la vârsta de 4 ani

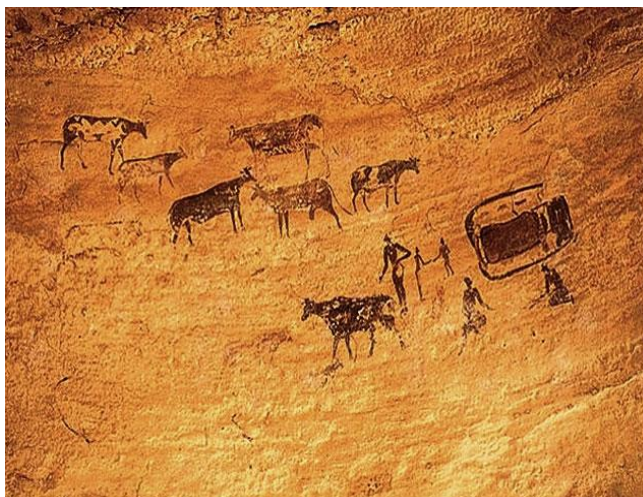


Fig. 2.3. b) Picturi rupestre din paleolitic în peștera Coliboaia, jud. Bihor, România, sursa [44]

Sistemele informaționale destinate asistenței în sănătate sunt adaptări punctuale ale celor cu caracter general, menite să răspundă eficient nevoilor domeniului medical. Caracteristic tuturor sistemelor *IT&C*, inclusiv a celor din sănătate, este faptul că rezultatele abstractizării și conceptualizării se conformează unor colecții de reguli de structurare și prezentare care au fost introduse în scopul îmbunătățirii comunicării și asigurării unui cadru flexibil și stabil pentru aplicații.

În continuarea acestui subcapitol sunt trecute în revistă câteva concepte de interes cu privire la formele pe care le poate lua cunoașterea, deseori fiind făcute analogii între metodele lingvistice și cele digitale de exprimare a acesteia. De asemenea, câteva modele de date, selectate pe baza succesului pe care l-au înregistrat, sunt prezentate succint sau detaliat, în funcție de relevanța pe care au avut-o în procesul de elaborare a prezentei lucrări.

### 2.3.1. Modele de date – generalități și concepte relaționate

#### Model de date

Dacă ne referim strict la *IT&C*, un model de date este reprezentat de aparatul matematic aplicabil unor tipuri de date, o unealtă care specifică modul de structurare, stocare și accesare a acelor date, menită să asigure o comunicare eficientă între membrii echipelor de ingineria programării. Impunerea unor cutume de reprezentare a conceptelor și a relațiilor dintre acestea facilitează proiectarea și dezvoltarea aplicațiilor în cadrul unor echipe de lucru numeroase, o comunicare precisă, modificarea și/sau reconstrucția structurilor de date, identificarea erorilor și, *nota bene*, integrarea datelor și automatizarea proceselor cu ajutorul computerelor.

În mod obișnuit, un model de date definește:

- tipurile de date;
- modul în care valorile acestor tipuri de date interacționează unele cu altele;
- descriptorii acestor valori - metadatele.

Modelele de date cele mai frecvent utilizate sunt:

-*modelul ierarhic*, ca de exemplu modelul de date pentru *XML – Extensible Markup Language*, în care datele sunt organizate în structuri arborescente, iar navigarea se face prin interogări de tipul "*get\_first()*", "*get\_next()*", "*get\_last()*";

-*modelul de date relațional*, precum *Oracle*, *MS SQL*, *MySQL*, considerat a fi un progres cu adevărat important, atât pentru utilizatori, cât și pentru dezvoltatori [49] și în care descrierea realității este realizată prin intermediul unui set de tabele. Manipularea datelor din structurile conforme acestui model de date se realizează prin intermediul unor limbaje de date declarative, ca de exemplu *SQL – Structured Query Language*.

-*modelul de date semantic*, precum *RDF* ("*Resource Description Framework*") sau *TM*, care adaugă semantică descrierii subiectelor, oferind înțeles suplimentar conceptelor din bazele de date. Aceste modele sunt destinate în special dezvoltării bazelor de date distribuite și a bazelor de cunoștințe pentru aplicații complexe de raționament și învățare [50].

În funcție de gradul de abstractizare și expresivitate specifice, modelele de date evaluate surprind cu ajutorul metadatelor anumite caracteristici ale resurselor informaționale. Cerințele aplicațiilor determină, de obicei, tipul de model de date care urmează a fi folosit, astfel încât efortul în implementare și utilizare să fie cât mai mic. Cu toate acestea, în procesul de proiectare al aplicațiilor este necesar să se prevadă și să se țină cont de nevoi de dezvoltare ulterioare, care ar putea cere modele de date diferite, chiar incompatibile cu cel selectat în faza inițială, astfel încât reutilizarea structurilor informaționale existente să devină greu de realizat sau imposibilă. În acest context, metadatele standardizate oferă o modalitate relativ simplă de interconectare a modelelor de date diferite, stabilind legături abstracte între elemente informaționale și descrierea lor.

### **Metadate**

*Metadatele* sunt structuri de date care însoțesc resursele informaționale pe care le descriu și sunt cel mai frecvent prezentate în literatura de specialitate ca "date despre date" sau "date cu ajutorul cărora unelte, baze de date, programe, ș.a.m.d. descriu structura și însemnătatea datelor" [51]. Utilizarea metadatelor urmărește organizarea, identificarea, regăsirea, arhivarea și păstrarea structurilor de date, precum și creșterea gradului de interoperabilitate a sistemelor informaționale.

Conform [52], procesele de modelare a metadatelor se sprijină pe trei "blocuri structurale":

- Metadatele;
- Schema metadatelor;
- Limbajul de definire a schemei (Fig. 2. 4).

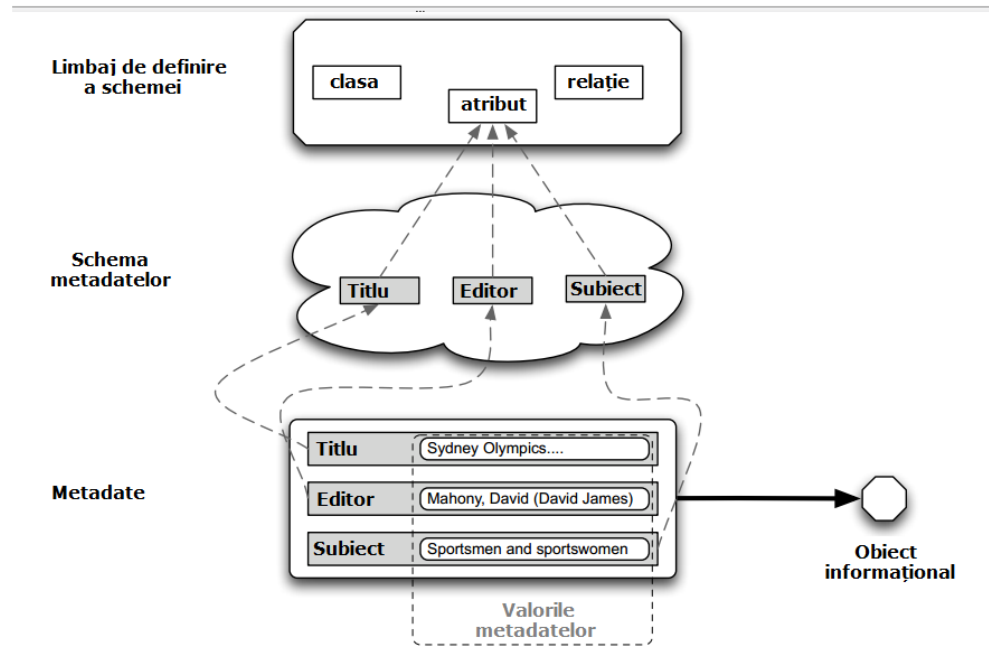


Fig. 2. 4. Modelarea metadatelor, sursa: [52]

În funcție de rolul pe care îl îndeplinesc, [53] clasifică metadatele astfel:

-*metadata descriptive*, care au drept rol înlesnirea descoperirii și identificării resurselor și care se referă la elemente precum titlul, rezumatul, autorul, cuvintele cheie ș.a.m.d.;

-*metadata structurale*, care indică modul de agregare a obiectelor unei structuri, ca de exemplu modul de organizare a paginilor într-un capitol;

-*metadata administrative*, destinate gestionării resurselor prin înregistrarea unor informații cu caracter tehnic, ca de exemplu când și cum a fost creată resursa, tipul fișierului ș.a.m.d..

Odată cu digitizarea masivă a informației, utilizarea metadatelor a devenit imperioasă, fiind dezvoltate numeroase standarde de scriere a metadatelor pentru diverse domenii [54] [55] [56] [57], care permit prelucrarea automată a resurselor cu efect de îmbunătățire a experienței utilizator. În funcție de nivelul de abstractizare, în lucrarea [52] se definește următoarea ierarhie a modelelor de structurare a metadatelor (Fig. 2. 5.):

- metadata, nivelul la care sunt întâlnite instanțele metadatelor;
- modele, reprezentând scheme de metadata pentru aplicații particulare;
- meta-modele, definind un sistem particular de modelare a metadatelor, un limbaj de definire a schemelor de metadata;
- meta-meta-modele, sau limbaje universale de modelare.

Pe baza similitudinilor dintre aspectele referitoare la metadata și ideile exprimate în (vezi subcap. 2.2.) cu privire la date, informație și cunoaștere se poate concluziona că gradul de structurare al informației codificate (vezi Fig. 2. 1. a) depinde în mod direct de nivelul de abstractizare al metadatelor și, implicit, de modelul de date ales.

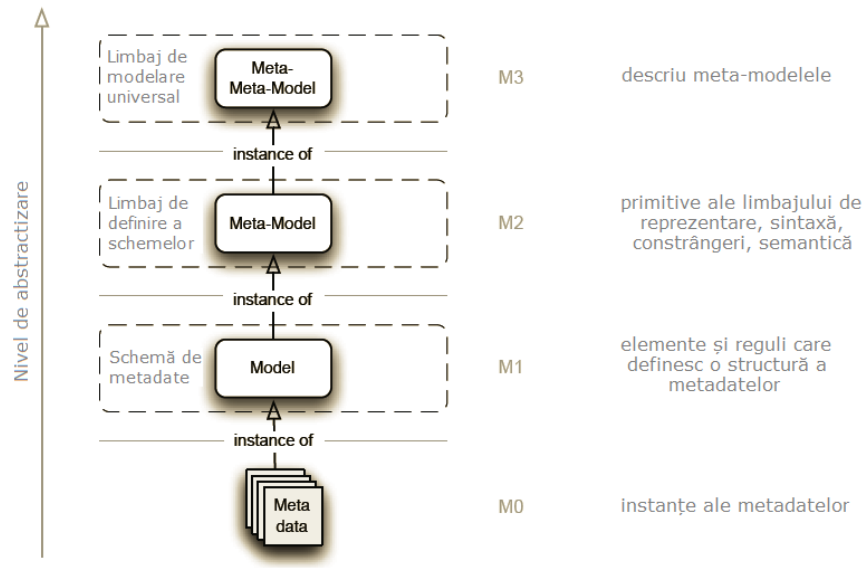


Fig. 2. 5. Modele de structurare a metadatelor, prelucrare după [52]

### Vocabular, sintaxă, limbaj

Pentru a putea prelua și transmite informații este nevoie de un *vocabular*, concept definit în [58] ca un set de cuvinte utilizat într-un limbaj particular. *Vocabularul* poate fi văzut ca reprezentând cărămizile cu care este construit limbajul, liantul dintre acestea fiind reprezentat de sintaxa adoptată.

Privit prin prisma *IT&C*, conceptul definește un grup de termeni predefiniți care guvernează reprezentarea cunoașterii și declarațiile despre un anumit subiect de interes. *Vocabularele* pot fi controlate, de tipul indexărilor, clasificărilor, tezaurelor (termeni ca broader, narrower, etc.), sau deschise, precum cel destinat instanțelor standardului TM sau RDF.

Un exemplu de vocabular din *IT&C* este bine-cunoscutul *Dublin Core* [59]. Acesta stabilește un set de 15 descriptori care pot fi utilizați pentru exprimarea unor tipuri de metadata cu privire la conținutul, proprietatea intelectuală și instanțierea unei resurse informaționale (Tabelul 2. 4.).

Tabelul 2. 4. Dublin Core – un vocabular destinat exprimării metadatelor

Conținut	Proprietate intelectuală	Instanțiere
Title	Creator	Data
Subject	Publisher	Format
Description	Contributor	Identifier
Type	Rights	Language
Source		
Relation		
Coverage		

Din punct de vedere lingvistic, *sintaxa* reprezintă o "parte a gramaticii care studiază funcțiile cuvintelor și ale propozițiilor în vorbire și care stabilește regulile de îmbinare a cuvintelor în propoziții și a propozițiilor în fraze" [60]. Prin analogie cu definiția anterioară, în domeniul reprezentării cunoașterii (*KR* – "*Knowledge Representation*") *sintaxa* se referă la un set de reguli de compoziție a termenilor unui vocabular pentru formarea expresiilor corecte în cadrul unui limbaj.

Termenul de *limbaj* se referă la o unealtă de comunicare între două sau mai multe entități, descrisă de perechea (vocabular, sintaxă) care asigură conceptele, respectiv regulile, care guvernează interschimbul informațional.

Transformarea termenilor și/sau expresiilor dintr-un *limbaj* în altul poartă denumirea de *traducere* și constă în definirea echivalenței dintre cuvintele celor două *vocabulare*, pe de o parte, și interpretarea celor două *sintaxe*, una față de cealaltă, pe de altă parte. În acest fel, însemnătatea mesajului ar trebui să rămână aceeași, indiferent de limbajul în care este citită expresia.

*Traducerea* are ca scop schimburile informaționale între entități care utilizează limbaje diferite, dar care convin asupra unuiia comun. Capacitatea a două sau mai multor sisteme informatice de a interschimba construcții informaționale scrise după regulile unor modele de date diferite se numește *interoperabilitate*.

### **Interoperabilitatea – un factor imperativ**

*Interoperabilitatea* este definită în [61] ca un proces care "apare atunci când doi sau mai mulți actori – persoane, organizații, dispozitive, sisteme, aplicații, componente sau obiecte comunică și colaborează – sau interacționează – în scopul atingerii unui obiectiv comun". Gradul de interoperabilitate variază în funcție de calitatea legăturilor dintre acțiunile sau serviciile care sprijină sau mediază interacțiunea dintre două entități, precum și de nivelul lor de competență și performanță în ce privește colaborarea.

Pentru atingerea unei interoperabilități sporite între sistemele informaționale din sănătate, experți și grupuri de cercetare în domeniile medical și al informaticii medicale au dezvoltat o serie de standarde de comunicare (*Health Level Seven – HL7, Health Level Seven Clinical Document Architecture – HL7 CDA, Digital Imaging and Communications in Medicine – DICOM, CEN/ISO 13606 EHR Communication standard*), mesajele între aplicații fiind, de obicei, transmise în formate scrise în limbajul XML [62] [63] [64] [65].

Principiile care stau la baza modelării corecte a comunicării dintre sistemele medicale sunt tratate în [66] și fac referire la circumstanțele care concură la definirea stării de interoperabilitate:

- existența unui lanț al interoperabilității format din actori care sprijină sau mediază comunicarea dintre două entități;
- existența competențelor (cunoaștere) și aptitudinilor (performanță) care să permită colaborarea.

În ce privește gestionarea conținutului, metadatele reprezintă o pârghie importantă pentru ridicarea gradului de inteoperabilitate, un plus de valoare având cele exprimate cu ajutorul vocabularelor standardizate (Tabelul 2. 5.). Utilizarea metadatelor asigură nu doar descrierea resurselor informaționale, ci și interconectarea lor.

Tabelul 2. 5. Metadatele lucrării exprimate cu ajutorul vocabularului Dublin Core

- dc.title = Contribuții privind integrarea cunoașterii medicale utilizând standardul Topic Maps
- dc.creator = Daniel Dragu
- dc.subject = Reprezentarea cunoașterii
- dc.description = Lucrarea tratează aspecte referitoare la implementarea unor metode noi de utilizare a resurselor informaționale, în scopul îmbunătățirii rezultatelor generate de către sistemele informatice bazate pe tehnici de inteligență artificială
- dc.publisher = Daniel Dragu
- dc.contributor = Universitatea "Politehnica" Timișoara
- dc.date = 2014 (W3CCDTF)
- dc.type = Text (DCMITYPE)
- dc.format = application/pdf (IMT)
- dc.identifier = <https://sites.google.com/site/medinfocercetare/Lucrare.pdf>
- dc.language = ro (rfc4646)
- dc.source = <https://sites.google.com/site/medinfocercetare/Lucrare.pdf>
- dc.rights = Universitatea "Politehnica" Timișoara

Pe baza acestor factori, [61] definește un set de niveluri de interoperabilitate (Tabelul 2. 6.) și statuează că "nivelul de interoperabilitate necesar depinde de paradigma serviciului de sănătate, care se transformă dintr-un proces controlat cu orientare organizațională într-unul de îngrijire personalizată"

Tabelul 2. 6 Niveluri de interoperabilitate, sursa [61]

Nivel de interoperabilitate	Instanțe
Interoperabilitate tehnică	Sisteme de tip plug&play, compatibilitate la nivelul semnalelor și protocoalelor
Interoperabilitate structurală	Sisteme de transfer electronic al datelor (Electronic Data Interchange)
Interoperabilitate sintactică	Mesaje, documente clinice, vocabulare agreate
Interoperabilitate semantică	Mesaje complexe, terminologie și modele informaționale comune
Interoperabilitate la nivel de organizații/servicii	Procese comune de afaceri

Soluția pentru atingerea interoperabilității semantice între diverse sisteme informaționale [67] [68] este dată de tehnologiile semantice, acestea propunând codificarea înțelesului în cadrul construcțiilor informaționale, cu scopul de a asigura interschimbul de termeni și/sau expresii, indiferent de modelul de date în care au fost scrise. Teoriile enunțate și aplicațiile prezentate în lucrarea curentă sprijină ideea de interoperabilitate prin intermediul tehnologiilor semantice, considerate a fi un catalizator al procesului de integrare a resurselor informaționale.



### **Concluzie**

Termenul de model de date se referă la mecanismul prin care un univers de interes poate fi exprimat, astfel încât comunicarea între entități interesate de respectivul univers să se realizeze în mod eficient. Nivelul de abstractizare al modelului de date se răsfrânge asupra rezultatului reprezentării, determinând gradul maxim de descriere și granularitate, cu influență directă asupra semanticii și expresivității reprezentării, dar și a complexității ei.

### **2.3.2. Modele de date pentru reprezentarea cunoașterii**

Privite prin prisma setului de termeni destinați reprezentării domeniului de interes, modelele de date au fost categorisite în vocabulare controlate și vocabulare deschise [69]. Decizia de utilizare a unui anumit vocabular derivă, de obicei, din specificul aplicației, însă nu trebuie neglijate nevoia de dezvoltare ulterioară a acesteia sau cerințele de interoperabilitate cu alte aplicații. În continuare sunt introduse câteva dintre vocabularele cele mai utilizate în informatică, cele mai multe dintre acestea fiind prezentate prin analogie cu concepte relative la domeniul lingvistic.

#### **2.3.2.1. Vocabulare controlate**

Denumirea de vocabulare controlate se referă la modele de organizare a cunoașterii cu ajutorul unor termeni predefiniți care guvernează structura reprezentării. Elementele de structură predefinite asigură vocabularelor controlate avantajul de a fi ușor de asimilat și reutilizat, însă limitează expresivitatea și gradul de detaliere al reprezentărilor rezultate. Cele mai cunoscute modele de vocabulare controlate sunt indexurile, lexicoanele, glosarele, dicționarele, taxonomiile și tezaurele.

#### ***Indexurile***

Un index reprezintă, din punct de vedere livresc, o listă de termeni, "o hartă a cunoașterii dintr-o carte" [70] care înglobează tipuri de termeni și numele instanțelor lor, indicatori de locație pentru termeni, tipuri de referințe și instanțele lor, sinonime și omonime ale termenilor indexului. Indexurile sunt, în fond, colecții de elemente de documentare, iar scopul în care au fost create este acela de a înlesni regăsirea informațiilor [71].

#### ***Dicționarul***

Din punct de vedere lingvistic, un *dicționar* este definit în [60] ca fiind o "operă lexicografică cuprinzând cuvintele unei limbi, ale unui dialect, ale unui domeniu de activitate, ale unui scriitor etc., organizate într-o anumită ordine (de obicei alfabetică) și explicate în aceeași limbă sau traduse într-o limbă străină". În IT&C un dicționar reprezintă, de asemenea, o colecție de informații explicate sau traduse, dar se utilizează mai des în forma sa restrânsă, precum *lexiconul* – un dicționar al unui domeniu sau ramuri, sau *glosarul* - "o listă de termeni dintr-un topic de interes, domeniu sau arie de utilizare, împreună cu definițiile lor" [72].

### Taxonomiile

O taxonomie reprezintă, de asemenea, un tip de vocabular controlat definit ca model de structurare ierarhică a informației, de obicei sub formă arborescentă, prin intermediul unor relații între termeni de tip părinte-copil, caracterul reprezentării fiind mai general ("broader"), în cazul părintelui, și mai specializat ("narrower"), în cazul copilului. Este un sistem simplu de clasificare a cunoștințelor pe principiul moștenirii (Fig. 2. 6.), echivalent implicației logice [73].

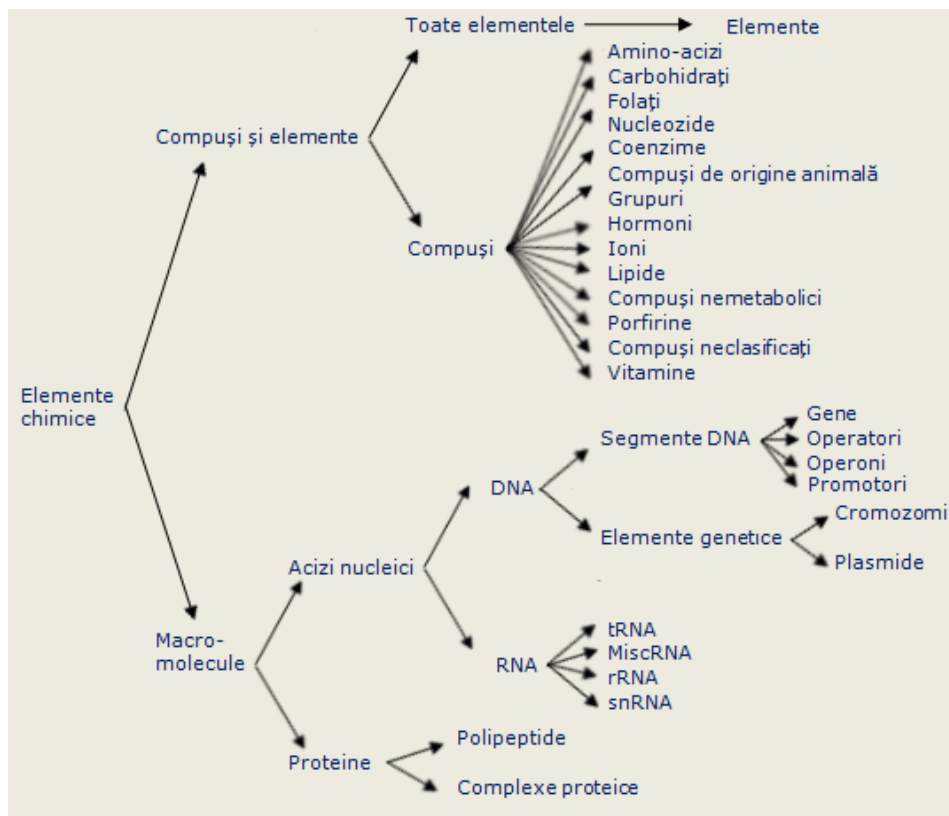


Fig. 2. 6. Exemplu de taxonomie, prelucrare după [74]

### Tezaurile

Tezaurul (Fig. 2. 7.) este un model de structurare a informației în funcție de anumite similarități care apar între termeni, aceștia fiind conectați între ei prin intermediul relațiilor. Pentru structurarea informațională sunt utilizate de obicei trei tipuri de relații: ierarhice (termen general - "broader term" / termen specific - "narrower term"), asociative (vezi - "see also") și de echivalență (folosește/folosește din - "use/used from" sau vezi/văzut în - "see/seen from") [69]. Tezaurul este un tip de vocabular controlat ai cărui termeni pot prezenta note descriptive pentru istoria proprie, note pentru specificarea contextului, scurte explicații.

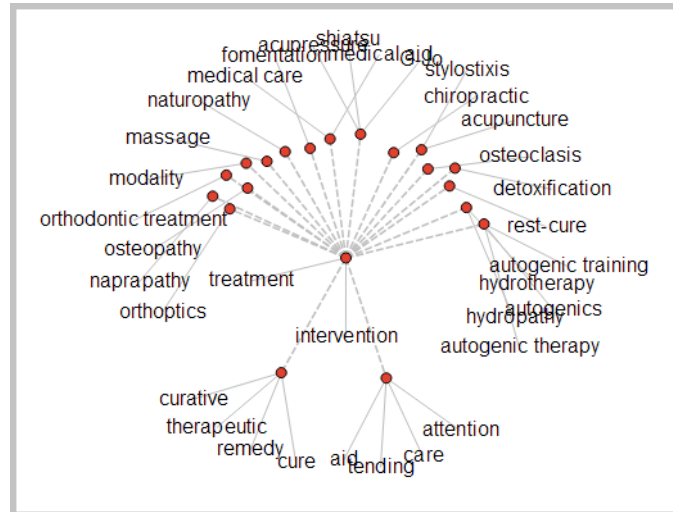


Fig. 2. 7. Visual Thesaurus [75] – o soluție pentru vizualizarea conceptelor într-un tezaur (termenul căutat - "treatment"<sup>3</sup>)

Un exemplu de tezaur destinat domeniului medical este *MeSH* (Fig. 2. 8.), în care termenii sunt structurați pe trei niveluri: *Descriptori*, *Concepte* și *Termeni*, termenii cu caracter general regăsindu-se în ierarhie deasupra celor cu specificitate mai mare. Fiecare termen este, de fapt, reprezentarea unui subiect de interes din domeniul medical, iar vocabularul *MeSH* conține 83 de subtermeni (în engl. "subheadings") sau agenți de calificare (în engl. "qualifiers") [76] care au menirea de a descrie anumite caracteristici sau aspecte particulare ale termenilor.

- [Digestive System \[A03\]](#)
  - [Biliary Tract \[A03.159\]](#)
    - [Bile Ducts \[A03.159.183\]](#)
      - [Bile Ducts, Extrahepatic \[A03.159.183.079\]](#)
        - [Common Bile Duct \[A03.159.183.079.300\]](#)
          - [Ampulla of Vater \[A03.159.183.079.300.950\]](#)
            - [Sphincter of Oddi \[A03.159.183.079.300.950.600\]](#)
          - [Cystic Duct \[A03.159.183.079.450\]](#)
          - [Hepatic Duct, Common \[A03.159.183.079.600\]](#)
        - [Bile Ducts, Intrahepatic \[A03.159.183.158\]](#)
          - [Bile Canaliculi \[A03.159.183.158.125\]](#)
      - [Gallbladder \[A03.159.439\]](#)
    - [Gastrointestinal Tract \[A03.556\]](#)
      - [Intestines \[A03.556.124\]](#)
        - [Intestinal Mucosa \[A03.556.124.369\]](#)
          - [Enterocytes \[A03.556.124.369.290\]](#)
          - [Goblet Cells \[A03.556.124.369.320\]](#)

Fig. 2. 8. MeSH – un tezaur cu termeni medicali

<sup>3</sup> *trad.* – tratament

**Concluzie**

Modelele de date de tip vocabulare controlate sunt unelte puternice de organizare și structurare a datelor. Setul de termeni specifici unui vocabular determină gradul de expresivitate al acestuia și, implicit, posibilitățile de descriere și detaliere a conceptelor. De asemenea, este de așteptat ca nivelul de complexitate al reprezentărilor să fie direct proporțional cu dimensiunea vocabularului.

Vocabularele controlate au fost și sunt utilizate frecvent datorită simplității lor și a interoperabilității la nivel sintactic pe care o oferă, însă limitează posibilitățile de exprimare în legătură cu un topic de interes. În scopul depășirii acestor inconveniente, au fost dezvoltate modele de date care elimină constrângerile de ordin terminologic, oferind creatorului posibilitatea definirii propriului set de termeni, astfel încât acesta să corespundă cât mai bine cerințelor de reprezentare și comunicare. Aceste modele de date poartă denumirea de *vocabulare deschise*.

**2.3.2.2. Vocabulare deschise**

Denumirea de *vocabular deschis* se referă la o colecție de termeni definiți de creatorul schemei de reprezentare a unui subiect/fragment de realitate. Cu alte cuvinte, mulțimea de termeni cu ajutorul cărora se realizează reprezentarea este vidă la inițierea modelării, iar mărimea și componența ei la terminarea procesului depind nu doar de gradul de detaliere al reprezentării, cerințele de comunicare sau nivelul de expresivitate dorit, ci și de, *nota bene*, amplitudinea cunoașterii domeniului reprezentat de către creatorul schemei.

Literatura de specialitate [69] tratează diferențele dintre un *vocabular controlat* sau *fix* și unul *deschis*, descriindu-l pe cel din urmă ca fiind, în general, apanajul ontologilor.

Avantajele vocabularelor deschise se referă, în primul rând, la faptul că nu sunt impuse constrângeri în legătură cu termenii care vor fi utilizați, gradul de abstractizare este foarte ridicat, iar nivelul de expresivitate al reprezentării poate fi modelat.

**Ontologii**

Ontologiile publicate și acceptate sunt pârghia pentru trecerea de la interoperabilitatea pur sintactică la cea semantică [77] și sunt văzute ca niște colecții formate din tipurile de entități specifice domeniului care urmează a fi descris, relațiile dintre aceste entități și atributele specifice entităților aparținând unor tipuri diferite [78]. Ontologiile, spre deosebire de terminologii, au avantajul că nu sunt structuri statice, iar soluțiile bazate pe utilizarea lor aduc beneficii care se referă la identificarea unică a entităților, clasificarea, descrierea și interconectarea acestora într-o formă bazată pe grafuri, care permite raționamentul pe baza cunoașterii acumulate.

Un sistem bazat pe cunoaștere utilizează un model de date pentru a reprezenta, stoca și disemina cunoștințe cu scopul de a obține un comportament inteligent din partea mașinilor. Aceste modele sunt, de fapt, formalisme de reprezentare a cunoștințelor, cu grade diferite de abstractizare, de captură a semanticii, de lizibilitate pentru om și/sau computer. În acest context, eforturile cercetătorilor au fost orientate spre dezvoltarea de limbaje și standarde pentru reprezentarea cunoștințelor, cele mai cunoscute fiind RDF, OWL, TM, DAML+OIL, etc. [79] [80] [4] [81]

Este de la sine înțeles că orice reprezentare a cunoștințelor despre un anumit subiect sau domeniu este eficientă doar dacă aserțiunile ontologice care o compun (Fig. 2. 9.) sunt acoperitoare pentru subiectul sau domeniul respectiv și nu conduc la ambiguități sau imposibilități de determinare. Totodată, reprezentarea trebuie să poată fi modificată și actualizată într-un mod cât mai simplu, dar și să ofere rigurozitate, de exemplu prin eliminarea sau rezolvarea aserțiunilor conflictuale sau redundante.

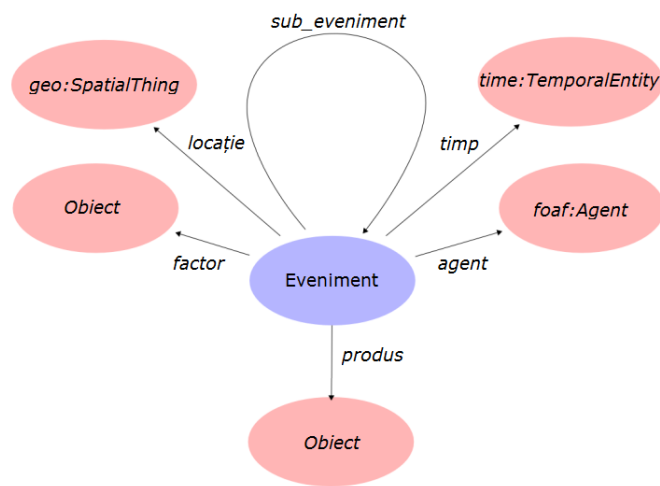


Fig. 2. 9. Ontologia conceptului "Eveniment", după [82]

Din punct de vedere al relației cu entitățile pe care le descriu, cunoștințele se prezintă sub două forme:

- "legate" de o persoană sau *personalizate*;
- "încorporate" în obiecte sau *reprezentate*.

Dinamica producției și utilizării lor este imposibil de înțeles în absența unuia sau altuia dintre cele două tipuri de cunoaștere, precum și a interdependenței dintre ele. Cu alte cuvinte, "producția de cunoștințe personalizate necesită cunoștințe reprezentate (...), iar producția și utilizarea cunoștințelor reprezentate necesită cunoștințe personalizate" [83].

Ontologiile încep să suscite interesul tot mai multor comunități științifice, astfel că o căutare cu ajutorul *Google* returnează un număr de aproximativ 10.800.000 (la data de 15.09.2013) de pagini indexate care conțin cuvântul "ontology". O definiție foarte simplistă, dar destul de generală a ontologiilor statuează că "descriu conceptele de bază specifice unui domeniu și relațiile dintre aceste concepte" [84], altfel spus, ontologiile sunt un *schelet pentru reprezentările formale ale cunoștințelor referitoare la un anumit domeniu, un "interludiu" între un set de date disparate și forma lor organizată*.

Implicând un nivel mai mare sau mai mic de subiectivism, cunoașterea personalizată tinde să păstreze unele nuanțe specifice persoanei care o deține, acestea având influență directă asupra reprezentării conceptelor care aparțin domeniului modelat. Astfel, se poate spune că orice aserțiune în legătură cu un subiect de interes reflectă cunoștințele cu privire la subiectul în discuție ale celui care face aserțiunea. Acest comportament al ontologiilor poate fi exploatat, de exemplu, în situația în care se dorește evaluarea nivelului calitativ și cantitativ de

cunoaștere al creatorului asupra unui topic de interes, însă este, cel mai probabil, total contraproductiv dacă rezultatul reprezentării este destinat utilizării în comun cu alte/de către alte entități, situație în care descrierea trebuie să fie acoperitoare pentru domeniul de aplicații, imparțială și impersonală.

Elementele principale (Fig. 2. 10.) în proiectarea unei ontologii sunt: clase sau concepte, proprietăți ale fiecărui concept (descriu atribute și însușiri ale conceptului), relațiile între concepte și constrângeri.

```

<owl:Class rdf:ID="Profesor">
  <rdfs:label>Profesor</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Facultate" />
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Facultate">
  <rdfs:label>membru al facultății</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Angajat" />
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Angajat">
  <rdfs:label>Angajat</rdfs:label>
  <owl:intersectionOf rdf:parseType="Colecție">
    <owl:Class rdf:about="#Persoana" />
  </owl:Restriction>
  <owl:onProperty rdf:resource="#lucreazăPentru" />
  <owl:someValuesFrom>
    <owl:Class rdf:about="#Organizație" />
  </owl:someValuesFrom>
</owl:Restriction>
</owl:intersectionOf>
</owl:Class>
...<owl:ObjectProperty rdf:ID="profesorPentru">
  <rdfs:label>predă</rdfs:label>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Facultate" />
  <rdfs:range rdf:resource="#Curs" />
</owl:ObjectProperty>

```

Fig. 2. 10. Exemplu de ontologie OWL - clasa "Profesor"

Din punct de vedere matematic, o *ontologie* este văzută ca un triplet

$$O = (C, S, isa), \quad (1)$$

unde

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\} \quad (2)$$

reprezintă un *set de concepte*, în care fiecare concept  $c_i$  se referă la un set de obiecte din lumea reală (instance ale conceptelor),

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\} \quad (3)$$

este un *set de roluri* între concepte, iar

$$isa = \{isa_1, isa_2, \dots, isa_p\} \quad (4)$$

se referă la un *set de relații de moștenire* definite între concepte. Relațiile de moștenire păstrează semantica subseturilor și definesc o ordine parțială asupra conceptelor [85].

O instanță a unui concept (clasă) poate fi definită ca:

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_q\}, \quad (5)$$

unde fiecare  $i_w$  este o instanță a unei clase  $c_x \in C$ . Instanța include o valoare concretă pentru fiecare set de roluri  $r_y$  asociate cu  $c_x$  sau cu părinții lor (definiți cu ajutorul setului *isa*) [86].

Dar cum relaționează ontologiile și reprezentarea cunoștințelor? Așa cum observa și [87], foarte mulți cercetători sunt de părere că ontologiile sunt "structura de modelare corespunzătoare pentru reprezentarea cunoștințelor", în timp ce [88] descrie ontologiile ca fiind "reprezentări ale cunoașterii într-un mod radical incomplet", afirmație pertinentă dacă acceptăm că, de exemplu, abilitățile deținute de un individ și care sunt parte a cunoștințelor acumulate de acel individ nu vor putea fi reprezentate niciodată. Într-o pledoarie cu privire la uneltele SW dezvoltate de consorțiul W3C, [89] denuște ontologiile "*modele semantice*", despre care afirmă că sunt "inteligibile, utile, durabile și poate chiar frumoase".

În funcție de aspectele care interesează, pot fi făcute o mulțime de clasificări ale ontologiilor, cele prezentate aici fiind considerate a avea o însemnătate crescută pentru crearea imaginii de ansamblu asupra obiectului cercetării:

- a) în funcție de complexitatea reprezentării:
  - vocabulare controlate (liste de termeni/concepte)
  - taxonomii;
  - baze de date relaționale și orientate obiect;
  - baze de cunoștințe;
  - logici descriptive.
- b) în funcție de tipul de reprezentare:
  - generice,
  - orientate către domeniu (domain-oriented);
  - orientate spre sarcină sau operaționale (task-oriented).

Se poate afirma că ontologiile, așa cum sunt ele cunoscute în domeniul IT&C, reprezintă baza cunoașterii și comunicării în acest domeniu, în condițiile în care descriu modul de achiziție, structurare și diseminare a datelor, informațiilor și cunoștințelor.

Pe baza celor descrise anterior în acest subcapitol, autorul lucrării definește o *ontologie* ca fiind

*o modalitate de abstractizare controlată, expandabilă și independentă de tehnologie a cunoașterii reale despre un anumit subiect/domeniu, menită să descrie un fragment structural al acestuia ca șablon pentru reprezentarea acelu subiect/domeniu.*

Astfel, o *ontologie* permite extensia sa cu alte elemente de structură, adăugarea ulterioară de informații referitoare la subiectul/domeniul pe care îl modelează, descrierea conținutului reprezentării, precum și înțelegerea comportamentului acesteia, în special de către dezvoltatorii de programe software și mai puțin de către utilizatorii finali. Figura 2.11 prezintă o parte din ontologia care guvernează *DBPedia*, și în care se observă că au fost definite clase, relații de tip superclasă-

subclasă, relații tip-instanță și diferite attribute ale claselor, considerate relevante pentru acea clasă.

<i>Clasă</i>	<i>Instanțe</i>	<i>Exemple de proprietăți</i>
Person	198,056	name, birthdate, birthplace, employer, spouse
Artist	54,262	activeyears, awards, occupation, genre
Actor	26,009	academyaward, goldenglobeaward, activeyears
MusicalArtist	19,535	genre, instrument, label, voiceType
Athlete	74,832	currentTeam, currentPosition, currentNumber
Politician	12,874	predecessor, successor, party
Place	247,507	lat, long
Building	23,304	architect, location, openingdate, style
Airport	7,971	location, owner, IATA, lat, long
Bridge	1,420	crosses, mainspan, openingdate, length
Skyscraper	2,028	developer, engineer, height, architect, cost
PopulatedPlace	181,847	foundingdate, language, area, population
River	10,797	sourceMountain, length, mouth, maxDepth
Organisation	91,275	location, foundationdate, keyperson
Band	14,952	currentMembers, foundation, homeTown, label
Company	20,173	industry, products, netincome, revenue
Educ.Institution	21,052	dean, director, graduates, staff, students
Work	189,620	author, genre, language
Book	15,677	isbn, publisher, pages, author, mediatype
Film	34,680	director, producer, starring, budget, released
MusicalWork	101,985	runtime, artist, label, producer
Album	74,055	artist, label, genre, runtime, producer, cover
Single	24,597	album, format, releaseDate, band, runtime
Software	5,652	developer, language, platform, license
TelevisionShow	10,169	network, producer, episodenumber, theme

Fig. 2. 11. Fragment din Ontologia DBpedia, sursa [90]

Motivele care ar putea conduce la decizia de a proiecta și dezvolta o ontologie sunt enumerate în [91] și fac referire la:

- partajarea construcțiilor informaționale între persoane sau agenți software,
- reutilizarea reprezentării,
- explicitarea afirmațiilor pe baza cunoașterii acumulate,
- delimitarea cunoașterii despre domeniu de cunoașterea operațională,
- analiza cunoașterii acumulate.

Întrucât descriu structurile reprezentărilor, ontologiile pot fi scrise și memorate sub formă de scheme, chiar definite ad-hoc, însă, pentru menținerea unei capacități sporite de interoperabilitate și, implicit, de integrare cu alte ontologii, se folosesc formule precum schemele destinate bazelor de date, schemele XML sau diagramele UML. Flexibilitatea procesului de scriere a ontologiilor este, de asemenea, reflectată de varietatea sintaxelor, cele mai utilizate fiind N3 [92], XML/RDF [93], sintaxa Manchester pentru OWL2 [94], XML/TM – XTM [95], sintaxa compactă pentru TM [96].

Procesul de concepere a ontologiilor este consumator de resurse umane înalt specializate, atât în domeniul care urmează a fi reprezentat, cât și în ingineria cunoașterii. Pe baza cunoștințelor deținute, experții celor două domenii convin asupra paradigmatelor de reprezentare care urmează a fi utilizate, astfel încât rezultatul să răspundă cât mai bine cerințelor impuse. Etapele de realizare a unei ontologii prevăd:



- stabilirea limitelor domeniului de interes;
- crearea structurii ontologiei;
- achiziția cunoașterii;
- testarea ontologiei;
- publicare ontologiei.

O metodologie de creare a ontologiilor este prezentată în [91] și prevede descrierea explicit-formală a conceptelor domeniului în discuție, a proprietăților fiecărui concept și a restricțiilor impuse acestor proprietăți. Toată această structură, denumită ontologie, împreună cu instanțele conceptelor sale reprezintă o bază de cunoștințe [91].

Pentru a fi mai ușor de înțeles de către om, ontologiile pot fi reprezentate grafic, prin utilizarea unei convenții de notare (Fig. 2. 12.), cel mai bun exemplu în acest sens fiind paradigma *Concept Maps*. Modelele grafice de definire a ontologiilor sunt unelte care permit structurarea și organizarea cunoașterii, asigurând un nivel ridicat de lizibilitate asupra conceptelor domeniului și a relațiilor dintre acestea și sunt utilizate cu precădere în etapele de proiectare ontologică.

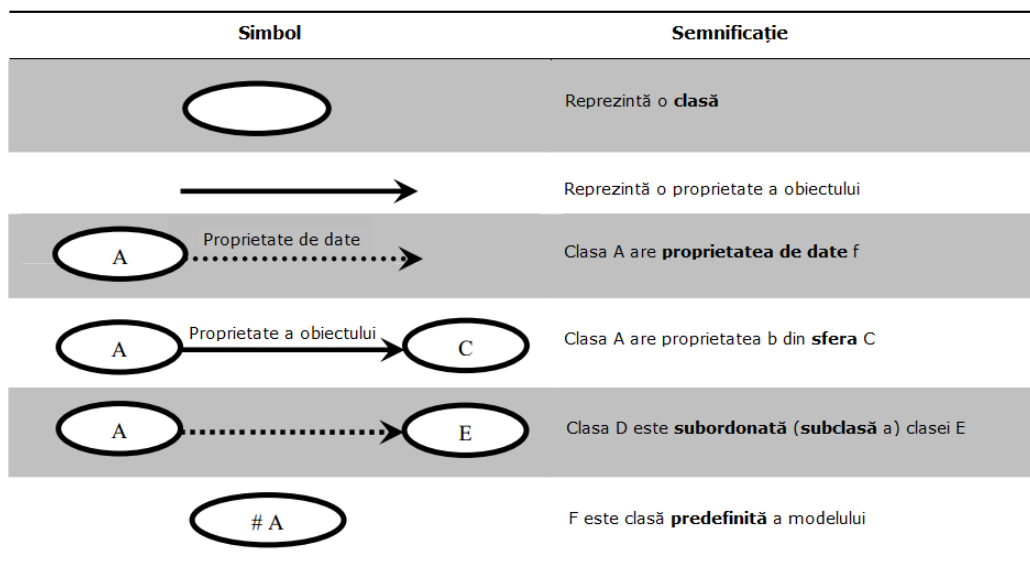


Fig. 2. 12. Convenție de notare pentru reprez. grafică a ontologiilor, sursa [97]

Pe lângă faptul că înlesnesc înțelegerea de către oameni a formei în care este organizată și structurată cunoașterea, ontologiile pot reprezenta adevărate pârghii pentru integrarea automată a construcțiilor informaționale, indiferent de granularitatea lor, într-un mediu cu grad ridicat de redundanță, cu rezultate constând în reprezentări mult mai detaliate ale subiectelor de interes.

Beneficiile reprezentării cunoașterii cu ajutorul ontologiilor conduc către tentația implementării lor pe scară largă, însă dificultățile întâlnite, atât în procesul de modelare, cât și în cel de utilizare, pot genera erori sau blocaje în dezvoltarea aplicațiilor. Cu toate acestea, un număr din ce în ce mai mare de inițiative urmăresc interconectarea elementelor de date, informații și cunoaștere și trecerea la *SW* - "un *Web de date*" [98], ontologiile fiind pietre de temelie ale acestui demers.

### 2.3.2.2.1. **Linked Data – date structurate pe Web**

Văzut ca o paradigmă capabilă să producă tranziția de la un *Web* de documente la unul de date aflate în interrelație [99], termenul de *Linked Data* se referă la următorul set de principii exprimate la modul imperativ și destinate publicării și interconectării pe *Web* a datelor structurate [100]:

1. Folosește identificatori de tip *URI (Uniform Resource Identifier)* pentru denumirea lucrurilor;
2. Folosește identificatori *URI HTTP (Hypertext Transfer Protocol)* astfel încât oamenii să poată descifra acele denumiri;
3. Oferă informații utile, bazate pe standarde (*RDF, SPARQL*) celor care au nevoie de un *URI*;
4. Include legături către alți identificatori *URI* astfel încât oamenii să poată descoperi mai multe lucruri.

Conceptul urmărește atingerea unui nivel de comunicare superior la nivel de *Web*, prin distribuirea informațiilor într-o formă care să permită altor entități, utilizatori umani sau aplicații, să le înțeleagă și să le folosească.

### 2.3.2.2.2. **Linked Open Data – date structurate disponibile liber pe Web**

Conceptul de *Linked Open Data (LOD)* este definit în [100] ca fiind date structurate distribuite pe *Web (Linked Data)* "sub o licență deschisă, care nu împiedică reutilizarea lor în mod liber". Lucrarea [101] este o pledoarie pentru distribuția liberă pe *Web* a datelor structurate și definește un set de valori, precum universalitatea, deschiderea, neutralitatea, transparența, extensibilitatea și respectul, ca fundament pentru creșterea valorii *Web*-ului.

Metodologia de evaluare cu privire la îndeplinirea cerințelor *LOD* este descrisă în [100] și statuează o creștere a calității datelor pe măsura parcurgerii succesive a următoarelor etape:

1. Să fie disponibile pe *Web* (indiferent de format) cu licență deschisă;
2. Să fie disponibile pe *Web*, cu licență deschisă, dar în format interpretabil de către mașini (ex. fișier de tip *.xls* în locul unei imagini scanate a unui tabel);
3. Idem (2), dar formatul să nu poată fi revendicat de un proprietar;
4. (1), (2) și (3), iar identificarea lucrurilor să se realizeze conform standardelor *W3C (RDF și SPARQL)*;
5. (1), (2), (3) și (4), plus contextualizarea datelor prin conectarea lor la date din alte seturi;

Datele de tip *LOD* sunt deja o certitudine [102] [103] [104], iar simpla lor existență transcende nevoia de a cunoaște codul sursă al aplicațiilor care le gestionează astfel că, dacă tendința spre deschidere a participanților la *Web* își menține trendul ascendent, cel de-al doilea scenariu descris în [105], în care *Web*-ul deschis va domina, devine din ce în ce mai plauzibil.

2.3.2.2.3. **Semantic Web**

Încă de la începuturile *World Wide Web* a fost adusă în discuție posibilitatea ca mașinile să recunoască subiectele reprezentărilor digitale, soluțiile propuse orientându-se în două direcții principale:

- instruirea și învățarea computerelor să extragă singure înțelesul conceptelor reprezentate, utilizând tehnici de inferență [106] [107];
- apelarea la formate de scriere a informațiilor conținute în documente care să poată fi citite de către mașini și introducerea de valori relaționale pentru *link-uri* [108].

Dacă abordarea inferențială reprezenta calea mai dificilă, cea de-a doua metodă era destul de la îndemână [109], beneficiind și de faptul că "oamenii înțeleg cum să combine" [110] informațiile cu care se opera, astfel încât, prin sprijinul descentralizat pentru definiția și gestionarea în rețea a documentelor și datelor în format digital [111], *SW* prindea tot mai mult contur.

Adoptarea și integrarea noului concept era motivată mai ales de faptul că, deși paginile *Web* erau legate între ele, conținutul lor era aproape lipsit de înțeles pentru mașini. În acest fel, *Web-ul* avea un comportament static, un concept descris într-o pagină *Web* fiind cunoscut doar în interiorul acelei pagini sau cel mult al *site-ului*. Metodele prin care se încerca acoperirea acestui vid de semantică urmau să se supună unor protocoale și ghiduri, parte a unor standarde deschise, care "să asigure dezvoltarea pe termen lung a *Web-ului*" [112], consorțiul *W3C* ("*World Wide Web Consortium*") asumându-și această responsabilitate.

În anul 2001 sunt definite conceptele și proprietățile care constituie fundamentul *SW* (Fig. 2. 13.), o paradigmă menită să extindă *World Wide Web* și nu să ființeze separat. Totodată, sunt evidențiate și unele provocări pe care le implică o

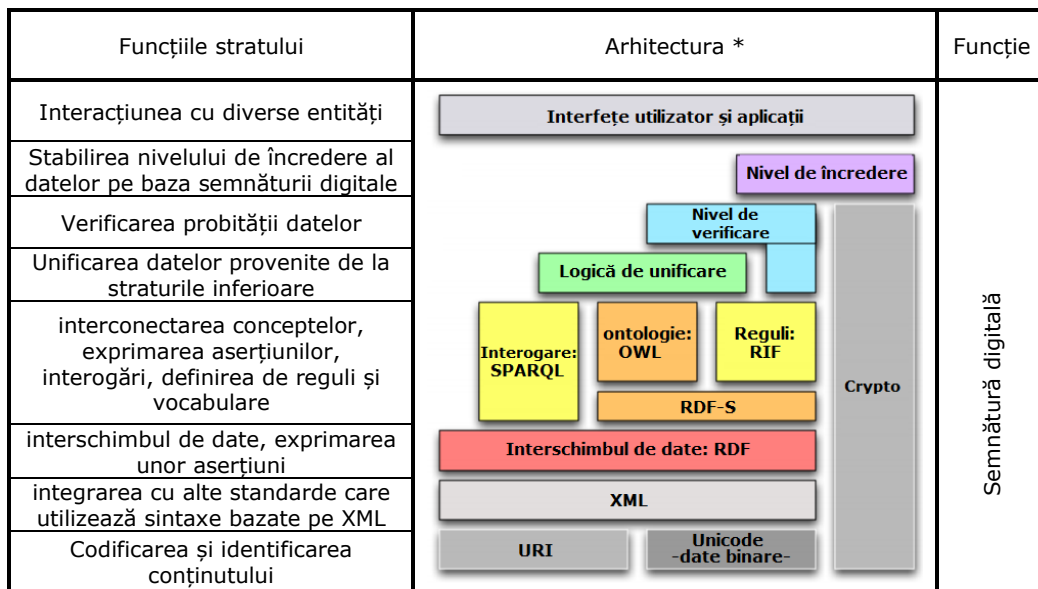


Fig. 2. 13. Stiva *SW*, preluare și prelucrare după [110]

astfel de abordare, printre care și cea a nevoii de "a oferi un limbaj cu care să poată fi exprimate atât *date* cât și *reguli* pentru raționamentul pe baza datelor și care să permită regulilor din orice sistem de reprezentare a cunoașterii existent să fie exportate pe *Web*" [8].

Figura 2. 13 evidențiază faptul că transferul informațional între nivelul cel mai de jos către straturile superioare se realizează cu ajutorul a două tehnologii, *XML* și *RDF*, ambele standardizate și destinate reprezentării conceptelor. Se pune întrebarea de ce este nevoie de ambele. Rolul *XML* este, în principal, de a asigura interoperabilitatea cu alte reprezentări care utilizează sintaxe bazate pe *XML*, însă incapacitatea sa de a asigura o *semantică formală unitară* a condus la ideea utilizării *RDF* pentru descrierea resurselor informaționale. Făcând referire la cele 3 reprezentări în sintaxă *XML* din figura 2. 14, se poate observa că toate transmit minții umane același mesaj: "Maria are un copil pe nume Ivan.", însă acest lucru nu este valabil și în cazul computerelor. În schimb, legătura maternă dintre Maria și Ivan este exprimată explicit ("*ptop:childOf*") și univoc în reprezentarea conformă specificațiilor *RDF*.

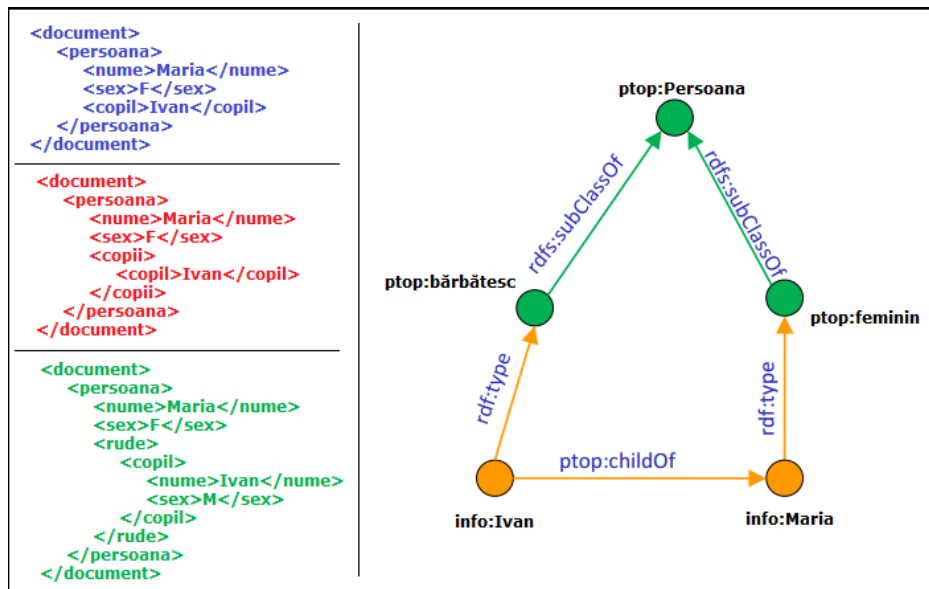


Fig. 2. 14. Comparație XML – RDF, prelucrare utilizând unele resurse din [113]

Așadar, prin trecerea la *SW*, nu mai există constrângerile impuse sistemelor de reprezentare a cunoașterii de a utiliza exact aceeași definiție pentru conceptele reprezentate, facilitând unificarea și integrarea semantică a domeniilor reprezentate. O altă idee se referă la faptul că, "pentru funcționarea *SW*, calculatoarele trebuie să aibă acces la colecții structurate de informații și la seturi de reguli de inferență pe care să le poată folosi pentru a dirija raționamentul automat" [8].

Privind *SW* prin prisma conținutului său, [89] afirmă că paradigma urmărește să impună ideea de conectare a datelor în detrimentul celei de legătură la nivel de pagini *Web*, iar contextul este propice atingerii acestui obiectiv, având în vedere spre exemplu faptul că *Google* speră la o creștere rapidă de la 5% la 50% a procentului de pagini *Web* marcate cu metadata [114].

Aplicațiile SW sunt multiple, unele dintre cele mai comune fiind: reprezentarea cunoașterii, integrarea datelor, *site-uri Web* inteligente, sisteme de asistare a deciziei, note semantice ("*semantic annotations*"), aplicații de tip *wiki*, conectarea automată a seturilor de date de tip "*open*", agenți inteligenți, etc. Unelele specifice SW acoperă o gamă variată de funcțiuni: de stocare (*Triple Stores*), de inferență (*inference engines*), de căutare (*search engines*), de navigare (*browsers Web* semantice), etc.

#### 2.3.2.2.4. **Web 2.0 / Web 3.0**

Deși pare să se refere la versiunea unui software, a unei tehnologii ș.a.m.d., denumirea de Web 2.0 a fost menită să reprezinte mai degrabă o cale de urmat în dezvoltarea aplicațiilor Web. Noua tendință se bazează pe un set de șase reguli [115]:

- *utilizatorii adaugă valoare* – prin participarea implicită și explicită a acestora la dezvoltarea aplicațiilor sau a colecțiilor de date;
- *efectul rețelei este implicit* – oricine poate adăuga valoare unei aplicații pe Web;
- *beta perpetuu* – orientare către servicii software pe Web în detrimentul celei către aplicații monolitice;
- *programele depășesc condiția dispozitivului unic* – definește conceptul dispozitivelor interconectate indiferent de tipul lor;
- *datele sunt următorul "Intel inside"* – utilizatorii și aplicațiile Web trebuie să aibă acces la date, nu să le dețină;
- *platforma este superioară aplicației* - arhitecturi orientate către cooperare și interoperabilitate între serviciile de date.

*Web 3.0*, numit și *Social-Semantic Web*, extinde aplicațiile *Web 2.0* (fig. 3.15.), precum sistemele de etichetare (prin "*tag*"-uri), rețelele sociale, aplicațiile Web destinate utilizării datelor din surse diverse ("*mashups*"), ș.a.m.d. prin utilizarea facilităților oferite de SW și a datelor de tip "*open*" conectate sub forme asemănătoare grafurilor. Această evoluție promite trecerea la "o nouă clasă de aplicații" capabile să răspundă mai bine cerințelor utilizatorilor, localizând și integrând informația în mod automat pe baza legăturilor semantice dintre surse eterogene aflate pe Web [116]. O abordare similară [117] tratează conceptul *Web 3.0* ca pe un set de aplicații Web la scară largă care integrează și sunt alimentate de tehnologii specifice SW (*RDF*, *SPARQL*, *RDFS*, *OWL*, vezi Fig. 2. 15.) capabile să identifice, să integreze și să gestioneze date pe baza descrierii resurselor lor, a metadatelor.

Relațiile dintre metadatele parte a Web 3.0 descriu structura datelor și aparțin fie unor ontologii riguroase, elaborate de specialiști în modelarea cunoașterii, fie chiar unor simple *folksonomii* (clasificări realizate prin cooperarea mai multor entități la etichetarea conținutului) editate de laici ai domeniului [118].

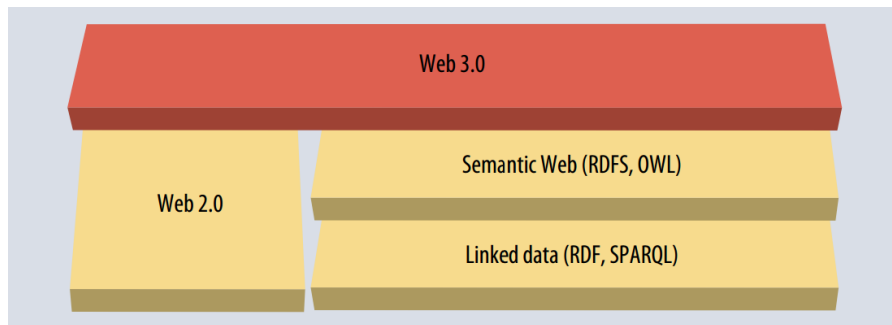


Fig. 2. 15. Web3.0 extinde aplicațiile Web 2.0, sursa: [117]

*Web 3.0* beneficiază, de asemenea, de date structurate disponibile liber pe *Web* ("Linked Open Data"). Conceptul completează și extinde principiile *Web 2.0* referitoare la rețelele sociale, mecanismele de colaborare și participare, metodele de gestionare a conținutului sau tehnologiile de reprezentare și inferență [116].

#### 2.3.2.2.5. **Identificarea conceptelor pe Web**

Ideea identificării resurselor informaționale digitale a condus la elaborarea unei "sintaxe la nivelul inițiativei *World Wide Web* cu care să fie codificate numele și adresele obiectelor pe Internet" [119] prin intermediul identificatorilor de tip *URI*. Demersul a înlesnit crearea legăturilor între paginile *Web* și interconectarea automată a structurilor de date, impulsionând, de asemenea, inițiativele de implementare pe *Web* a aplicațiilor bazate pe tehnologii semantice [120].

La nivelul *SW* identificarea documentelor și conceptelor reale se realizează în mod unitar, pe baza schemelor de tip *HTTP URI*, mecanismul de negociere a conținutului fiind prezentat în [24]. Însă modelul de date *RDF* este doar unul din lista celor care utilizează identificarea resurselor cu ajutorul identificatorilor *URI*, *OWL*, *Topic Maps* și alte forme de reprezentare a cunoașterii adoptând aceeași metodă.

Urmând ideea identificării unice a resurselor, consorțiul *OASIS* (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*) a elaborat un set de specificații menite să "promoveze interoperabilitatea între instanțe *Topic Maps* și alte tehnologii care fac uz în mod explicit de reprezentări abstracte ale subiectelor" [121]. Conform *OASIS*, identificarea subiectelor în discuție se bazează tot pe identificatori de tip *URI*, sub forma indicatorilor de subiect publicați ("*Published Subject Indicators*" – *PSI's*), iar inițiativa se adresează deopotrivă "celor care publică și celor care utilizează ontologii, taxonomii, clasificări, tezaure, registre, cataloage și directoare, dar și aplicațiilor (inclusiv agenți) destinate capturii, colaționării sau agregării informației și cunoașterii" [121].

Așadar, de ce este nevoie, de exemplu, ca o ontologie să aibă conținut identificabil? O ontologie este un set de concepte interrelaționate, iar imposibilitatea identificării părților sale componente ar transforma ontologia într-o structură închisă, fără posibilitatea de comunicare cu alte ontologii. Un *URI* unic atribuit unui element al ontologiei îl transformă într-o resursă care poate fi regăsită și conectată la alte resurse (Fig. 2. 16.).

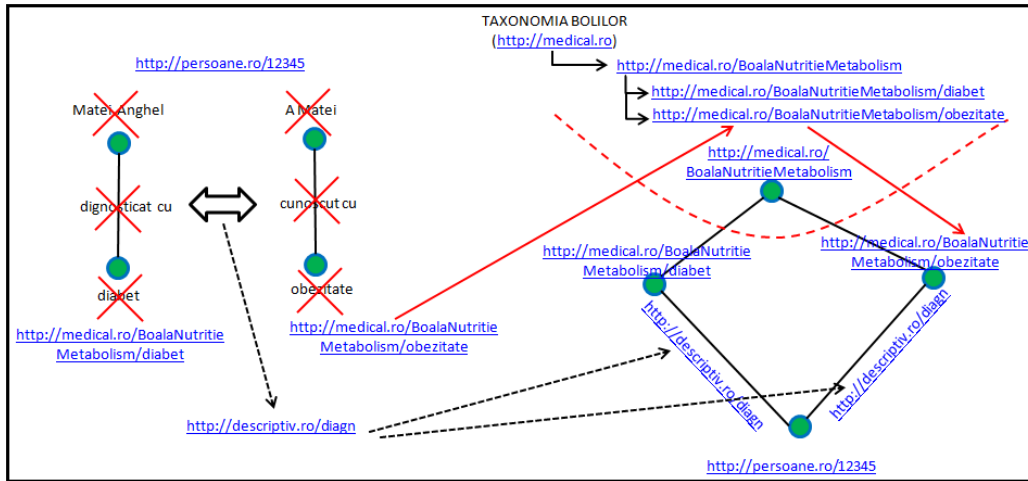


Fig. 2. 16. Exemplu de identificare și agregare a resurselor informaționale cu ajutorul URI

Identificarea și reunirea resurselor informaționale au aplicabilitate în sănătate, un domeniu în care factori precum tendințele referitoare la investigații și tratament sau dosarul medical complet al pacientului pot influența dramatic rezultatele serviciilor medicale. Dezvoltarea pe principii semantice a sistemelor informaționale este în măsură să determine creșterea calității actului medical, prin accesul la resurse informaționale relevante, utilizarea mai eficientă a resurselor medicale și materiale, reducerea erorilor, a timpilor de intervenție sau a volumului de muncă al medicilor în favoarea actului medical. Înregistrările medicale în format digital (dosare medicale personale, dosare medicale electronice, ș.a.m.d.) sunt surse importante de cunoaștere, iar soluțiile problemelor privitoare la regăsirea [122], integrarea [123], analiza [124] și interpretarea [125] informațiilor medicale pot spori încrederea personalului medical și a pacienților în oportunitatea și calitatea actului medical.

## 2.4. Modele de reprezentare și interschimb de date în sănătate

Varietatea ideologică, lingvistică și culturală a societății umane s-a repercutat și asupra domeniului sănătății, nu numai la nivel mondial, dar și local, astfel că, în ciuda tendințelor de globalizare, a tehnologiilor performante și a eforturilor cercetătorilor și profesioniștilor din ramurile emergente, absența unei terminologii medicale comune împiedică interschimbul informațional în domeniu [126]. Codificarea, descrierea și structurarea conceptelor și subiectelor medicale într-o manieră ușor de înțeles și utilizat ar putea fi asigurate prin utilizarea unui set de termeni clinici comuni, însă literatura științifică demonstrează că acesta a fost, este și va fi un deziderat greu de atins [127] [128] [129] [130] [131]. Soluții pentru această problemă există, iar una dintre ele constă în utilizarea tehnologiilor semantice, care nu pun accentul pe înțelegerea cuvântului, ci pe înțelegerea conceptului din spatele cuvântului, a *semanticii*. Abordarea pe baze semantice a modelării cunoașterii este oportună, forma de structurare a informației fiind

asemănătoare celei produse de mintea umană [132]. Studiarea câtorva soluții relevante pentru domeniul medical evidențiază beneficiile și lipsurile acestora, permițând proiectarea unor modele care să răspundă mai eficient cerințelor de comunicare actuale.

### 2.4.1. Soluții existente

#### MeSH

*MeSH* ("Medical Subject Headings") este un demers al Bibliotecii Naționale de Medicină ("National Library of Medicine" - *NLM*) din Statele Unite ale Americii care urmărește indexarea, catalogarea și căutarea informațiilor și documentelor cu caracter medical prin intermediul unui vocabular controlat de tip tezaur [133]. Dincolo de aceste obiective, *MeSH* are utilizări multiple, fiind teoretizate, de exemplu, strategii de îmbunătățire a practicii bazate pe evidență [134], de clasificare a bolilor genetice [135] sau de clasificare pe principii ontologice a documentelor multilingve [136].

#### SNOMED CT

*SNOMED CT* (*Systematized Nomenclature Of Medicine Clinical Terms*) este prezentată de *International Health Terminology Standards Development Organisation* (*IHTSDO*) ca fiind "cea mai cuprinzătoare terminologie clinică multilinguală" [137]. Conceptele sunt organizate într-o ierarhie de tip părinte-copil, fiind însoțite de sinonime, definiții, identificatori, agenți de calificare și resurse și putând fi în relație cu alți termeni clinici [138]. Terminologia permite înregistrarea, transmiterea, analiza și regăsirea informațiilor clinice, îmbunătățind eficiența serviciilor medicale [139].

#### MedDRA

*MedDRA* (*The Medical Dictionary for Regulatory Activities Terminology*) reprezintă un dicționar pentru terminologie specifică activităților biofarmaceutice, destinat eliminării dezavantajelor date de utilizarea terminologiilor multiple și îmbunătățirii schimbului de date între autoritățile de reglementare și agenții din industria produselor medicale [131].

#### Familia de clasificări internaționale WHO

Familia *WHO-FIC* (*World Health Organization Family of International Classifications*) are ca scop facilitarea stocării, regăsirii, analizării și interpretării datelor, fiind rezultatul inițiativei *WHO* de a crea un "un cadru agreat, înțeles și util pe care guvernele, furnizorii și consumatorii să-l poată folosi ca limbaj comun" [140].

Suita de clasificări *WHO-FIC* este orientată către implementarea la nivel național și internațional a principiilor taxonomice pe baze științifice solide, ținând cont de aspectele multi-dimensionale ale sănătății și de așteptările utilizatorilor. Conform [141], există trei mari tipuri de clasificări în familia *WHO-FIC* (Fig. 2. 17.):

-clasificări de referință, care operează cu principalii parametri ai sănătății și ai sistemului de sănătate (moarte, boală, funcțiuni, dizabilități, sănătate, intervenții pentru menținerea sănătății) și care sunt destinate a fi utilizate ca modele pentru dezvoltarea și revizuirea altor clasificări;



-*clasificări derivate*, bazate pe una sau mai multe clasificări de referință și care sunt destinate detalierii suplimentare a acestora în scopul adaptării lor la anumite situații

-*clasificări asociate sau relaționate*, care acoperă alte aspecte importante ale sănătății și sistemului de sănătate netratate de primele două tipuri de clasificări.

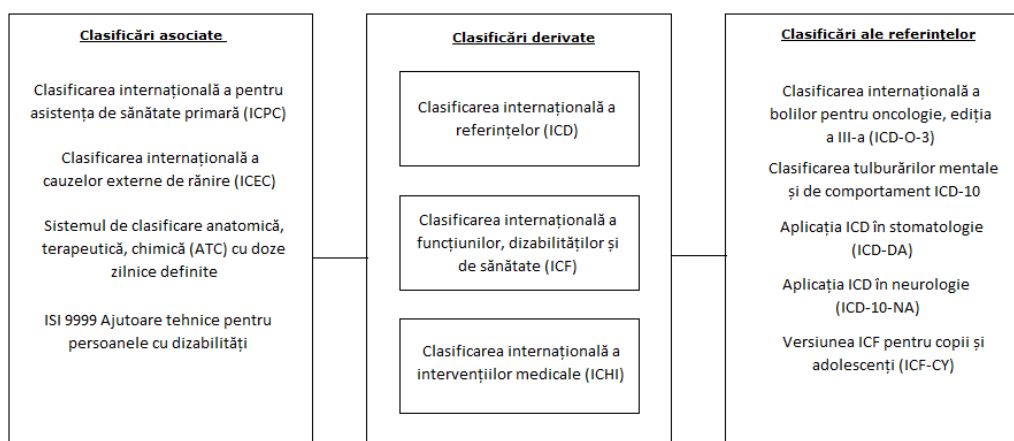


Fig. 2. 17. Reprezentarea schematică a WHO-FIC, preluare din [142]

### UMLS - Unified Medical Language System

UMLS reprezintă o colecție de vocabulare și ontologii biomedicale concepută de US National Library of Medicine (NLM) pentru dezvoltatorii de sistem din domeniul medical. Printre vocabularele și ontologiile integrate în UMLS se regăsesc WHO-FIC, MedDRA (*The Medical Dictionary for Regulatory Activities Terminology*), OMIM (*Online Mendelian Inheritance in Man*), SNOMED CT și MeSH [143] care, alături de alte resurse [144] [145], sunt organizate astfel:

-*Metathesaurus* (Metatezaurul), o colecție de peste 1 milion de concepte din domeniile biomedical și de îngrijire a sănătății, aparținând unui număr de peste 150 de vocabulare, seturi de terminologii și codificări scrise în 17 limbi;

-*Semantic Network* (Rețeaua Semantică), care reunește un set de subiecte asigurate conceptelor din *Metathesaurus*, numit *Semantic Types* (Tipuri Semantice), precum și setul de relații dintre aceste tipuri, cunoscut sub denumirea de *Semantic Relationships* (Relații Semantice);

-lexiconul *SPECIALIST*, constând în informații lexicale pentru un set de peste 300.000 de cuvinte comune englezești și din vocabularul biomedical, care pot fi utilizate cu uneltele *SPECIALIST NLP* ("*Natural Language Processing*") în scopul procesării vocabularelor, textelor și limbajului natural.

Toate aceste resurse și unelte sunt utilizate pentru îmbogățirea Metatezaurului, pentru normalizarea termenilor, categorisirea lor și crearea indexurilor distribuite cu Metatezaurul.

Obiectivele UMLS urmăresc îmbunătățirea interpretării și înțelegerii sensului medical de către dezvoltatori, sporirea capacității de regăsire a informației în format care poate fi "înțeles" de calculator ("*machine-readable*") și eliminarea barierelor impuse de varietatea de exprimare a conceptelor în diferite limbaje umane, pe de o parte, și limbaj mașină, pe de altă parte [146].

### Health Level 7 - Arden Syntax

*Arden Syntax* este un limbaj standardizat [147] adoptat de organizația *HL7* (*Health Level Seven*) pentru reprezentarea cunoașterii clinice într-un format executabil [148] care facilitează dezvoltarea aplicațiilor în arhitectură service-oriented pentru sisteme clinice de asistare a deciziei – *CDS* [149]. Codificarea și distribuirea cunoașterii clinice se realizează prin intermediul *modulelor logice medicale (MLM)*, scrise și create de către specialiști în domeniul asistenței medicale, indiferent de cunoștințele de programare pe care le posedă.

Un *MLM* este format din patru secțiuni (Fig. 2. 18.): mentenanță, bibliotecă, cunoștințe și resurse [150], ultima fiind opțională.

```

maintenance:
  title: Bloc de decizie pentru diabet;;
  mlmname: db_diabet;;
  arden: Version 2;;
  .....

library:
  purpose:
    Stabilește reguli pentru diabet;;
  keywords: diabet;;
  .....

knowledge:
  type: data-driven;;
  data:
    ph := read {select ph from baza_date};
    ra := read {select ra from baza_date};
    glicemia := read {select glicemie from baza_date};
    .....;;

  evoke:
    ;;

  logic:
    if ph is more than 7.3 or ra is less than 15 or glicemia ...
    then
      conclude true;
    endif;;

  action:
    write mesaj;;

resource:
  links:
    URL 'Diabetul home page, "http://www.diabetul.ro/";
    .....

end:

```

Fig. 2. 18. Secțiunile unui MLM

În etapa de scriere a regulilor medicale, într-un *MLM* sunt codificate și alte informații, precum organizația de origine, data la care a fost creat modulul, *link*-uri către alte surse de informare ș.a.m.d., toate acestea fiind destinate formulării deciziilor medicale. Cu toate acestea, codificarea cunoașterii medicale sub formă de *MLM* nu asigură dezvoltarea unor aplicații complete de ghiduri electronice, în primul rând datorită necesității de conectare la o bază de date clinice ca suport pentru declanșarea unor alerte sau atenționări, dar și nevoilor de adaptare a formatului la condițiile locale de reprezentare și stocare a datelor medicale [151].

### Health Level 7 - Clinical Document Architecture (HL7 CDA)

HL7 CDA reprezintă un standard de marcare a documentelor. Specificațiile sale fac referire la structura și semantica documentelor clinice destinate schimbului de date, definite ca obiecte informaționale complete care pot include text, imagini, sunete sau alte formate multimedia [152][153].

Un document CDA are următoarea componență (Fig. 2. 19.):

- Antetul mesajului ("header"), conținând informații de identificare, clasificare, autentificare, consultații și furnizor;
- Corpul mesajului ("body"), conținând rapoarte clinice organizate în secțiuni cu părți narrative care pot fi codificate cu ajutorul vocabulelor standardizate [152].

Codificarea documentelor CDA este bazată pe standardul XML și utilizează tipurile de date HL7 v3.

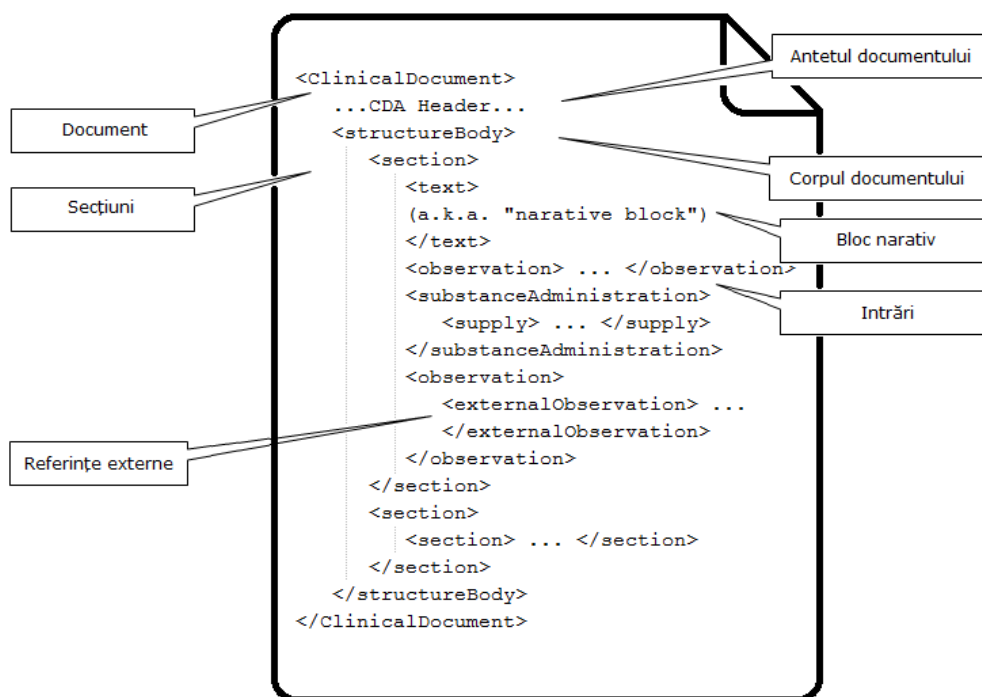


Fig. 2. 19. Structura unui document CDA, prelucrare după [154]

### Health Level 7 - ASTM CCD

HL7/ASTM Continuity of Care Document (CCD) este un standard de comunicare bazat pe sintaxa XML care are rolul de a spori interoperabilitatea datelor clinice și transmiterea informațiilor medicale fără pierderea semnificativității lor. Comunicarea se realizează prin punerea la dispoziție de către furnizori și instituții medicale a unui set de informații sumare referitoare la starea curentă și trecută a sănătății pacientului, un "instantaneu de moment" conținând date clinice, demografice și administrative [155].

### 2.4.2. Ontologii medicale

O ontologie medicală are rolul de a organiza și interconecta conceptele relevante pentru domeniul descris (Fig. 2. 20.) și facilitează inferența și raționamentul pe baza cunoașterii conținute. Procesul de scriere a ontologiilor medicale se supune regulilor de creație a ontologiilor pentru orice alt domeniu și vizează parcurgerea următoarelor etape:

- definirea sferei de acțiune a ontologiei;
- achiziția cunoașterii;
- alegerea uneltelor și a limbajului de ontologizare;
- proiectarea și dezvoltarea ontologiei;
- prezentarea acesteia în mod adecvat [156].

anatomical entity	Preferred Name	cell component
immaterial anatomical entity	Definitions	Anatomical structure that is a direct part of the cell.
material anatomical entity	ID	<a href="http://purl.obolibrary.org/obo/CARO_0000014">http://purl.obolibrary.org/obo/CARO_0000014</a>
anatomical structure	def	Anatomical structure that is a direct part of the cell.
acellular anatomical structure	label	cell component
anatomical group	part_of	<a href="#">cell</a>
cell	prefLabel	cell component
<b>cell component</b>	subClassOf	<a href="#">anatomical structure</a>
compound organ		<a href="#">cell</a>
extraembryonic structure		
multi-cell-component structure		
multi-cellular organism		
multi-tissue structure		
organism subdivision		
portion of tissue		
portion of organism substance		

Fig. 2. 20. Ontologie pentru anatomia comună, sursa [157]

Acuratețea reprezentării este dată de:

- aspecte subiective, care țin de gradul de cunoaștere și înțelegere a universului în discuție;
- granularitatea reprezentării, definită de:
  - numărul de concepte;
  - numărul de relații
    - implicite (de tip superclasă-subclasă și tip-instanță);
    - explicite, (ex.: *se tratează cu*, *cauzat de*, ș.a.m.d. );
- caracteristicile limbajului de reprezentare.

În general, orice ontologie acoperă un domeniu îngust, însă oferă posibilitatea de a fi reutilizată în alte aplicații și/sau în ontologii mai vaste, iar dezvoltarea unor colecții de ontologii, precum biportalul de ontologii medicale al *The National Center for Biomedical Ontology* [158], crează oportunități de obținere a unor structuri informaționale complexe, cu aplicabilitate vastă.

## 2.5. Utilizarea cunoașterii medicale în sisteme clinice de decizie (CDS)

Studiul dinamicii din ultimul deceniu a unor sisteme CDS din țări precum Israel, Canada, România, SUA, Olanda, Germania, Australia, Japonia, Africa de Sud, a condus la concluzia că, în ciuda complexității crescânde și a numărului mare al resurselor informaționale cu caracter clinic, regăsirea informațiilor este dificilă, interoperabilitatea între diverse sisteme fiind destul de scăzută sau inexistentă. Aceste aspecte amplifică efortul depus pentru crearea unor baze de date medicale, mărirind totodată și consumul de timp și resurse umane necesare dezvoltării aplicațiilor [159][160][161].

Analiza contextului producerii acestei stări de fapt este în măsură să faciliteze ameliorarea abordărilor curente și viitoare. Printre cele mai importante cauze identificate se numără:

- metodele diferite de concepere a structurilor de date, adaptate doar la condițiile locale;
- incapacitatea sistemelor IT de a "înțelege" conceptele reprezentate, având ca efect limitarea posibilității de menținere sub control a redundanței informaționale;
- strategiile diferite de abordare a modului de dezvoltare a aplicațiilor, fără a se ține cont de interoperabilitatea lor.

Au fost identificate și câteva posibile soluții, care ar putea fi implementate separat sau combinat:

- utilizarea tehnologiilor semantice de reprezentare a conceptelor;
- adaptarea bazelor de date medicale pentru a le face interoperabile cu noile tehnologii semantice;
- standardizarea unui set minim de concepte care să constituie un nucleu pentru orice aplicație eSănătate;
- crearea și standardizarea unor vocabulare minime specializate care să permită ontologizarea subdomeniilor medicale;
- crearea unui set minim de indicatori de subiect publicați [85] pentru conceptele reprezentative;
- reutilizarea și partajarea ontologiilor medicale existente;

Aceste metode ar avea ca efect o îmbunătățire a interoperabilității sistemelor informatice medicale, limitarea redundanței informaționale, creșterea gradului de acces la informații și cunoștințe medicale, atât pentru personalul medical, cât și pacienți, lărgirea spectrului de aplicații și înscrierea lor în tendințele actuale ca, de exemplu, rețelele sociale ("*social networking*"), SW, etc. Totodată, soluționarea problemelor descrise anterior ar putea conduce la implementări cu caracter intra- și inter-organizaționale, chiar transfrontaliere, de conlucrare și diseminare a interesului comun și a cunoștințelor medicale.

De-a lungul timpului, au fost făcuți câțiva pași importanți în direcția creșterii gradului de interoperabilitate între sistemele de tip eSănătate. Astfel, organizații precum HL7, U.S. National Library of Medicine, CORDIS, etc., duc eforturi susținute pentru asigurarea interschimbului de documente și structuri informaționale cu caracter medical și, implicit, a interoperabilității sistemelor informatice din domeniul menținerii sănătății.

În aceeași tendință se înscrie și acțiunea unui grup de analiză la nivel multi-instituțional care, pe baza datelor culese de la un număr de 20 de sisteme CDS din 4 țări, încearcă să definească și să standardizeze un model de date pentru reprezentarea informațiilor clinice relevante pentru sistemele CDS, incluzând atât

specificațiile structurale ale intrărilor și ieșirilor în/din aceste sisteme [161] [153], cât și tipuri de date derivate din standardul *ISO 21090*, pentru o mai bună interoperabilitate cu modelele care îndeplinesc normativele *HL7* referitoare la construcțiile informaționale. Cu toate acestea, la implementarea unui astfel de model de date sunt prevăzute ca surse de informații doar documente compatibilele *HL7*, astfel că, o abordare bazată pe tehnologii semantice care să aducă un plus flexibilitate, o mai bună integrare și o asimilare la un nivel crescut poate fi binevenită.

Se observă că de-a lungul timpului au fost efectuate diverse încercări de transformare și modelare a datelor și cunoștințelor cu caracter medical, astfel încât aceste reprezentări să poată fi utilizate într-o gamă cât mai largă de aplicații, însă eforturile recente ale unor grupuri de cercetare în domeniul *CDS* se îndreaptă către dezvoltarea și standardizarea unui model de date comun pentru aceste sisteme.

Studiul efectuat în cadrul prezentei activități de cercetare a reliefat o serie de paradigme care sunt implicate sau care s-ar putea dovedi utile în eforturile de obținere a unei capacități superioare de integrare și interoperabilitate pentru aplicațiile din domeniul medical. Câteva dintre aceste noțiuni sunt prezentate în următorul capitolul.

## 2.6. Concluzii

Reprezentarea cunoașterii este un domeniu vast, aflat în strânsă legătură cu discipline (Fig. 2. 21.) care studiază modelarea, organizarea și structurarea informațiilor [162], dar cu ramificații și către logică, sociologie, filozofie și alte științe. Complexitatea rețelei de relații interdisciplinare este în măsură să atragă atenția asupra dificultăților de implementare, dar și să deoaleze profunzimea și beneficiile unor astfel de abordări.

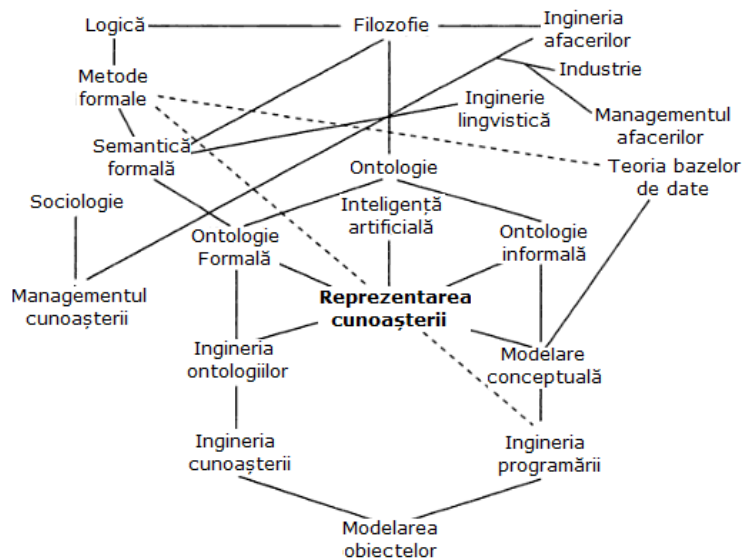


Fig. 2. 21. Reprezentarea cunoașterii și disciplinele relaționate, sursa [162].

Dacă se încearcă o analogie a sistemelor de reprezentare a cunoașterii și a celor de comunicare cu mintea umană, respectiv cu limbajul natural, se poate concluziona că valoarea mesajelor cu care acestea operează este strâns legată de calitatea fiecăruia dintre cele două tipuri de sisteme, de interacțiunea lor unul cu celălalt, dar și cu alte sisteme. Ansamblul celor două sisteme poate fi asociat modelului uman care, pentru a putea face declarații pertinente, trebuie să dețină un bagaj de cunoștințe bine structurate referitoare la domeniul aflat în discuție și, de asemenea, să poată exprima acele declarații în mod adecvat constrângerilor privitoare la auditoriu, context, ș.a.m.d.

Afirmațiile paragrafului anterior sunt valabile și pentru sistemele informatice din sănătate care impun un plus de atenție pentru abordările bazate pe cunoaștere, având în vedere potențialul dramatism al efectelor unor acțiuni greșite.

În scopul îndeplinirii obiectivelor capitolului curent, introducerea factorilor implicați în modelarea și gestionarea cunoașterii medicale a fost efectuată progresiv, începând cu o perspectivă de ansamblu și terminând cu detalierea celor mai importante concepte pentru contextul abordării. Analiza comparativ-analogică a unora dintre aceste concepte (subcap. 2.2, Tabelul 2. 1, Fig. 2. 14, subcap. 2.3) și redefinirea relațiilor (subcap. 2.2, Fig. 2. 13) dintre diverse entități informaționale digitale pot fi considerate contribuții originale ale autorului lucrării la un domeniu vast și cu un caracter interdisciplinar evident.

Sinteza prezentată în acest capitol introduce o serie de concepte și relațiile dintre ele și are ca scop trasarea unei imagini de ansamblu asupra unui domeniu vast și foarte complex precum cel al reprezentării datelor, informației și cunoașterii, constituind o contribuție a autorului lucrării adusă patrimoniului informațional cu privire la sfera digitizării cunoașterii.

Pentru a putea susține teoriile enunțate și soluțiile adoptate în cadrul lucrării curente, următorul capitol este destinat unei analize exploratorii din perspectivă conceptuală și practică asupra standardului TM, cu rolul de a evidenția factorii care pot impulsiona sau îngreuna procesele de proiectare și dezvoltare a aplicațiilor bazate pe această tehnologie semantică.

### 3. CERCETĂRI PRIVIND OPORTUNITĂȚILE DE UTILIZARE A TM ÎN DOMENIUL INFORMATICII MEDICALE

#### 3.1. Standardul ISO/IEC13250 – Topic Maps

*Topic Maps (TM)* este un standard *ISO/IEC*, denumit formal *ISO/IEC 13250:2003*, care definește un model de date destinat reprezentării cunoașterii într-o manieră centrată pe subiect. Conform specificațiilor meta-modelului, *TM* "este o tehnologie pentru codificarea cunoașterii și conectarea acesteia la resurse informaționale relevante" [4].

Componența standardului **ISO/IEC 13250** este următoarea [163]:

- Partea 1: "Overview and Basic Concepts" [164];
- Partea 2: "Data Model" [4] (TMDM);
- Partea 3: "XML syntax" [95];
- Partea 4: "Canonicalization" [165];
- Partea 5: "Reference Model" [166], componentă în dezvoltare;
- Partea 6: "Compact syntax" [96];
- Partea 7: "Graphical Notation", prevăzută în standard [96], dar fără a avea vreo concretizare.

Limbajul de constrângere pentru *Topic Maps* ("*Topic Maps Constraint Language*" - *TMCL*) este, de asemenea, standardizat [168], purtând denumirea de *ISO/IEC 19756:2011* [163].

Denumirea de *topic map (tm)* face referire la o instanță a standardului *TM* și este o reprezentare formală a unui univers, conformă specificațiilor standardului. O *tm* este organizată în jurul **topicurilor** – reprezentări formale ale unor subiecte (Fig. 3. 1.) aflate în discuție, a **asocierilor** – relațiile dintre aceste topicuri, și a **ocurențelor** – relații dintre subiecte și resurse informaționale reprezentative pentru subiectele respective. O *tm* despre un univers în discuție este compusă din schema sau ontologia acelui univers și instanțele tipurilor informațional-structurale.

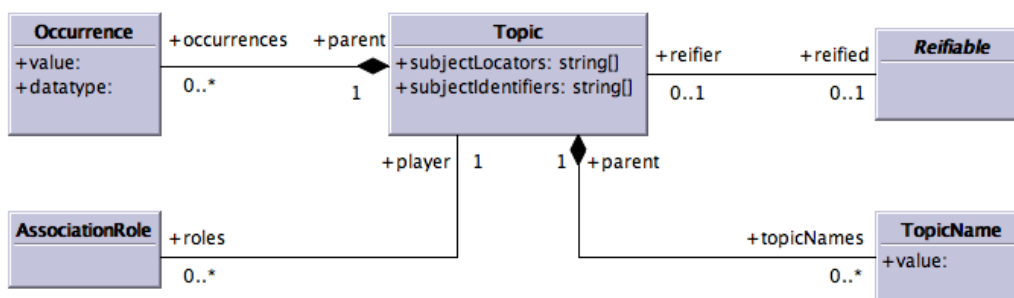


Fig. 3. 1. Topicul – simbolul TM pentru reprezentarea formală a unui subiect



Pentru a defini scheme *TM* într-o manieră precisă și într-un format care să poată fi citit de către mașini ("machine-readable"), a fost dezvoltat un limbaj de constrângere reprezentat printr-un vocabular *Topic Maps* format dintr-un set de *topicuri*, *asocieri*, *ocurențe* și *tipuri de roluri* ("role types"), identificate prin identificatori de subiect publicați și definite în limba engleză [168]. Standardul definește conceptul de validare, prin care o *tm* este considerată validă în conformitate cu o schemă dacă se conformează tuturor constrângerilor din acea schemă și unui număr de reguli de validare globale care se aplică tuturor *tm*, independent de schemă [168].

Privit prin prisma *TM*, **subiectul** care urmează a fi reprezentat "poate fi orice, indiferent dacă există sau dacă are vreo caracteristică specială, și despre care se poate afirma orice prin orice mijloace. În particular, reprezintă orice despre care creatorul *tm* alege să discute" [4]. **Topicul** este simbolul utilizat într-un *tm* pentru a reprezenta "unul și numai unul" dintre subiecte în legătură cu care sunt permise *declarații*, adică aserțiuni despre acel subiect (unde subiectul poate fi o construcție *TM*). Modelul de date *TM* a cărei ierarhie de clase este prezentată în figura 3. 2. statuează faptul că numele topicurilor, variantele numelor, ocurențele și asocierile sunt *declarații*, dar nu și locatorul de identificare atribuit unui topic [4].

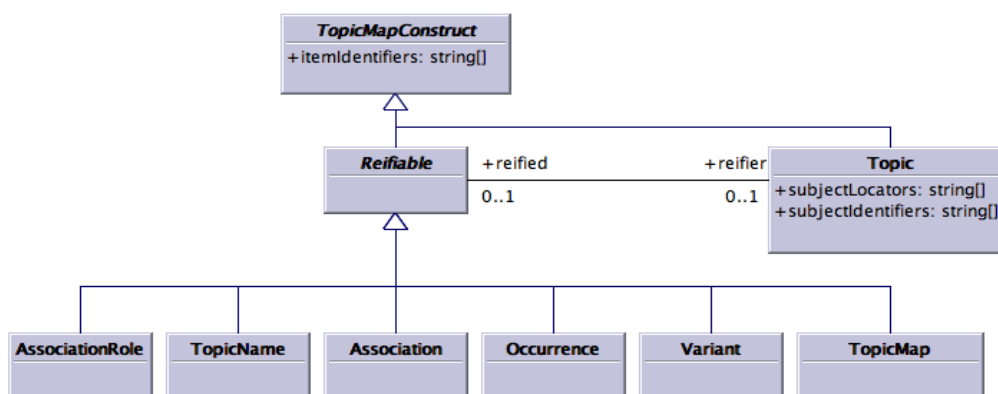


Fig. 3. 2. Ierarhia claselor *TM* [4]

*TM* definește două sintaxe de scriere, destinate să asigure lizibilitate asupra construcțiilor sale atât pentru om, cât și pentru computere. Părțile a treia și a patra ale standardului conțin specificații cu privire la "un modelul abstract și o gramatică *XML* pentru interschimbul *tm* pe *Web*" [95], respectiv la algoritmul de "transformare a unei instanțe *TMDM* într-una conformă modelului *XML*" [165]. Partea a șasea descrie o sintaxă compactă bazată pe text, care poate fi văzută ca o unealtă destinată în primul rând omului [96].

Modelul de date *TM* este descris din punct de vedere matematic în partea a cincea [166], iar partea a șaptea, definită dar neconcretizată, este destinată uneltelor grafice de reprezentare a *tm*.

Componența standardului este, așadar, în măsură să asigure instanțelor *TM* interoperabilitatea cu reprezentări conforme altor modele de date, în condiții de lizibilitate pentru om și computer. Dar ce este o *tm*? Pe baza noțiunilor introduse o

*tm* poate fi definită ca o formă de abstractizare și reprezentare a cunoștințelor despre un univers în discuție, care descrie subiectele de interes ale domeniului și modurile în care acestea interrelaționează, atât unele cu altele, cât și cu resurse informaționale reprezentative.

Conform [166], subiectele sunt reprezentate prin *proxy-uri*, constând în proprietăți care "pot conține referințe către alte *proxy-uri*". Aceste proprietăți sunt definite ca perechi *cheie/valoare*, astfel:

$$(k, v) \in E \times V, \quad (1)$$

unde  $E$  și  $V$  sunt două seturi finite de *etichete* pentru *proxy-uri*, respectiv *valori* ale acestora.

Un *proxy* este definit ca fiind un set finit de proprietăți:

$$\{p_1, p_2, \dots, p_n\}, p_i \in P, \quad (2)$$

unde  $P$  reprezintă setul finit al tuturor proprietăților, subset al setului tuturor *proxy-urilor*  $X$ .

$$X = 2^P. \quad (3)$$

O reprezentare  $r$  aparține setului de reprezentări  $R$  și este definită ca fiind un set finit de *proxy-uri*, iar procesul de comasare este formalizat matematic prin intermediul funcției de reuniune,

$$r \cup r' \quad (4)$$

Modelarea matematică a relațiilor de tip *superclasă-subclasă* și *tip-instanță* se realizează cu ajutorul celor două predicate *ako*, respectiv *isa*, interpretate în raport cu o reprezentare  $r$  astfel:

- dacă  $\exists a, b \in P$  și  $ako_m \subseteq r \times r$  o relație între  $a$  și  $b$ ,

$$a \text{ ako}_m b, \quad (5)$$

atunci spunem că  $a$  este *subclasă* a lui  $b$  sau  $b$  este *superclasă* a lui  $a$ ;

- dacă  $\exists c, d \in P$  și  $isa_m \subseteq r \times r$  o relație între  $c$  și  $d$ ,

$$c \text{ isa}_m d, \quad (6)$$

atunci spunem că  $c$  este *instanță* a lui  $d$  sau  $d$  este *tipul* lui  $c$ .

Alte aspecte privind navigarea, constrângerea, comasarea, interpretarea și conformitatea construcțiilor *TM* sunt, de asemenea, tratate în modelul de referință [166], asigurând suportul matematic pentru elaborarea *tm*.

### 3.2. Sintaxe de reprezentare

Există o varietate largă de forme în care *tm* pot exista, precum simple fișiere text, baze de date relaționale, structuri de date interne programelor care rulează, sau chiar mintea omului [4], însă standardul *TM* conține specificații cu privire la sintaxele care ar trebui folosite pentru a asigura înțelegerea reprezentărilor, deopotrivă, de către oameni și calculatoare.

Sintaxa comună de reprezentare a unei *tm* este cea bazată pe *XML*, parte a standardului *TM* denumită formal *XTM* [95] și acceptată ca format general pentru interschimbul de informații. Sintaxa asigură, de asemenea, structurarea informației și interoperabilitatea *tm* cu reprezentări ale altor modele de date. Figura 3. 3. evidențiază modalitatea de reprezentare a principalelor elemente *TM*: *topicul*, *ocurența* și *asocierea*.

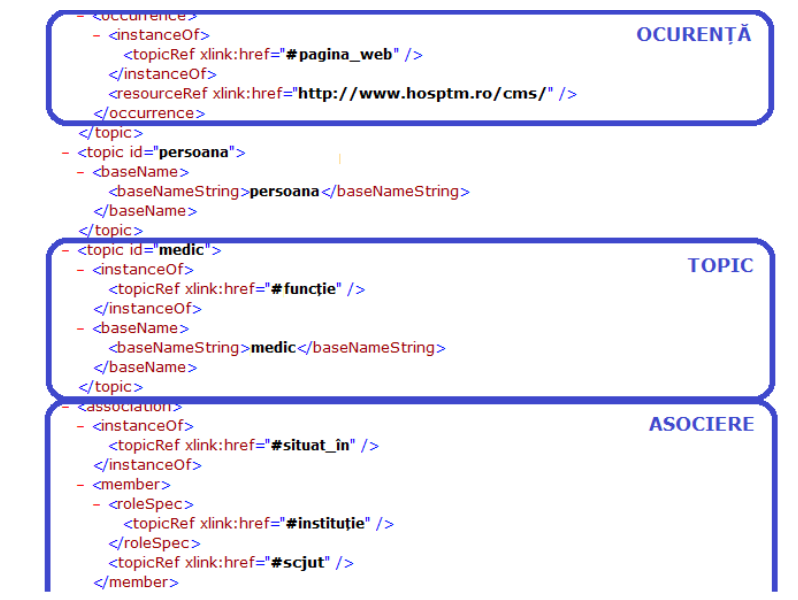


Fig. 3. 3. Construcții *TM* în sintaxă *XTM*

De-a lungul timpului au fost definite și alte sintaxe, standardizate (*ISO/IEC 13250-6, Information technology — Topic Maps — Part 6: Compact Syntax*) sau nu, rolul lor principal fiind de a înlesni conceperea, înțelegerea și utilizarea *tm* de către oameni.

În paragrafele următoare vor fi prezentate sumar sintaxele text cele mai importante pentru contextul lucrării, fiecare fiind însoțită de unul sau mai multe exemple care fac referire chiar la sintaxa în care sunt scrise.

*CTM*, sintaxa compactă pentru *TM* [96], este o formă simplă de notație, bazată pe text (exemplul 1), complementară sintaxei *XTM*, având următoarele scopuri:

- crearea manuală a *tm*;
- scrierea exemplilor într-un format lizibil de către oameni;
- să servească drept sintaxă comună pentru *TMCL* și *TMQL* [96].

**Exemplul 1**

```

/*topicuri*/
  topic_maps.
  compact_topic_maps.
  iso_iec — "ISO/IEC 13250-6, Topic Maps—Compact Syntax".

/*asocieri*/
  este_sintaxa_pentru (sintaxa: compact_topic_maps, standard: topic_maps)
  este_denumită (sintaxa: compact_topic_maps, denumire: iso_iec)

/*ocurențe*/
  linear_topic_maps
  descriere: o notație bazată pe text pentru reprezentarea tm-urilor;
  specificatii: http://www.isotopicmaps.org/ctm/ctm.html.

```

O altă sintaxă pentru *TM* este *LTM* ("*Linear Topic Maps notation*"), definită ca "un format textual simplu pentru instanțe *TM*" care permite scrierea (exemplul 2) acestora în orice editor de text, într-o formă simplă și compactă [35].

Sintaxa a fost dezvoltată în cadrul suitei de unelte *Ontopia* [167] și, ca și celelalte sintaxe text, are scopul de a asigura *tm* o formă ușor de scris și de citit de către oameni.

**Exemplul 2**

```

/*topicuri*/
  [topic_maps]
  [linear_topic_maps]
  [garshol : persoana = "Lars Marius Garshol"]

/*asocieri*/
  este_sintaxa_pentru (linear_topic_maps : sintaxa, topic_maps : standard)
  inventată_de (linear_topic_maps : sintaxa, garshol : creator)

/*ocurențe*/
  {linear_topic_maps, descriere, [[un format textual simplu pentru TM]]}
  {linear topic maps, specificatii, "http://www.ontopia.net/download/lm.html" }

```

*AsTMA* îmbogățește galeria sintaxelor text pentru *TM* (exemplul 3) și este, de asemenea, destinată conceperii, întreținerii, constrângerii și interogării *tm* [36].

*AsTMA* încearcă îmbunătățirea lizibilității reprezentărilor pentru om, introducând noțiunea de "șablon" (exemplul 4) și un set de cuvinte cheie (exemplul 5) în limba engleză, ("*and*", "*has*", "*,*", "*who*", "*,*", "*which*") cu ajutorul cărora pot fi făcute declarații [169] într-o codificare destul de asemănătoare limbajului natural.

Exemplele anterioare sunt în măsură să evidențieze câteva asemănări și diferențe între sintaxele pentru *TM* bazate pe text destinate, în principal, înțelegerii lor de către oameni. Dincolo de aceste aspecte, trebuie reamintit faptul că sintaxele prezentate sunt doar simple formalisme de scriere, care pot fi privite ca unelte pentru activitatea de modelare a datelor, informației și cunoașterii conform cutumelor *TM*. Așadar, reprezentările conforme acestor convenții de notație sunt doar înfățișări pe care *tm* le pot lua, alte forme, precum reprezentările grafice (chiar și conforme specificațiilor *Concept Maps*), fiind, de asemenea, comune proceselor de concepere și prelucrare a instanțelor *TM*.

**Exemplul 3**

```

/*topicuri*/
  topic_maps
  astma
  barta
  ! Robert Barta
  isa persoana

/*asocieri*/
  este_sintaxa_pentru (sintaxa: astma standard: topic_maps)
  este_inventata_de (sintaxa: astma creator: barta)

/*ocurențe*/
  astma
  descriere: o sintaxă text pentru TM
  specificații: http://www.isotopicmaps.org/tmq/astma.pdf

```

**Exemplul 4**

```

/*șablon astma*/
  este_sintaxă_a_standardului isa astma:template
  astma:body: "" ""
    este_sintaxa_pentru (sintaxa: $var1, standard: $var2)
    "" ""
/*apelarea șablonului*/
  astma este_sintaxa_a_standardului topic_maps

```

**Exemplul 5**

```

/*șablon astma*/
  a_fost_creată_de isa astma:template
  astma:body: "" ""
    este_inventata_de (sintaxa: $var1 creator: $var2)
    "" ""
/*utilizarea cuvintelor cheie*/
  astma este_sintaxa_a_standardului topic_maps
  and has specificatii http://www.isotopicmaps.org/tmq/astma.pdf
  and a_fost_creată_de barta
  , which isa person

```

Toate sintaxele prezentate anterior se remarcă prin flexibilitatea pe care o oferă reprezentărilor, semantica aserțiunilor fiind independentă de poziția acestora în fișier. De asemenea, reprezentările beneficiază de o expresivitate deosebită, comparabilă cu cea a limbajului natural. Nu este de neglijat faptul că TM oferă soluții de reprezentare pentru orice alt model de date, fapt care califică tehnologia în rândul celor eligibile proiectelor orientate către integrarea informațiilor.

### 3.3. Aplicații bazate pe *Topic Maps*

Aplicațiile bazate pe *TM* vizează patru direcții, în funcție de paradigmele pe care le implementează: integrarea informațiilor, managementul cunoașterii, eÎnvățare (trad. din engl. "eLearning") și publicarea pe *Web*, cele mai populare fiind portalurile semantice, platformele de eÎnvățare, sistemele de modelare a proceselor de afaceri și de configurare a produselor, platformele de integrare a informațiilor, cele de gestionare a metadatelor, ș.a.m.d [170].

Conform celor prezentate anterior, un scenariu pentru aplicații este acela în care *TM* este utilizat ca meta-model pentru integrarea datelor provenite de la sisteme diferite. Una dintre metodele comune de implementare prevede crearea unei *tm* pentru fiecare sursă în parte, acestea urmând a fi supuse ulterior unui proces de comasare ("merging"), în scopul obținerii unei perspective unificate asupra colecției informaționale [171]. Lucrarea curentă tratează în subcapitolul 6.2 o metodă hibridă de integrare a datelor, prin interpunerea unei scheme de mediere între *tm* predefinite și construcțiile informaționale aflate în structuri de date diverse.

În concluzie, se poate spune că punctul forte al *TM* este acela că flexibilitatea modelului permite reprezentarea "oricărei forme de date structurate, informații sau cunoștințe" [171], gama aplicațiilor posibile fiind una vastă.

### 3.4. Reprezentarea cunoștințelor cu ajutorul *TM*

*TM* este "o tehnologie pentru codificarea cunoașterii și conectarea acesteia la resurse informaționale relevante" [4] prin intermediul unui vocabular deschis și a unei metodologii de reprezentare centrate pe subiect, care, privitor la modalitatea de conectare a conceptelor, este asemănătoare minții umane (Fig. 3. 4.). *TM* face distincție între setul de resurse interne (stratul de cunoștințe) și cel al resurselor externe (stratul de informații), primul fiind un *index* al elementelor celei de-a doua mulțimi (Fig. 3. 4.).

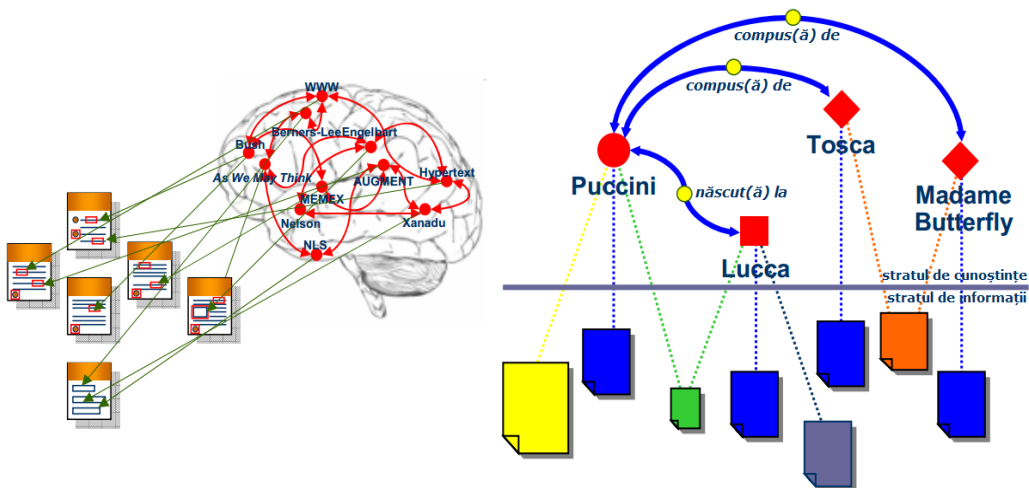


Fig. 3. 4. Analogie între mintea umană și *Topic Maps* [172]

Metodologia de elaborare a oricărei *tm* prevede definirea unei structuri a domeniului care urmează a fi reprezentat [184]. Setul elementelor structurale este format din tipurile de concepte și relațiile dintre ele, iar constrângerile impuse acestora conferă modelului integritate și consistență. Constrângerile sunt, de regulă, clasificate în funcție de natura lor ca structurale și contextuale (Fig. 3. 5.a), fiind tratate separat [186], însă, la o analiză mai atentă se poate observa că acestea interferează destul de des, astfel că, în accepțiunea autorului lucrării, o clasificare lărgită în care să fie cuprinsă și formula combinată, structural-contextuală (Fig. 3. 5.b), este oportună.

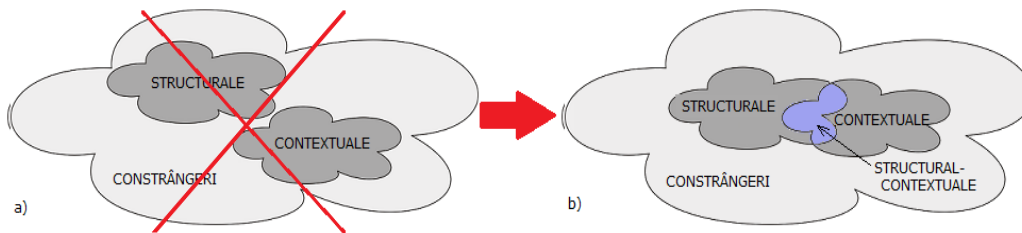


Fig. 3. 5. a) Clasificarea constrângerilor [186]

b) Constrângerii structural-contextuale

Argumentul pentru această afirmație este acela că există construcții informaționale care sunt supuse unui set de constrângeri combinate și, cunoscând faptul că în *TM* "orice poate fi un subiect" [172], probabilitatea de a întâlni situația descrisă anterior este foarte mare. Constrângerile structural-contextuale combină efectele elementelor care le compun, fiind mai restrictive decât fiecare dintre constrângerile structurale și/sau contextuale.

Reprezentarea cunoașterii conform cutumelor *TM* este centrată pe subiect, având ca elemente fundamentale topicurile, asocierile și ocurențele. Toate aceste blocuri constructive pot fi organizate pe clase, determinând astfel ontologia *tm* căreia îi aparțin. Identificarea topicurilor de interes și exprimarea relațiilor dintre acestea fac explicit ceea ce se cunoaște despre domeniul reprezentat, iar conectarea topicurilor la resurse informaționale relevante interne, dar mai ales externe *tm*, asigură legătura dintre cele două straturi, cel de cunoștințe și cel de informații.

Schemele *TM*, care sunt formate din ontologia *tm* și constrângerile impuse acesteia, asigură specialistului în ingineria cunoașterii o flexibilitate ridicată în procesul de modelare, expresivitatea reprezentărilor fiind limitată doar de mărimea și calitatea ansamblului structurilor asociative care au fost definite. Astfel, într-o *tm* construcțiile informaționale pot lua simultan diverse forme de organizare, precum simple categorisiri, ierarhii, taxonomii, tezaure, ș.a.m.d., în timp ce relațiile descriptive *n*-are asigură o elasticitate și mai mare modelului.

O altă caracteristică importantă și utilă a *TM* este reliefată de faptul că orice construcție dintr-o *tm* poate fi privită ca *topic*. Afirmația poate fi argumentată cu ajutorul specificațiilor standardului, conform cărora "un topic este un simbol utilizat într-o *tm* pentru a reprezenta un subiect unic", iar subiectul este privit ca "orice despre care creatorul *tm* alege să discute" și "poate fi o construcție *TM*" [4].

Analiza soluțiilor pentru reprezentarea cunoașterii dezvăluie că, de-a lungul timpului, a fost utilizată o gamă vastă de tehnologii, cu vocabulare diverse și grade diferite de abstractizare a domeniilor reprezentate. La ora actuală, datorită evoluției rapide a sistemelor informatice, există un număr foarte mare de structuri informaționale destinate *eSănătate*, de la simple liste de termeni medicali până la

baze de cunoștințe complexe, utilizate în sistemele de asistare a deciziei. Aceste colecții informaționale, mai mult sau mai puțin structurate, sunt, de fapt, conceptualizări ale unor subiecte ale aceluiași domeniu, în cazul de față cel medical, realizate cu ajutorul unor tehnologii diverse de reprezentare.

Vasta diversitate a metodelor a dus la o redundanță crescută a construcțiilor informaționale în detrimentul capacității de regăsire a acestor informații. Rezultatele studiului reconfirmă faptul că tehnologiile semantice sunt soluția acestei probleme, prin reutilizarea ontologiilor specifice, printr-o interoperabilitate crescută cu alte tehnologii și prin integrarea informațiilor din surse diverse.

În acest context, standardul *TM* pare a fi mecanismul perfect pentru regăsirea, integrarea și diseminarea informațiilor, nu doar pentru sistemele informatice medicale, ci pentru cele din oricare alt domeniu. Următorul subcapitol al secțiunii curente prezintă câteva unelte destinate diverselor tipuri de aplicații bazate pe standardul *TM*.

### 3.5. Unelte *TM* pentru dezvoltarea aplicațiilor

O aplicație *TM* tipică are nevoie pentru a rula de un motor de *TM*. Acesta are rolul de a oferi accesul la *tm* și posibilitatea de a modifica oricare dintre părțile componente ale acesteia, importul și exportul *tm* din/în fișiere, executarea interogărilor ș.a.m.d. Alte componente care pot fi utilizate în aplicațiile *TM* sunt: browsere pentru afișarea *tm*, editoare pentru proiectarea ontologiilor *tm*, diverse unelte de vizualizare grafică, de gestionare a conținutului, de conversie între diverse modele de structuri de date, interfețe *Web*, (Fig. 3. 6.) ș.a.m.d.

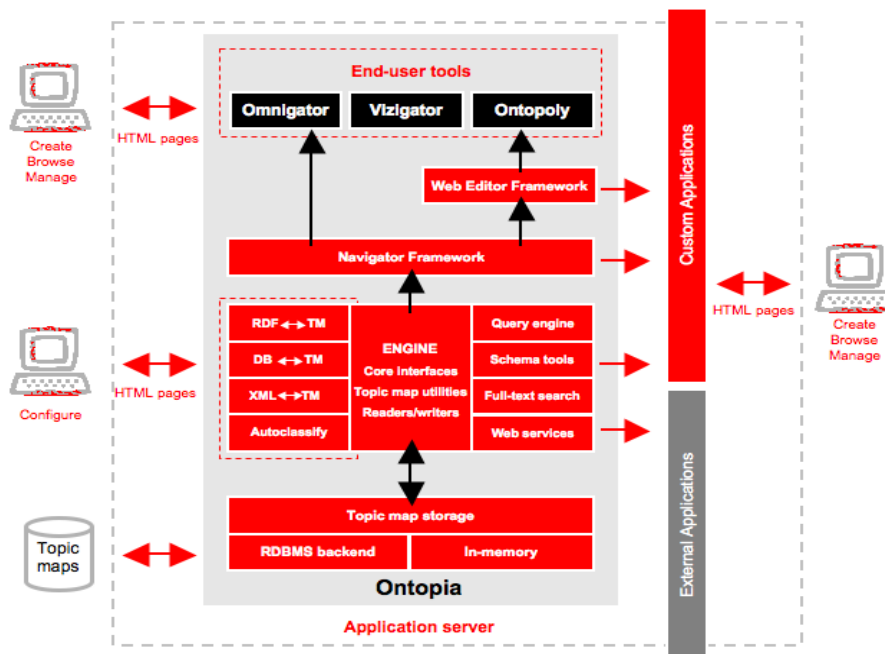


Fig. 3. 6. *Ontopia* – suită de unelte pentru dezvoltarea aplicațiilor bazate pe *TM* [175]



Cele mai multe dintre motoarele de *TM* implementează interfața de programare *TMAPI*, care definește un set de interfețe de bază pentru a da posibilitatea accesării și manipulării datelor rezidente într-o *tm* [176]. *TMAPI* este la versiunea 2.0, lansată în anul 2010.

Câteva dintre cele mai cunoscute implementări *TMAPI* [176] sunt:

- *MaJorToM (Merging Topic Maps Engine)* – “un motor *TM* simplu, unitar și flexibil destinat utilizării în afaceri” [177];
- *Ontopia Knowledge Suite* – “un set de unelte care conține orice este nevoie pentru a dezvolta o aplicație bazată pe *TM*” [175];
- *SesameTM* – “o librărie *software* (...) care permite utilizarea infrastructurii *TM* în locul uneltelor de definire a triplelor *RDF*” [178];
- *tinyTiM* – un motor *TM* simplu dezvoltat în *Java* care necesită dependențe minime la rulare [179];
- *TM2JDBC* – un motor *TM* care utilizează pentru stocarea datelor baze de date relaționale (*Apache Derby, MySQL, MSSQL Server, Oracle*) [180].

Acestea sunt doar câteva dintre uneltele destinate dezvoltării aplicațiilor bazate pe *TM*, iar pe măsura maturizării și popularizării standardului, este de așteptat ca lista să se mărească.

### 3.6. *TM* și tehnologii similare – studiu comparativ

Față de tehnologiile similare dezvoltate până în prezent, *TM* prezintă cel mai ridicat grad de abstractizare semantică, fiind catalogată drept “anvelopă neutră” [181] pentru celelalte modele de reprezentare a cunoașterii. Din punct de vedere al expresivității reprezentărilor, *Concept Maps, Rețelele Semantice* și *RDF* sunt considerate a fi tehnologiile cele mai apropiate. Cu toate acestea, analiza comparativă a meta-modelor evidențiază mai degrabă diferențele dintre ele, decât asemănările, așa cum se va putea observa din următoarele două subcapitole.

#### 3.6.1. *TM* vs. *RDF*

Reprezentarea cunoașterii este, în general, o activitate sensibilă la diverse aspecte legate de entitatea care o realizează, calitatea și cantitatea de informații deținute de acea entitate, cerințele referitoare la gradul de granularitate a reprezentării (cât de amănunțită să fie), etc. Această caracteristică este amplificată în cazul reprezentărilor care utilizează vocabulare deschise, cum sunt cele utilizate în *RDF* și *TM*. Cu alte cuvinte, reprezentări distincte dar corecte ale aceluiași domeniu pot co-exista, iar, în cazul *TM*, probabilitatea ca acest fenomen să se manifeste este destul de ridicată, în condițiile în care vocabularul acestei tehnologii este unul deschis și, astfel, depinde puternic de caracteristicile amintite anterior în acest paragraf.

*TM* este o tehnologie care dispune de o capacitate sporită de reprezentare a informației (Fig. 3. 7.), fiind destul de apropiată din punct de vedere al însușirilor de *RDF*, însă, în accepțiunea autorului lucrării, expresivitatea *TM* o depășește pe cea a *RDF*, fiind mai apropiată de cea a limbajului natural. Trebuie specificat că ținta

comparației nu este de a crea o ierarhie a acestor tehnologii, fiecare având locul și rolul ei în angrenajul în care operează, ci de a schița o perspectivă asupra oportunităților și impedimentelor în utilizarea celor două modele de date.

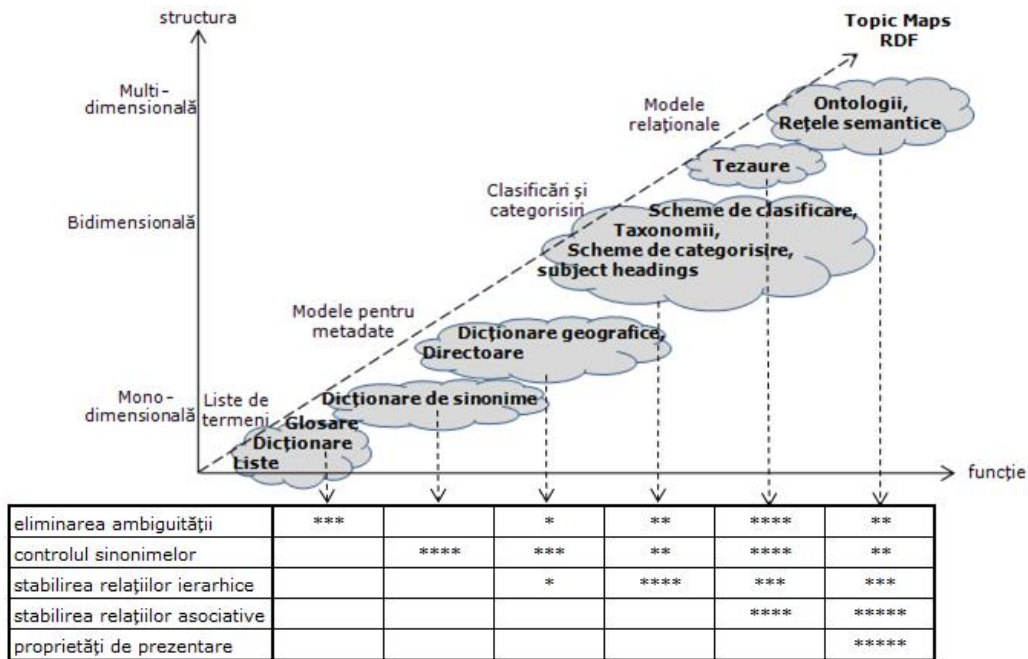


Fig. 3. 7. *Topic Maps, RDF* și alte modele de date [182]

Scopul inițial al modelelor *TM* și *RDF* a direcționat dezvoltarea lor ulterioară. Astfel, *TM* a fost creat pentru a putea realiza o indexare de nivel înalt a seturilor de resurse informaționale, cu scopul de a putea găsi mai ușor informațiile conținute. *RDF* a fost destinat sprijinirii ideii de *SW*, prin structurarea metadatelor despre resurse, oferind, totodată, și un fundament pentru inferență [183].

Ambele tehnologii, *TM* și *RDF*, sunt standardizate, prezentând multiple similarități, dar și deosebiri. Reprezentările conforme celor două tehnologii pun accent pe stabilirea identității conceptelor și au ca scop descriere "subiectelor", în cazul *TM*, respectiv a "resurselor", în cazul *RDF* [183]. Cu alte cuvinte, *RDF* este un model destinat reprezentării informațiilor despre resursele din *World Wide Web*, în timp ce *TM* are ca scop reprezentarea și integrarea cunoștințelor despre un anumit subiect [184].

Așadar, ambele standarde definesc modele de date destinate reprezentării cunoașterii, capabile să descrie concepte/clase, proprietățile/atribuțiile/insușirile acestor concepte, relațiile dintre concepte, dar și să definească seturi de constrângeri asupra acestora. Pe baza argumentelor expuse și a faptului că tehnologiile beneficiază de mecanisme de constrângere (limbajele *TMCL*, *OWL*) se observă că ambele tehnologii oferă posibilitatea digitizării cunoașterii pe suport ontologic.

În ciuda faptului că *TM* dispune de o putere de reprezentare superioară, *RDF* este cel mai utilizat meta-model pentru conceptualizarea informației pe *Web*, iar *OWL* s-a impus ca limbaj pentru scrierea ontologiilor datorită simplității modelului

pentru care a fost creat. Tabelul 3. 1. prezintă o comparație a câtorva dintre cele mai importante caracteristici ale celor două modele, rezultat al studiului întreprins de autorul lucrării în această direcție.

Tabelul 3. 1. Comparație *TM-RDF*

Nr. Crt	Referință	Topic Maps (TM)	Resource Description Framework (RDF)
1	Standard	Model de date standardizat pentru interschimbul de date	Model de date standardizat pentru interschimbul de date pe Web
2	Scopul inițial	Indexare resurse informaționale	Structurare metadate
3	Obiect	Subiect	Resurse
4	Simbol	Topic	Nod
5	Aserțiune	Nume topic Asociere Ocurență	Declarație
6	Identitate	Topic Locator pentru subiect Identificator pentru subiect	Literale Noduri URI Noduri libere
7	Contextualizare	Arie/Domeniu (din engl. "scope")	Pseudo: -identificatori -reificare
8	Constrângere	Topic Maps Constraint Language (TMCL)	OWL, RDF Schema
9	Sintaxă	XTM, HyTM, LTM, AsTMa	RDF/XML, N3
10	Reprezentare grafică	Graf neorientat	Graf orientat

Deși auspiciile sub care au fost standardizate *TM* și *RDF* promiteau o dezvoltare rapidă a aplicațiilor pentru *SW* cu implicarea celor două meta-modele, realitatea a demonstrat contrariul. Argumentul invocat adeseori a fost imposibilitatea atingerii unei interoperabilități totale între reprezentările conforme celor două modele, deși există o serie întreagă de similarități [185]. Cu toate acestea, din perspectiva autorului lucrării, o abordare sinergică poate fi soluția optimă, aducând un plus de valoare nu doar *SW*, ci întregului domeniu informatic.

### 3.6.2. *TM vs. Concept Maps*

Chiar dacă, atât *TM* cât și Concept Maps (CM), au ca scop reprezentarea cunoștințelor despre un anumit domeniu, iar similaritatea unora dintre metodele pe care le utilizează este evidentă, diferența dintre cele două tehnologii este dată, în principal, de aspectele care definesc modul de expunere a rezultatelor conceptualizării. Astfel, prima tehnologie este orientată către reprezentarea preponderent "scriptică" a domeniului, de notare liniară, cu lizibilitate crescută pentru om și mașini, în timp ce *CM* este o metodă de reprezentare grafică. Noțiunile dedicate formalizării cunoașterii și care sunt specifice celor două tehnologii sunt diferite într-o măsură destul de mare pentru a putea spune că, deși cele două tehnologii par a fi asemănătoare, acestea sunt, totuși, destul de diferite. Un alt aspect care vine să întărească această afirmație se remarcă în modul de conceptualizare a relațiilor dintre subiectele domeniului reprezentat, *TM* având

avantajul unui nivel mai ridicat de abstractizare semantică față de *CM* și, în plus, asocierile pot fi parcurse bidirecțional, cum va fi exemplificat în paragraful următor.

În *TM* o relație între topicuri (Fig. 3. 8.) poartă denumirea de *asociere* și poate conține o încărcătură semantică sporită față de alte modele de date. Asocierile sunt relații *n*-are, fiind capabile să conecteze, teoretic, un număr nelimitat de topicuri, însă, în mod practic, numărul topicurilor implicate într-o relație nu este mai mare de trei. Modelarea unei simple legături de tip "angajator-angajat" între două topicuri presupune definirea rolului jucat de fiecare dintre acestea în acea relație. În figura 3. 8 Ion are rolul de "angajat", iar din perspectiva acestui topic relația poate primi eticheta de "lucrează pentru", aserțiunea posibilă fiind: "Ion lucrează pentru CompaniaX.". Privită prin prisma topicului "CompaniaX", care aici joacă rolul de "angajator", eticheta corectă este "beneficiază de serviciile lui", cu declarația "CompaniaX beneficiază de serviciile lui Ion". Pe lângă aceste elemente, relația din figură poartă cu sine un plus de semantică ascunsă, în condițiile în care fiecare topic poate să dețină elemente pentru identificarea unică (subject indicator, subject locator) a subiectelor reprezentate, dar și variante de nominare a acestor concepte, în funcție de necesitățile de contextualizare și/sau cardinalitățile impuse schemei *tm*.

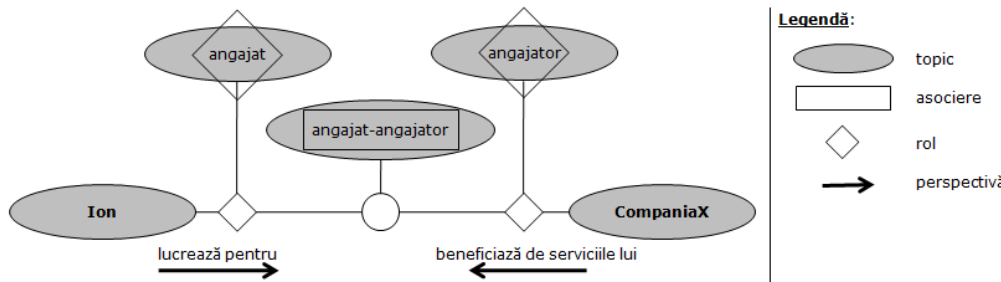


Fig. 3. 8. Modelarea unei asocieri în *TM*

Modelarea relației "angajat-angajator" în *CM* este, de asemenea, simplă, însă trebuie avut în vedere faptul că grafurile care conectează conceptele sunt unidirecționale, limitând expresivitatea și semantica reprezentării. Astfel, cele două perspective din figura 3. 8, care în *TM* sunt implicite asocierii, în *CM* pot fi modelate prin intermediul a două grafuri cu orientări opuse între cele două concepte.

### 3.6.3. Concluzie

Studiul comparativ în legătură cu *TM* și modele de date similare este în măsură să clarifice cele mai importante aspecte privind asemănările și deosebirile dintre aceste tehnologii. Concluzia este că, deși *TM* este o tehnologie mai complexă decât cele cu care a fost comparată, puterea sa de expresivitate "poziționează standardul foarte aproape de inteligența artificială", fiind catalogată drept "o metodă standardizată unică pentru codificarea și schimbul de cunoștințe" [186].

Studiul prezentat constituie un preambul teoretic pentru următorul capitol, în care sunt trasate schițele conceptuale și structurale ale sistemelor de integrare a datelor. Totodată, sunt introduse și unele elemente cu însemnătate mare pentru lucrarea curentă, fiind exemplificate anumite funcționalități în contextul implementării lor la nivel de *Web*.

## 4. INTEGRAREA DATELOR MEDICALE CU AJUTORUL TM

### 4.1. Integrarea datelor

Pentru ca paradigma "Web de date" [98] să se impună cu succes la scară largă este nevoie, în primul rând, ca datele să fie interconectate, dar, poate la fel de important, este accesul la abundența de date brute publicate de oameni de-a lungul timpului sub diverse forme de structurare, precum XML, tabele (XLS), CSV sau baze de date relaționale. De asemenea, redundanța datelor este o problemă care cere soluții, astfel încât date identice din surse eterogene să nu supraîncarce sau să complice expresia finală a proceselor de preluare, prelucrare și prezentare a datelor, reunite sub termenul generic de *integrare*. Dar ce reprezintă integrarea datelor? Conform [187], conceptul se referă la procesul de "combinare a datelor din surse autonome și eterogene" astfel încât, prin intermediul unei scheme numită "globală" sau "de mediere" (Fig. 4. 1.), utilizatorii să beneficieze de un "tablou" complet asupra acestor date. Studiul domeniului arată că "*integrarea datelor* este o preocupare centrală în gestionarea informațiilor pe Web" [188], însă procesele de proiectare și dezvoltare a sistemelor destinate acestui scop prezintă un nivel ridicat de complexitate [189].

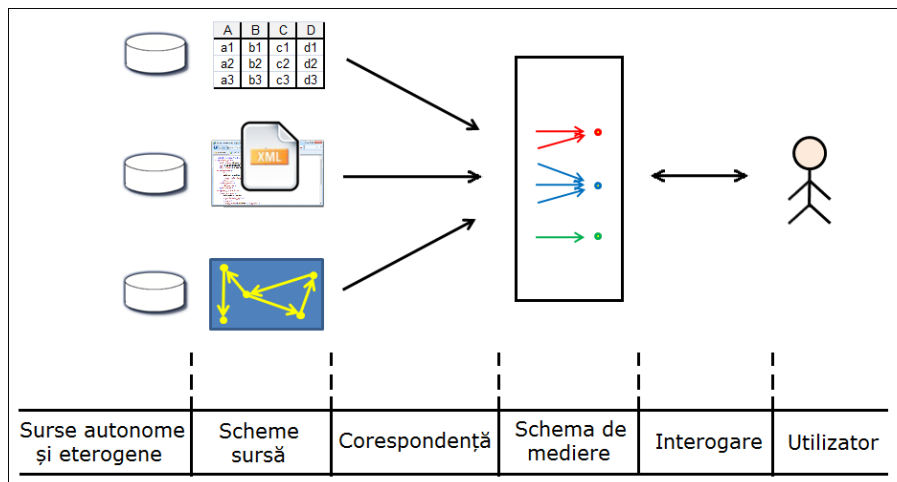


Fig. 4. 1. Arhitectura unui sistem de integrare a datelor

Utilizarea tot mai intensă a tehnologiilor semantice de reprezentare a cunoașterii și dezvoltarea tot mai amplă a metodelor și uneltelor de inteligență artificială au creat premisele obținerii unor rezultate satisfăcătoare cu privire la integrarea datelor pe principii semantice, folosind ontologiile, însă, pe lângă aspectele amintite anterior, mai există și altele de care trebuie să se țină cont în cazul unor astfel de abordări.

După cum a fost specificat în subcapitolul 2.3, orice domeniu de interes poate fi reprezentat într-o varietate nelimitată de forme și formalisme, însă, în conceperea și dezvoltarea proceselor de integrare a datelor trebuie avut în vedere faptul că rezultatele sunt sensibile la o serie de aspecte, precum expresivitatea limbajului, granularitatea de reprezentare, eterogenitatea structurală a ontologiilor, diferențele convențiilor de notare, nivelul de înțelegere a domeniului, datele incomplete, iar lista poate continua. Utilizarea șabloanelor de proiectare a ontologiilor poate reduce aceste fluctuații, prin uniformizări efectuate la nivel logic, semantic, structural sau de conținut, dar pot introduce altele, chiar și în condițiile recurgerii la ontologii simple [190] [191] [192].

#### 4.1.1. Arhitectura sistemelor de integrare a datelor

Din punct de vedere matematic, un sistem de integrare a datelor  $I$  este redat în [193] printr-o tripletă  $(G, S, M_{G,S})$ , în care  $G$  este schema de mediere (Fig. 4. 1.),  $S$  reprezintă schema sursă, iar  $M_{G,S}$  (din engl. "mapping") este setul de relații de corespondență între schema de mediere și cea a surselor. Schema de mediere conține specificații cu privire la elementele globale ale sistemului, schema sursă descrie structurile diferitelor surse de date, corespondența între elementele celor două scheme fiind realizată prin intermediul setului de relații de corespondență.

Definirea setului de relații de corespondență  $M_{G,S}$  urmărește, conform [194], una dintre următoarele patru abordări:

- GAV (din engl. "global-as-view"), centrată pe schema globală, în care aceasta este definită prin intermediul termenilor specifici surselor;
- LAV (din engl. "local-as-view"), centrată pe surse, în care acestea sunt definite utilizând termenii schemei globale;
- GLAV, reprezentând o abordare mixtă;
- P2P (din engl. "peer-to-peer"), în care corespondența între surse se realizează în absența unei scheme globale.

Figura 4. 1 reliefează faptul că interacțiunea utilizatorului cu un sistem de integrare a datelor se desfășoară prin intermediul interogărilor, care pot fi definite matematic ca în exemplul următor:

##### Exemplu:

Presupunând existența la nivelul secțiilor de pediatrie a unui sistem de integrare a datelor ale cărui schemă de mediere, respectiv scheme sursă (Fig. 4. 2.) sunt definite astfel:

##### Schema de mediere:

*copil*(ID\_copil, An\_naștere, Mama)  
*pacient*(Mama)  
*înregistrare*(ID\_copil, Diagnostic)

##### Sursa 1:

*schema1*(ID\_copil, An\_naștere, Mama)

##### Sursa 2:

*schema2*(ID\_copil, Diagnostic),

Asupra sistemului se poate aplica o interogare care așteaptă ca răspuns "copiii născuți în anul 2000 care au fost diagnosticați cu laringită". Algoritmul de interogare poate fi exprimat formal astfel:

$$\{ (ID\_copil, Diagnostic) \mid \\ copil(ID\_copil, 2000, Mama) \wedge \\ \text{înregistrare}(ID\_copil, Laringită) \}.$$

sau

```
SELECT ID_copil FROM Schema1 WHERE An_naștere='2000'
...
return listaCopii2000;
foreach (id_copil in listaCopii2000)
{
    ...
    SELECT DISTINCT * FROM Schema2 WHERE ID_copil='id_copil'
    AND Diagnostic='Laringită'
    ...
}
```

Sursele pentru sistemele de integrare pot oferi datele sub diverse forme de structurare (Fig. 4. 1.):

- date nestructurate (ex. *PDF, HTML, DOC, ș.a.m.d.*);
- date structurate (ex. baze de date relaționale, tabele *XLS, XML, CSV ș.a.m.d.*);
- date interconectate pe *Web* (ontologii, triple *RDF, Linked Data*).

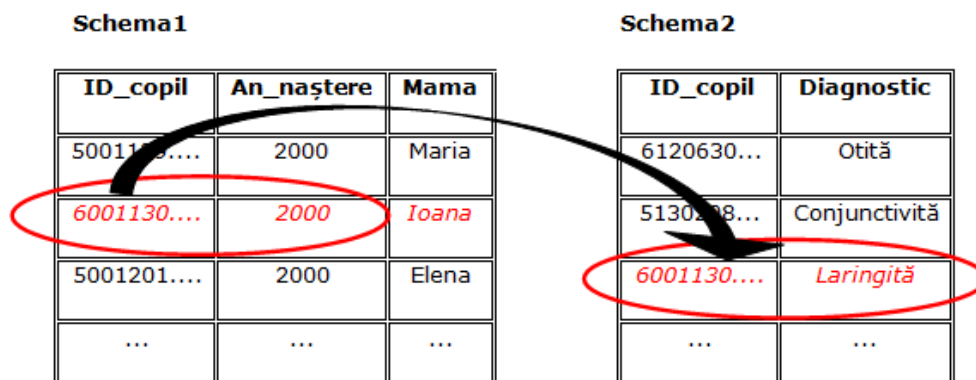


Fig. 4. 2. Integrarea datelor

Procesele care se desfășoară în cadrul activității de integrare a datelor pot fi ierarhizate conform [195] pe trei niveluri (Fig. 4. 3.):

- sintactic*, în care sunt mediate diferențele de sintaxă și formatare a datelor;
- structural*, în care sunt tratate diferențele de schemă structurală, discrepanțele de ordin lingvistic, convențional;
- semantic*, în care sunt rezolvate aspectele preponderent ontologice, precum ierarhizarea, descrierea sau identificarea datelor.

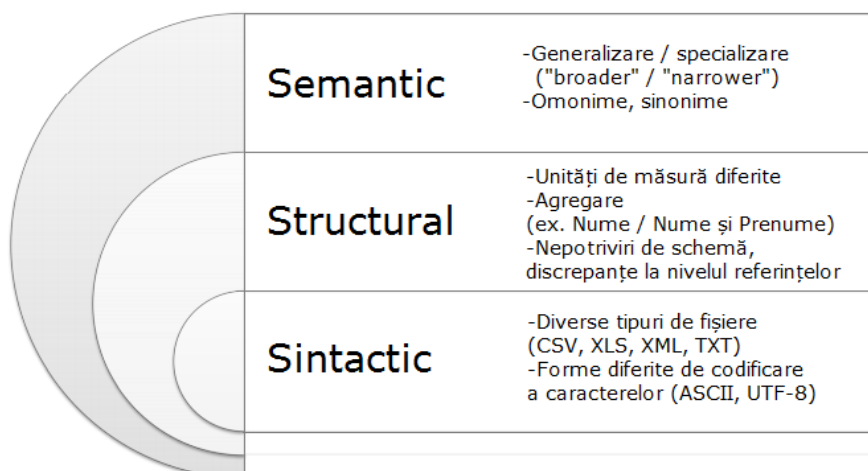


Fig. 4. 3. Niveluri de integrare, după [195]

#### 4.1.2. Modele de integrare a datelor

Conform [196], există o serie de arhitecturi pentru modelele de integrare a datelor:

- Bază centrală de încărcare a datelor ("*Data Warehouse Loading*"), în care sunt agregate date din mai multe surse pentru crea o imagine unitară, rafinată și armonizată asupra tuturor surselor.

- Extrage - Transformă - Încarcă ("*Extract-Transform-Load*" - *ETL*), destinate păstrării unei copii de siguranță a datelor critice și care, de obicei, includ un set de unelte destinate operațiunilor de rafinare, agregare și armonizare a datelor;

- Integrare virtuală a datelor ("*Virtual Data Integration*"), în care interogările utilizatorului asupra sistemului sunt transformate în interogări asupra surselor eterogene de date, rezultatul dând iluzia că datele fac parte dintr-o singură bază de date integrate, dar fără ca acest aspect să se materializeze. Acest model de integrare a datelor este, de obicei, orientat către integrarea datelor provenind dintr-un anumit tip de sursă (ex. baze de date *SQL*, servicii *Web*, baze de date biomedicale);

- Interpretoare de mesaje, constând în *middleware*-uri cu rol de mediere și integrare a aplicațiilor dezvoltate în mod independent, prin transferul mesajelor dintre ele.

- Interpretoare obiect-la-relațional ("*Object-to-Relational Mappers*"), în care interogările asupra interfeței orientate obiect sunt transformate în interogări asupra bazei de date relaționale;

- Gestionarea documentelor ("*Document Management*"), destinate integrării datelor structurate și/sau interrelaționate aflate în documente structurate și nestructurate;

- Gestionarea portalurilor ("*Portal Management*"), o combinație între metode specifice gestionării conținutului și tehnici de interacțiune om-computer, având rol de integrare a informațiilor interconectate și prezentarea lor pe același ecran într-o imagine unică, utilă și atractivă.



*Mashups* sunt modele de aplicații care implementează la nivel de Web ideea de integrare a resurselor prin utilizarea de conținut informațional din surse eterogene. Totodată, *mushups* au avantajul că ascund dezvoltatorilor jargonul de programare, lăsând în seama acestora modul în care informația este combinată.

Lucrarea curentă prezintă în subcapitolul 5.2. o abordare originală care îmbină caracteristici specifice mai multor arhitecturi (ETL, integrare virtuală a datelor, gestionarea documentelor și gestionarea portalurilor), încercând să exploateze oportunitățile oferite de integrarea datelor din surse interrelaționate accesibile prin intermediul serviciilor *Web* [197].

În continuare sunt evidențiate câteva aspecte de interes cu privire la contribuțiile originale aduse de autorul lucrării formalismului matematic și mecanismelor de reprezentare ale tehnologiei pe care se bazează soluțiile adoptate.

## 4.2. Considerații privind soluțiile adoptate

Analiza mai multor mecanisme de digitizare a datelor medicale [152] [153] [154] a dezvăluit că acestea sunt, de fapt, adaptări la particularitățile domeniului medical ale unor modele de date destinate reprezentării datelor cu caracter general [198] [199], astfel că, acestea păstrează comportamentul modelului din care derivă. Toate aceste modele răspund unor cerințe restrânse de reprezentare și sunt destinate implementării în anumite subdomenii.

După cum a fost arătat și în 3.6, *TM* este "o anvelopă neutră pentru celelalte tehnologii de reprezentare" [181], astfel încât poate fi privită ca o soluție pentru integrarea datelor reprezentate conform unei game diverse de modele de date. Având în vedere și posibilitatea modelării interacțiunii cu utilizatorul pe bază de scheme *TM*, o scurtă privire asupra aparatului matematic care definește modelul de date poate fi utilă în încercarea de îmbunătățire a interfețelor utilizator.

### 4.2.1. Considerații de ordin matematic privind dezvoltarea aplicațiilor bazate pe *TM*

Conform literaturii de specialitate "în cadrul *tm* fiecare element este un *topic*" [181] și, ținând cont de specificația standardului *TM* conform căreia "oridecâte ori două topic-uri sunt cunoscute ca reprezentând același subiect acestea sunt contopite" [4] astfel că, dacă notăm *tm* cu *M* și cu *t* elementele *tm*, vom putea scrie

$$M = \{ t \mid \forall t_i \wedge \forall t_j, i \neq j \Rightarrow t_i \neq t_j \}. \quad (1)$$

Însă, analizând mai în detaliu, se observă că o *tm* este formată dintr-un set de tipuri de construcții informaționale împreună cu instanțele lor și elemente disparate; în plus, cunoscând faptul că o ontologie *TM* este definită ca "un set de tipuri de topicuri, nume, ocurențe, asocieri și roluri utilizate într-o anume *tm*" și nu o "bază logică de cunoștințe despre un domeniu destinată înlesnirii inferenței logice" [173], se poate scrie

$$M = \{ O, I, D \}, \quad (2)$$

unde cu *O* a fost notată mulțimea tuturor tipurilor, reprezentând ontologia *TM*, cu *I* mulțimea instanțelor acestor tipuri, iar cu *D* mulțimea elementelor disparate, care

nu sunt instanță a vreunui tip. Din punct de vedere matematic, mulțimea  $O$  reprezintă domeniul și codomeniul pentru o funcție  $f$  de forma:

$$f: O \rightarrow O, \quad (3)$$

$$f(x) = y, \quad (4)$$

iar mulțimea  $I$  poate fi descrisă ca fiind rezultatul aplicării, în anumite condiții  $C$ , a unei funcții  $g$  asupra elementelor mulțimii  $O$ :

$$g: O \rightarrow I, \quad (5)$$

$$g_C(o) = i. \quad (6)$$

În relația (4)  $x$  va fi numit supertip al lui  $y$ , iar  $y$  subtip al lui  $x$ , în timp ce în relația (6)  $o$  reprezintă tipul căruia  $i$  se aplică funcția  $g$ ,  $i$  fiind denumit instanță a tipului  $o$ .

Mulțimea  $O$  și funcția  $f$  sunt cele care, din punct de vedere semantic, redau structura ierarhică a bazei de cunoștințe, în timp ce mulțimea  $I$  reprezintă totalitatea instanțelor elementelor din  $O$ .

Într-o altă încercare de surprindere a formalismului matematic care să descrie cât mai precis standardul  $TM$ , [200] definește  $tm$  ca pe o listă ordonată de șase elemente disjuncte: tipuri ( $T$ ), roluri ( $R$ ), aserțiuni ( $A$ ), șabloane sau clișee ( $C$ ), alte elemente de legătură ( $Z$ ) și elemente independente ( $I$ ) ale conversației:

$$M = ( T, R, A, C, Z, I ) , \quad (7)$$

Reprezentarea sub formă de grafuri a unei  $tm$  este asimilată unei funcții „draw”

$$draw: M \rightarrow G, \quad (8)$$

care, aplicată elementelor din  $M$  conduce la graful  $G$ , descris printr-o pereche ordonată de vârfuri  $V$  și muchii  $E$ :

$$G = ( V, E ), \quad (9)$$

unde mulțimea vârfurilor este dată de elementele componente ale  $tm$

$$V = M_T \cup M_R \cup M_A \cup M_C \cup M_Z \cup M_I, \quad (10)$$

iar mulțimea muchiilor de o relație binară între vârfuri

$$E \subseteq V \times V. \quad (11)$$

Abordarea este importantă întrucât permite efectuarea operațiilor specifice lucrului cu grafuri, precum parcurgerea sau calculul matricei existenței drumurilor pe baza matricei de adiacență, asupra grafului de reprezentare a  $tm$ , înlesnind dezvoltarea algoritmilor de căutare în baze de cunoștințe complexe.

Următorul subcapitol introduce o metodă de definiere a constrângerilor de cardinalitate asupra schemelor  $TM$  prin extensia notației  $LTM$ . Exemplele sunt în măsură să edifice cititorul asupra modificărilor sintaxei, iar validitatea specificațiilor teoretice este verificată prin implementarea în lor în aplicația *MeDaFin* prezentată în cap. 5.2.

### 4.3. Contribuții privind crearea ontologiilor TM prin extinderea LTM

În procesul de creare a ontologiei unui domeniu conform specificațiilor *TM*, o atenție deosebită trebuie acordată modelării schemei, care constă în definirea tipurilor de topicuri, tipurilor de asocieri, tipurilor de ocurențe, tipurilor de roluri, tipurilor domeniilor de valabilitate, etc. Se poate observa că, în scopul abordării corecte, această etapă necesită, în general, un consum de resursă umană specializată, atât în domeniul care urmează a fi reprezentat, cât și în ceea ce privește tehnologia utilizată pentru crearea ontologiei (*TM* în acest caz).

Soluțiile destinate dezvoltării aplicațiilor bazate pe *TM* oferă diverse căi de modelare a schemelor, cele mai multe implementând metoda grafică, completată cu comenzi de tip "drag&drop". Această metodă, în ciuda faptului că este intuitivă, are dezavantajul de a fi lentă.

Prezenta lucrare propune o soluție de modelare a schemelor bazată pe text, destinată, în general, celor care dețin cunoștințe referitoare la *TM* și care doresc o metodă rapidă de scriere a schemelor *TM*. În acest scop, sintaxa *LTM* (*Linear Topic Maps Notation*), prezentată ca fiind un "format text simplu pentru instanțe *TM*" [201], a fost extinsă cu operatorii "!" și "<", modelul de notație rezultat fiind denumit *LTM<sub>e</sub>* (*Linear Topic Maps Notation – extended*<sup>4</sup>). Abordarea a avut în vedere crearea mecanismului de definire a constrângerilor de cardinalitate (alături de cele referitoare la tipurile de date) în condițiile menținerii caracteristicilor de simplitate și lizibilitate înaltă specifice *LTM*.

Regula principală în utilizarea operatorului "!" este simplă: acesta apare între o construcție *TM*, de obicei un tip de topicuri, de roluri, de ocurențe, și propria sa constrângere de cardinalitate. În situația în care constrângerea de cardinalitate se referă la un număr nedefinit, operatorul apare singur, nefiind urmat de vreo valoare, sau nu apare.

Operatorul "<" va fi utilizat între valorile minimă și maximă ale cardinalității și fiecare instanță a sa va fi precedată întotdeauna de o instanță a operatorului "!".

Exemplul următor denotă modalitatea de definire a unui tip de topicuri denumit "pacient", al cărui supertip este "persoana" și care va primi un nume de bază (din engl. "base name") și cel mult un nume de sortare (din engl. "sort name"), ambele de tip "string":

```
[pacient : persoana = "string" ! 1<1; "string" ! 0<1]
```

Definirea unei asocieri în care, de exemplu, se dorește modelarea relației "pacient – diagnostic" este la fel de simplă:

```
diagnosticat-cu(pacient : persoana ! , diagnostic)
```

Se observă că în cazul membrului denumit "pacient" care joacă în asociere rolul de "persoana" s-a utilizat operatorul "!", acesta nefiind urmat de vreo valoare. Membrul "diagnostic", pentru care nu s-a definit un rol, este, de asemenea, lipsit de

<sup>4</sup> **trad.** Notație liniară pentru *TM* - extinsă

constrângere, astfel că relația dintre cei doi membri este una de tip "mai-mulți-la-mai-mulți". Construcția *LTMe* anterioară nu prevede un tip de roluri pentru membrul "diagnostic", însă, conform specificațiilor *LTM*, "dacă tipul de roluri este omis, acesta va referi tipul de topicuri al topicului (dacă are). Dacă topicul are mai multe tipuri de topicuri, unul dintre acestea va fi ales la întâmplare." [201]. În cazul asocierii "diagnosticat-cu", pentru membrul "diagnostic" nu a fost definit vreun tip de topicuri, însă, fiind chiar el un tip de topicuri, în versiunea *LTMe* va împrumuta denumirea sa, "diagnostic", tipului de roluri.

Un exemplu de instanțiere a unui astfel de tip de asociere este următorul:

diagnosticat-cu(Ionescu : persoana, hepatita : diagnostic)

Procesul de modelare a ocurențelor constă în definirea tipului de topicuri, a tipului de ocurență care i se adaugă și valoarea acesteia. Exemplul următor definește un tip de ocurențe cu denumirea "vârsta", pentru tipul de topicuri "pacient", constrângerile impunând că fiecare instanță "pacient" să aibă o singură valoare de tip întreg pentru "vârsta", care, la rândul ei, poate fi deținută de un număr nedefinit de pacienți.

{pacient ! 0<\*, varsta ! 1<1, "int"}

Figura 4. 4 reliefează modul de atribuire a constrângerilor de date și de cardinalitate pentru tipul de ocurențe definit în aserțiunea anterioară. Se poate observa că fiecare instanță a tipului de topicuri "pacient" se află în relație cu o singură valoare a tipului de ocurențe "vârsta", în timp ce valoarea de "39" este atribuită mai multor pacienți, în acest caz lui "Ionescu" și "Georgescu". În aceeași figură se observă că ocurențele au o reprezentare similară asocierilor. Având în vedere că ocurențele sunt, de fapt, asocieri cu caracter special între topicuri și resurse informaționale care le caracterizează, reprezentarea grafică a legăturii dintre "pacient" și "vârsta" sub forma unei asocieri este corectă.

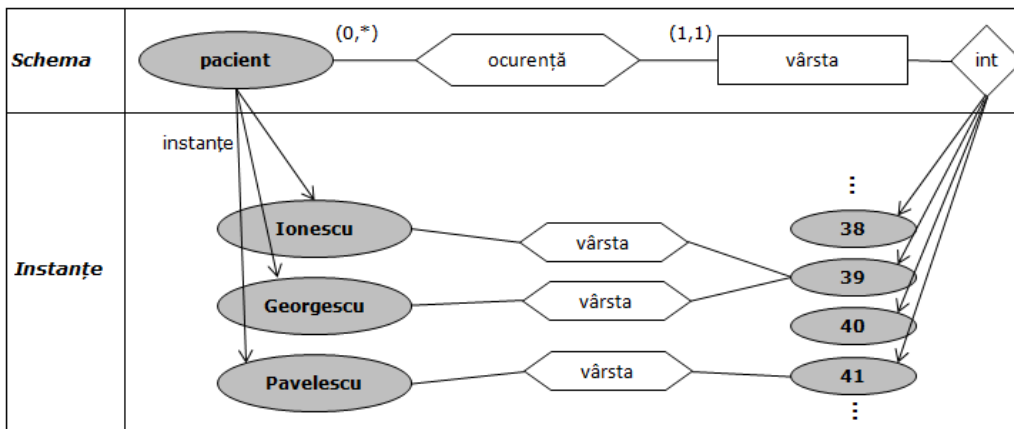


Fig. 4. 4. Constrângeri de date și de cardinalitate impuse unui tip de ocurențe

Exemplul următor demonstrează că instanțierile schemei din figura 4. 4 au forme identice de scriere în *LTM* și *LTMe*, modificările sintaxei manifestându-se doar în etapa de elaborare a schemelor *TM*; de aici rezultă și afirmația conform căreia specificațiile *LTMe* sunt destinate specialiștilor în ingineria cunoașterii și nu utilizatorilor finali.

```
{Ionescu, varsta , "39"}
```

Abordarea reprezintă o alternativă simplificată la soluția standardizată reprezentată de cuplul format din sintaxa *Compact Topic Maps (CTM)* – cu rol de "notație bazată pe text pentru reprezentarea tm" [96] – și *Topic Maps Constraint Language (TMCL)* – cu rol de "limbaj de constrângere pentru TM, care permite definirea schemelor *TM* într-o formă precisă și care poate fi citită de către mașini" [168].

Modificările constau în introducerea a doi operatori și a specificațiilor de utilizare a acestora, în acest fel sintaxa *LTM* fiind îmbogățită cu facilitatea definirii schemelor *TM*. Sintaxa își păstrează caracterul simplu, lizibil și flexibil, utilizarea ei având ca rezultat o reducere a timpului de implementare.

Metoda originală propusă în cadrul acestui subcapitol nu reprezintă o modalitate standardizată de modelare a cunoașterii după specificațiile *TM*, fiind în acest moment doar o adaptare locală a unei sintaxe.

Implementarea în cadrul sistemului descris în capitolul 5.2, reprezintă un argument în plus pentru viabilitatea metodei, sintaxa *LTMe* oferind în acest moment cea mai rapidă modalitate de scriere a ontologiilor *TM* în cadrul aplicației.

Soluțiile prezentate în cadrul acestui capitol reprezintă contribuții originale ale autorului lucrării cu privire la posibilitățile de scriere a ontologiilor *TM* prin intermediul unei sintaxe prietenoase cu utilizatorul uman. Metoda este, pe cât de simplă, pe atât de eficientă, și împreună cu celelalte raționamente expuse formează fundamentul aplicațiilor descrise în capitolul următor.

## **5. APLICAȚII BAZATE PE *TM* PENTRU DOMENIUL MEDICAL**

### **5.1. Contribuții privind îmbunătățirea rezultatelor sistemelor *CDS***

În acest subcapitol sunt prezentate câteva aspecte referitoare la cercetările întreprinse în domeniul reprezentării și managementului cunoașterii, o atenție deosebită fiind acordată metodelor utilizate și provocărilor întâmpinate de cercetătorii în domeniul *TM* în procesele de proiectare și dezvoltare a aplicațiilor. Totodată sunt reliefate și acțiunile corespunzătoare diverselor faze de cercetare și proiectare întreprinse în scopul implementării și validării teoriilor enunțate în cadrul cercetării.

Motivația pentru demersul descris în continuare a fost dată de necesitatea integrării datelor destinate sistemelor *CDS* prin intermediul unui model de date destinat acestor sisteme. Acțiunile autorului au vizat elaborarea unei metode de conversie între două meta-modele de date, *Virtual Medical Record (vMR)* și *TM*. În cadrul sistemului, primul meta-model își păstrează rolul de reprezentare a informațiilor clinice relevante sistemelor *CDS*, iar cel de-al doilea este orientat către integrarea datelor, informațiilor și cunoașterii care provin din surse distincte. Implementarea metodei de conversie urmărește eliminarea barierelor de vocabular și sintaxă dintre *vMR* și resursele informaționale preexistente acestui model de date prin intermediul unei interfețe de mediere bazate pe *TM*.

#### **5.1.1. Sistemele *CDS* și nevoia de integrare a cunoașterii**

Sistemele *CDS* oferă personalului medical, personalului auxiliar, pacienților și altor persoane interesate cunoștințe și informații cu caracter personal, inteligent filtrate și prezentate în mod oportun, în scopul îmbunătățirii sănătății și actului medical [202].

Acceptând faptul că domeniul medical este unul foarte vast și aflat într-o continuă schimbare, este de așteptat ca implementarea sistemelor informatice să devină prioritate pentru orice organizație implicată în întreținerea sănătății și efectuarea practicii medicale. În acest context, se poate spune că sistemele de tip *CDS* se găsesc în avangarda acestor acțiuni de orientare a utilizatorilor cunoștințelor medicale către sistemele automatizate de raționament (inferență) și decizie, scopul acestora fiind acela de a oferi informația corectă, în formatul optim, în mod oportun și pe canalul corect, acelei persoane care o cere și care are dreptul să o primească. Astfel, sistemele *CDS* pot să detecteze potențiale erori medicale, să sugereze strategii clinice optime, să organizeze detaliile unui plan de tratament și practică medicală, să prezinte datele necesare executării acestui plan și să asigure cele mai bune cunoștințe și recomandări medicale [203].

Tehnologiilor semantice sunt parte a fundamentului acestor sisteme, asigurând cunoștințe specializate pe baza cărora motoarele de inferență încearcă să răspundă întrebărilor celor care le folosesc. Standardul *TM* oferă beneficii multiple cu privire la dezvoltarea bazelor de cunoștințe, iar o soluție privind integrarea datelor cu caracter medical și utilizarea lor în sisteme *CDS* (Fig. 5. 1.) a fost prezentată în [3] și [204].

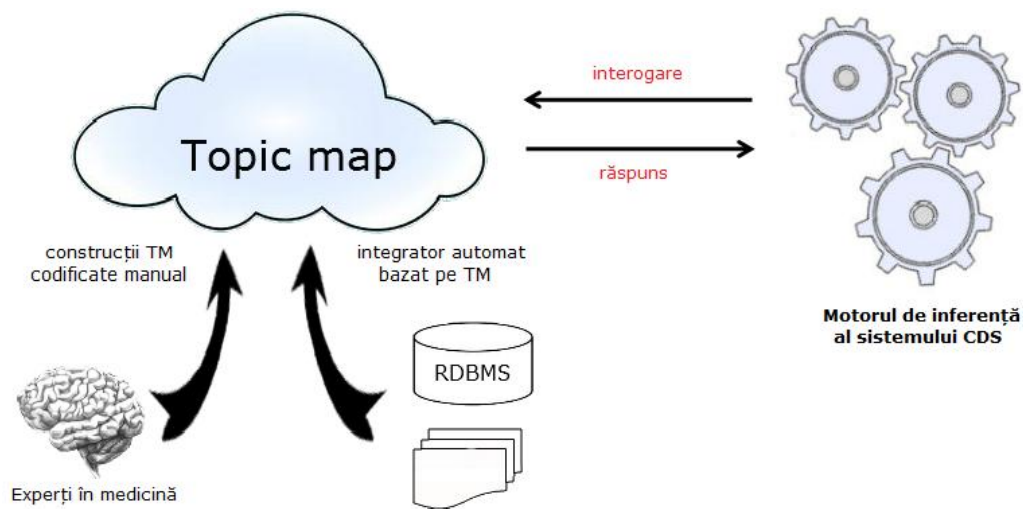


Fig. 5. 1. *TM* asigură integrarea datelor pentru *CDS*

În ciuda aspectelor prezentate anterior, sistemele *CDS* rămân o promisiune încă neonorată pe deplin, diversele implementări având un impact destul de scăzut, unele dintre cauze fiind utilizarea dispartă a unor baze de date și cunoștințe medicale, caracterul local al acestor sisteme, fluctuațiile imprevizibile în funcționare a diverselor tehnici și tehnologii utilizate, latura mai mult sau mai puțin subiectivă a activității indivizilor și organizațiilor implicate în actul medical, în dezvoltarea și întreținerea sistemelor și fluxurilor informatice, ș.a.m.d. Însă, un factor important care determină incapacitatea de extindere a capabilității sistemelor *CDS* este reprezentat de absența unor modele clinice informaționale standardizate și a terminologiilor asociate care să fie utilizate atât de către instituțiile implicate în actul medical, cât și de către sistemele informaționale și resursele *CDS* [161].

Având în vedere faptul că o problemă importantă cu care se confruntă sistemele de tip *eSănătate* este aceea a diferenței dintre practica clinică optimală, bazată pe dovezi medicale și cea reală, un grup de cercetători [62] au întreprins un studiu care a vizat câteva dintre cele mai reprezentative sisteme *CDS* la nivel mondial, în scopul elaborării, adoptării și standardizării unui model informațional comun pentru sistemele *CDS*, urmărindu-se atingerea consensului asupra datelor cu caracter medical care circulă între motoarele *CDS* și sistemele clinice informaționale [161].

### 5.1.2. Virtual Medical Record (vMR) – soluție cvasicompletă

vMR este un model de date destinat reprezentării informațiilor clinice relevante sistemelor CDS. vMR cuprinde atât date referitoare la pacient și istoria clinică a acestuia, cât și inferențe despre pacient (ex.: intervenții clinice recomandate, ș.a.m.d.).

Modelul de date vMR ("vMR Domain Analysis Model" – vMR-DAM) a fost dezvoltat având în vedere următoarele cerințe:

- să cuprindă toate elementele de date identificate ca fiind utilizate de către sistemele CDS analizate;
- modelarea să permită extensibilitatea sistemului, în condițiile în care modelului îi pot fi aplicate constrângeri ulterioare cu ajutorul ghidurilor și profilelor de implementare.

Dezvoltarea modelului are ca punct de plecare un studiu realizat asupra a 20 de sisteme CDS din 4 țări, în urma căruia au fost identificate un număr de 131 de termeni. Rezultatele au fost raportate utilizând terminologii standard: SNOMED CT, LOINC, ICD9, ICD10, CPT, MeSH, NDC, RxNorm, setul HL7 de valori definite și non-standard, pentru absobția acestora din urmă fiind lansată ideea de a fi mapate către terminologii standard cu granularitate similară.

Pe baza datelor rezultate în urma studiului, s-a convenit ca vMR DAM să conțină:

- specificații vMR pentru CDS;
- specificații structurale referitoare la intrările și ieșirile CDS;
- specificații structurale pentru identificarea datelor de intrare necesare fiecărui caz de utilizare a CDS.

Pachetele modelului de date sunt ierarhizate conform figurii 5. 2 și au următoarele roluri:

- *modelParent*: este reprezentă pachetul părinte al tuturor celorlalte pachete ale modelului;
- *cdsInput*: specifică datele de intrare în sistemele CDS;
- *cdsOutput*: specifică datele de ieșire ale sistemelor CDS;
- *cdsInputSpecification*: specifică datele necesare CDS la intrare pentru un anumit caz;
- *vmr*: specifică informațiile despre un pacient relevante pentru CDS;
- *dataTypes*: specifică tipurile de date utilizate [205].

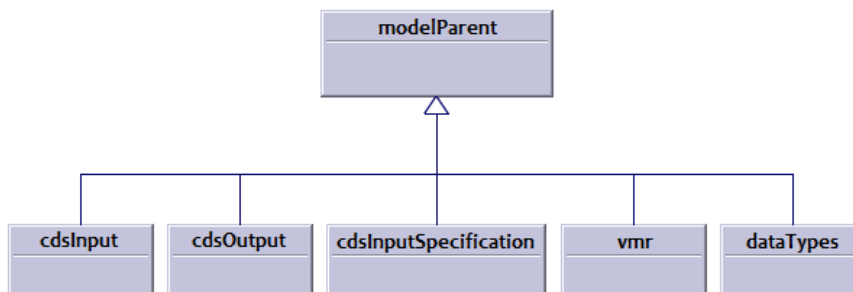


Fig. 5. 2. Ierarhia pachetelor modelului de date vMR



### 5.1.3. *TM* – soluția completă

Odată cu standardizarea *TM*, acțiunile comunităților științifice interesate de acest domeniu s-au concentrat pe lărgirea continuă a spectrului de aplicabilitate a acestei tehnologii. Studiile în domeniu nu s-au limitat doar la dezvoltarea unor aplicații de tip "baze de date" [206] [207] [167], deși unele dintre unele și soluțiile propuse aduc un aport deosebit activității de concepere, stocare și utilizare a *TM* [208] [209]. Astfel, acțiunile cercetătorilor au vizat îmbogățirea și completarea standardului cu un limbaj de interogare [210] [211], soluții de notare grafică [212] [213] sau limbaje de interschimb [95]. Totodată, au fost teoretizate diverse metode de integrare și analiză semantică pentru date structurate [214] și nestructurate [215], de îmbunătățire a capacității de regăsire a informațiilor, de navigare prin sisteme de management al conținutului (*CMS*) de tip centrate pe document, [216] [217] [218], de obținere a identificării unice a subiectelor pe baza unor resurse adiționale pe considerente geografice [219], sau de integrare în *tm* a unor modele de date existente. Toate acestea evidențiază unele dintre cele mai importante cuceriri în domeniul *TM* care pot fi văzute ca oportunități de dezvoltare a serviciilor de sănătate, implementarea lor fiind în sarcina informaticii medicale.

Un exemplu de aplicare a *TM* în domeniul medical este prezentat în [220]. Lucrarea descrie o soluție pentru crearea unei *tm* dintr-o structură de date de tip tezaur, denumită *Subject Headings*<sup>5</sup> (*SHs*). Ontologia *TM* pentru realizarea acestei transformări dintr-un model de date în altul este prezentată în figura 5. 3, în timp ce tabelul 5. 1 oferă informații despre anvergura *tm* rezultate.

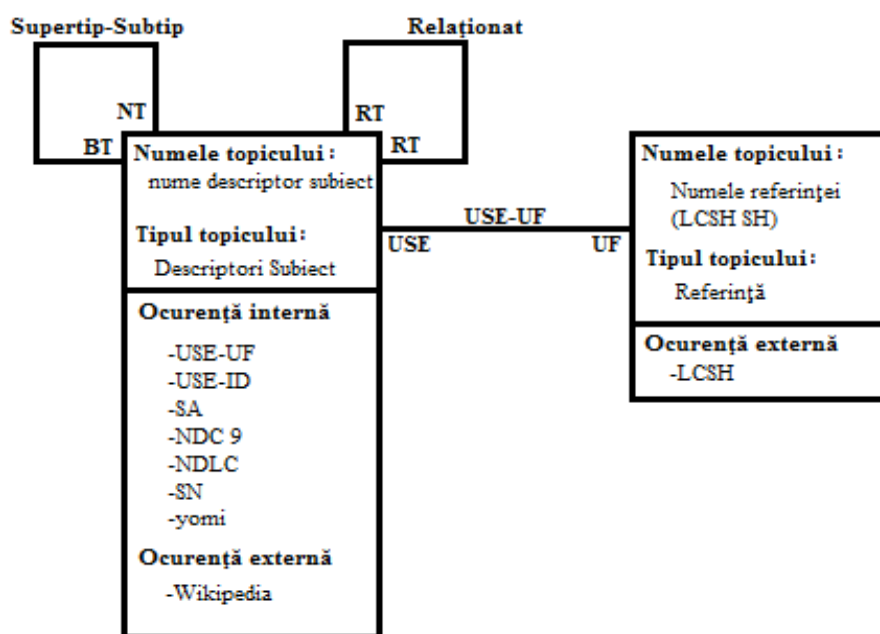


Fig. 5. 3. Ontologia *TM* a *NDLSH* (*National Diet Library Subject Headings*) [220]

<sup>5</sup> trad. aprox. Descriptori de subiect

Se poate observa că noul model augmentează baza de date cu resurse informaționale relevante pentru termenii conținuți și, în plus, poate oferi soluția identificării unice a acestora cu ajutorul indicatorilor de subiect ("subject indicators") și/sau a locațiilor de subiect ("subject locators") [4], noțiuni care sunt specifice modelului de date *TM*.

Tabelul 5. 1. Tipuri de topicuri și instanțe [220]

Tipul	Denumirea tipului	Numărul de instanțe
Tipul topicului	Descriptor subiect	17.953
	Referință	47.816
Tipul de asociere	Generic - Specific	13.220
	Asociat	9.738
	Folosit - Folosit pentru cu LCSH	11.663

Caracteristicile standardului *ISO/IEC 13250* și exemplul prezentat anterior demonstrează capacitatea *TM* de a opera cu diverse forme de digitizare a informației, calificând tehnologia pentru aplicații de reprezentare a cunoașterii, de conectare a subiectelor la resurse informaționale relevante, de indexare și regăsire a informațiilor. De asemenea, nu trebuie neglijată neutralitatea tehnologiei față de reprezentări conforme altor modele de date [181], comasarea și integrarea informațională fiind aplicații imediate ale acestei caracteristici.

#### 5.1.4. Integrarea datelor prin modelarea interfeței dintre modele

Având o perspectivă de ansamblu asupra nevoilor de integrare informațională la intrarea sistemelor *CDS*, a specificațiilor de reprezentare ale modelului *vMR* și a facilităților oferite de *TM*, a fost dezvoltată o aplicație bazată pe o ontologie *TM* cu rol de a asigura interfața între diverse surse de informații și modelul de date *vMR* (Fig. 5. 4.).

La elaborarea ontologiei, au fost îndeplinite specificațiile sintaxei *TM*, iar vocabularul utilizat a fost cel al *vMR*. De asemenea, constrângerile de cardinalitate și cele referitoare la tipurile de date sunt similare, pe cât posibil, celor specificate în *vMR*, asigurând deopotrivă integritatea structurală a schemei și interoperabilitatea cu alte structuri conforme *HL7* și *vMR*.

Procese de achiziție a informațiilor au fost prevăzute a fi efectuate manual, prin introducerea datelor de la tastatură, sau în mod semi-automat, prin definirea prealabilă a unor scheme-șablon pe baza cărora construcțiile informaționale să fie identificate și prelucrate.

#### 5.1.5. Procesul de implementare

Pentru a crea mecanismul de conversie a construcțiilor conforme *vMR-DAM* în *TM* s-a apelat la o metodologie de creare a ontologiilor *TM* prezentată în lucrarea [173].

Faza incipientă a constat în identificarea limitelor domeniului care urmează a fi reprezentat, descoperirea și obținerea documentației relevante. Studiul *vMR-DAM* a evidențiat faptul că modelul este bine structurat, iar documentația acoperă necesarul de cunoștințe pentru inițierea procesului de reprezentare cu ajutorul *TM*.

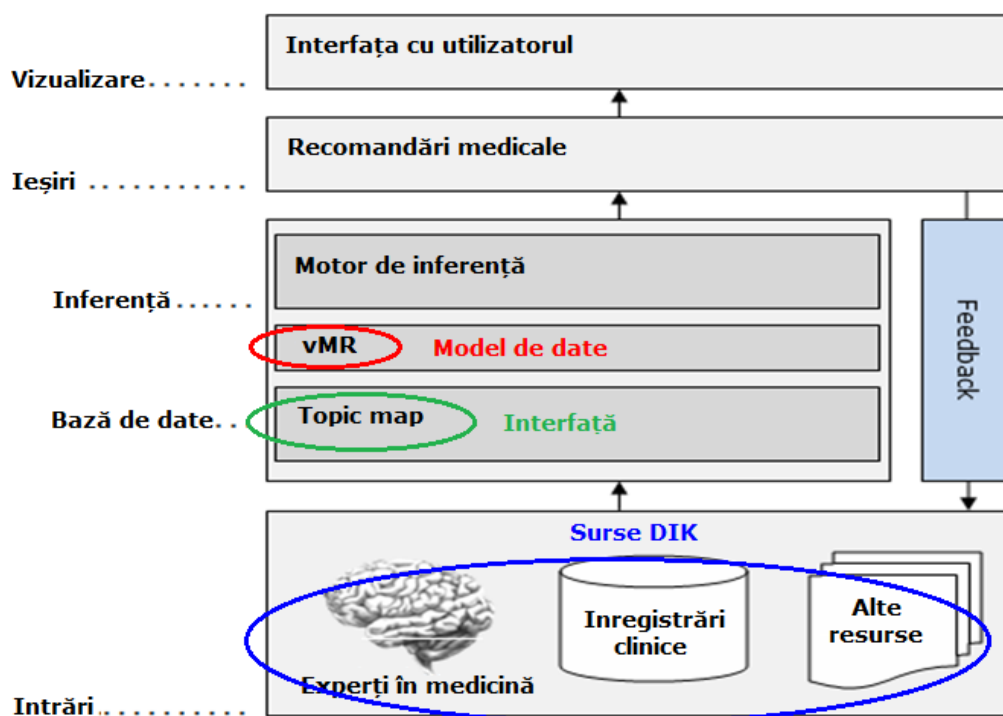


Fig. 5. 4. Interfața *TM-vMR* asigură integrarea datelor cu caracter medical

În faza de analiză s-a urmărit deoalarea aspectelor implicate în procesul de utilizare a unui model de date comune pentru sistemele *CDS*, prin identificarea unei liste de întrebări care ar putea fi adresate *tm*. Dat fiind contextul în care se dorește conversia între două modele de date, acuratețea reprezentării a fost esențială, scopul urmărit fiind o integrare cât mai rapidă a noului model în comunitatea științifică orientată spre *vMR-DAM* și *CDS*. Acțiunea a avut ca rezultat descoperirea celor mai relevante concepte și asocieri dintre acestea și care vor sta la baza noului model de date.

În faza a treia a procesului de proiectare a ontologiei *TM*, faza de schițare, a fost realizată enumerarea termenilor relevanți ai domeniului și s-au stabilit corespondențe între conceptele *vMR-DAM* și topicuri. Toți acești termeni au fost apoi categorisiți pe tipuri de topicuri, tipuri de asocieri, tipuri de ocurențe, tuturor tipurilor de concepte prezentate anterior fiind-le atribuite ulterior câteva exemple de instanțe. A rezultat o ontologie *TM*, termen definit în [173] ca "un set de tipuri de topicuri, nume, ocurențe, asocieri și roluri utilizate într-o anume topic map" și nu ca "bază logică de cunoștințe despre un domeniu destinată înlesnirii inferenței logice".

Tot în această etapă, a avut loc transpunerea ontologiei *TM*, denumită în continuare *TM-vMR*, într-o bază de date. În acest sens, a fost utilizată aplicația *open source Topincs* [209], ca software pentru elaborarea bazei de date. *Topincs* este un

motor de *TM* care oferă utilizatorilor dezvoltarea rapidă a *tm*, precum și particularizarea comportamentului acestor baze de cunoștințe pentru a răspunde mai bine cerințelor utilizatorilor.

Elaborarea schemei *TM* a constat în definirea în *Topincs* a tipurilor de concepte introduse în paragraful anterior (Fig. 5. 5.), proces urmat de impunerea constrângerilor de cardinalitate și referitoare la tipurile de date, în conformitate cu specificațiile *vMR* (Fig. 5. 6.). Amploarea și complexitatea modelului *vMR* s-au răsfrânt asupra vitezei de implementare, procesul de modelare a domeniului întinzându-se pe cea mai mare parte din timpul alocat dezvoltării sistemului în ansamblu.

Association type	5	+ ▼
Occurrence type	57	+ ▼
Role type	6	+ ▼
Topic name type	0	+ ▼
Topic type	26	+ ▲
<ul style="list-style-type: none"> <li>Act Attribute</li> <li>Adverse Reaction Observation</li> <li>Association Type</li> <li>CDS Context</li> <li>CDS Input</li> <li>CDS Resource</li> <li>Classification</li> </ul>		

Fig. 5. 5. Schema TM pentru TM-vMR

În urma definitivării schemei *TM*, *Topincs* generează o interfață de programare care permite particularizarea comportamentului bazei de date prin intermediul unor metode software. Configurarea elementelor de interfață cu utilizatorul, a fișierelor destinate interschimbului de date sau a accesului la diverse substructuri ale bazei de date sunt doar câteva dintre posibilitățile oferite specialistului în ingineria cunoașterii prin intermediul interfeței de programare *Topincs*. Subcapitolul 5.1.7. privitor la detaliile de execuție ale sistemului tratează în amănunt aceste aspecte.

Beneficiile interfeței de programare au fost reliefate în ultima etapă de dezvoltare a acestei aplicații, care a constat în crearea unui pachet de servicii *Topincs* cu rol de a asigura comunicarea cu *tm*. În acest fel au fost configurate fluxurile care permit popularea manuală și semi-automată a bazei de date, interogarea acestora și transmiterea datelor în format *XML* către sistemul *CDS* prin intermediul unui modul de gestionare a datelor. Sistemul *CDS* beneficiar al datelor este *Egadss* [221], iar specificațiile de configurare a fișierelor *XML* sunt obiectul unui modul distinct de dezvoltare a aplicației.



Fig. 5. 6. Schema *TM* - constrângeri de tip "topic-role"

Faza de rafinare a fost inițiată odată cu crearea primelor taxonomii și a avut loc pe întreaga durată a proceselor de proiectare și implementare a modelului de date. Astfel, structura ontologiei *TM* a fost supusă unor evaluări periodice, urmărindu-se consistența vocabularului și sintaxei, eliminarea erorilor și clarificarea elementelor care pot genera confuzii.

### 5.1.6. Utilitate

Cum ar putea fi utilizată o astfel de bază de cunoștințe? Un potențial scenariu de utilizare este cel în care există diverse *tm* în diferite locații interconectate, prin Internet sau intranet; caracteristicile tehnologiei *TM* permit ca, având un subiect tratat diferit la nivelul mai multor locații, utilizatorul să poată beneficia de o colecție a tuturor proprietăților descrise în toate acele locații. Cu alte cuvinte, se realizează o integrare a tuturor resurselor informaționale relevante pentru un anumit concept, oferind utilizatorului o perspectivă de tip "centrată pe subiect" asupra aceluși topic, sau, altfel spus, o imagine de tip "totul la un loc" a subiectului (Fig. 5. 7.).

O astfel de abordare are avantajul că oferă o capacitate sporită de regăsire a informațiilor, dacă acestea există; este de ajuns să fie cunoscută o singură proprietate (ex.: tipul căruia îi aparține, o asocieră al cărei membru este, o ocurență, ș.a.m.d.) pentru a ajunge la topicul dorit. Această capacitate de regăsire a informațiilor a inspirat aplicații în care "accesul direct la orice topic din pagina de start se traduce prin faptul că orice înregistrare se află la doar un click distanță, putând fi accesată din orice perspectivă" [209].

Integrarea informațiilor pe bază de *PSI* se poate face fizic, la nivel de *tm*, sau printr-un proces de contopire virtuală, pentru "a oferi o nouă imagine asupra datelor" accesate din diverse surse "fără nicio redundanță sau *caching*<sup>6</sup>" [222].

Dar ce oferă personalului medical o astfel de aplicație? O situație ipotetică aici, dar des întâlnită în practică este aceea în care un medic dorește o imagine cât mai detaliată asupra posibilităților de abordare a unei probleme medicale cu care se confruntă un anume pacient. Prin prisma facilităților descrise anterior, aplicația permite regăsirea la nivel de *Web* a resurselor relevante pentru subiectul de interes, acesta putând fi reprezentat de dosarul medical al pacientului respectiv, un diagnostic, o procedură, o metodă de tratament sau chiar o anumită valoare a unei mărimi fizice. Practic, orice entitate existentă în baza de date poate fi vizualizată în browser alături de toate informațiile disponibile cu care relaționează, indiferent de locația și forma lor de codificare.

756	Person
<b>Gender</b>	male
<b>Race</b>	caucasian
<b>Ethnicity</b>	romanian
<b>Birth Date</b>	01.05.1953
<b>Postal Address</b>	210222
<b>Age</b>	58
<b>is associated with the next healthcare act</b>	755 (Procedure)

Fig. 5. 7. Prezentare "centrată pe subiect" în *TM-vMR*

Beneficiind de avantajele oferite de tehnologiile pe care se bazează, aplicația poate deveni oricând o sursă de date disponibile liber pe *Web* ("*Linked Open Data*"), setul de cerințe care trebuie îndeplinite pentru atingerea acestui obiectiv fiind acordul posesorului datelor și elaborarea serviciilor *Topincs* adecvate.

<sup>6</sup> *trad. aprox.* memorare temporară

### 5.1.7. Detalii de execuție privind validarea modelului de conversie

Modelul obținut în urma procesului de conversie [223] a fost utilizat în cadrul unei aplicații care are ca obiectiv principal îmbunătățirea recomandărilor medicale la ieșirea sistemelor CDS [224] [225]. Ontologia *TM* rezultată constituie o interfață bazată pe *vMR* și *TM* între diverse modele de codificare a datelor și *vMR*, asigurând achiziția și integrarea pe baze ontologice a datelor medicale din baze de date relaționale (*MySQL*, *Microsoft SQL Server*) sau codificate în format *CCD* și *CDA* (Fig. 5. 8.). Rezultatul constă într-o bază de cunoștințe care este pusă la dispoziția motorului de inferență prin intermediul unui "modul de gestionare a datelor" [226].

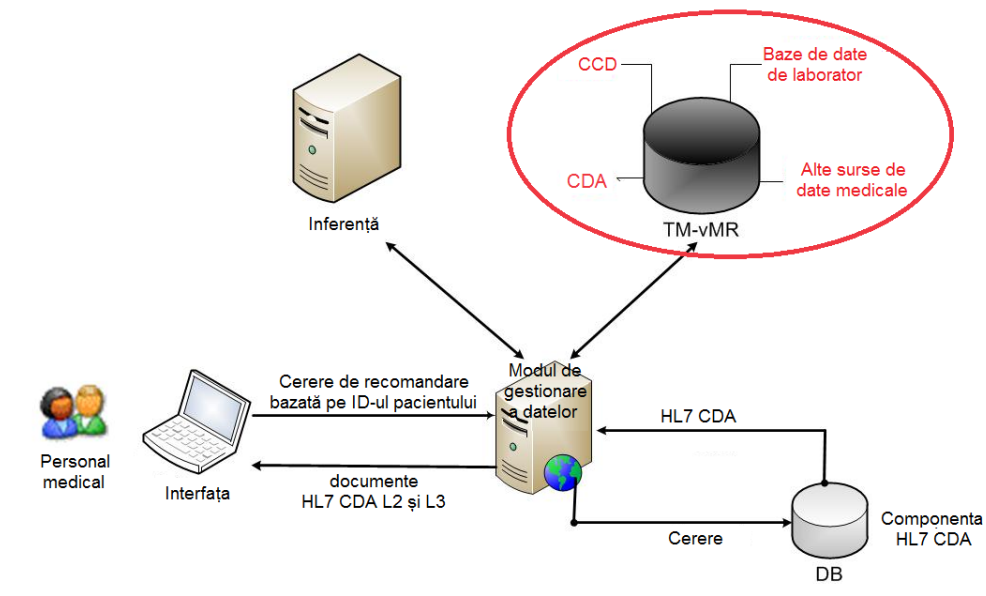


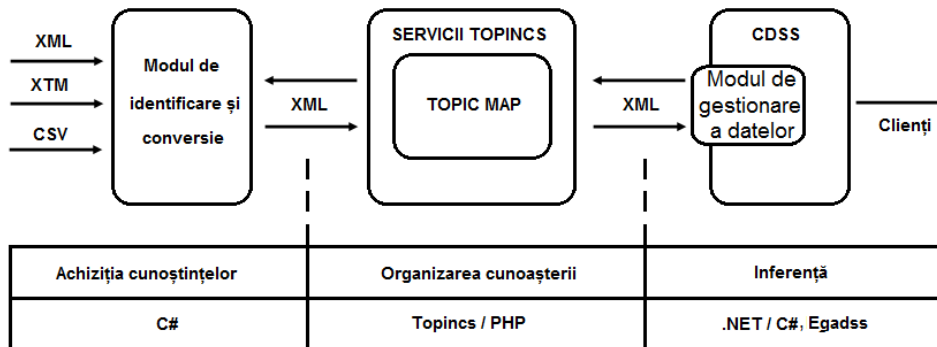
Fig. 5. 8. Utilizarea modelului de date *TM-vMR* [225]

Procesul de implementare a modelului de conversie s-a desfășurat etapizat și pe module (Fig. 5. 9.), primul demers constând în identificarea modelelor de codificare a datelor care urmează a fi prezente la intrarea sistemului. Lista inițială conține unele modele cunoscute de interschimb al datelor pentru domeniul medical în sintaxă *XML* (*CDA* și *CCD*) și forme generale de codificare precum *XLS*, *XTM* sau *CSV*<sup>7</sup>, însă pot fi adăugate și alte modele pentru a răspunde unei game cât mai vaste de preferințe.

În urma stabilirii intrărilor sistemului, s-a decis proiectarea și dezvoltarea unui "modul de identificare și conversie" care, conform denumirii, are rol de identificare a construcțiilor informaționale din fișierele de intrare și conversia lor conform cerințelor ontologiei *TM-vMR* [223]. În situația absenței identificărilor, modulul prezintă două posibilități de atribuire a acestora:

<sup>7</sup> *comma-separated values* (**in trad.** valori separate prin virgulă)

-supervizată, ca urmare a unui proces de identificare asistată, în care rolul de atribuire a identificatorilor revine personalului uman specializat;  
 -automată, în care modulul extrage din baza de date toți identificatorii prezenți și încearcă să găsească o soluție pe baza etichetelor XML. În situația în care identificarea nu a reușit, atribuirea identificatorilor se face automat, ținând cont de ierarhia construcției în interiorul fișierului, emitentul și tipul fișierului.

Fig. 5. 9. Schema de implementare a modelului *TM-vMR* [226]

Operațiunile de identificare și de conversie sunt urmate de procesul de scriere a fișierului XML, acesta fiind transmis ulterior pentru procesare cu ajutorul serviciilor *Topincs*, extragerea și stocarea datelor în baza de cunoștințe.

*Modulul de identificare și conversie* a fost elaborat utilizând limbajul de programare C# specific mediului de dezvoltare *Microsoft Visual Studio.NET* [227].

Modelarea ontologiei *TM* și a comportamentului bazei de cunoștințe s-a realizat cu ajutorul *Topincs*, acesta fiind încărcat pe server alături de combinația de programe specializate *Apache*, *MySQL* și *PHP* reunite sub denumirea de *WAMP* [228]. Scrierea interfețelor pentru comunicarea *tm* cu alte programe se face cu ajutorul scrierilor *PHP* sub *Topincs*, denumite în această lucrare "servicii *Topincs*". În scopul asigurării accesului la topicuri, *Topincs* oferă un obiect *PHP* predefinit, numit "tobject", a cărui interfață de programare (Fig. 5. 10.) este generată pe baza tipurilor de topicuri, a constrângerilor și a *numelor de serializare* ("serialization names") prezente în schema *TM*. Prin intermediul *claselor domeniu* ("domain classes"), *Topincs* oferă posibilitatea extinderii interfeței de programare a *tobject*-ului cu metode computaționale [229]. De exemplu, pentru a afla numărul de agenți la care o persoană prezintă reacții adverse, în clasa domeniu *AdverseReactionAgents* este definită metoda *number\_of\_agents()*, informația implicită devenind explicită:

```
class AdverseReactionAgents extends Tobject {
    function number_of_agents() {
        $agents = 0;
        foreach ($this->get_all_causative_agent_codes() as $code) {
            $agents ++;
        }
        return $agents
    }
} Tobject::register("person", "id:418");
```



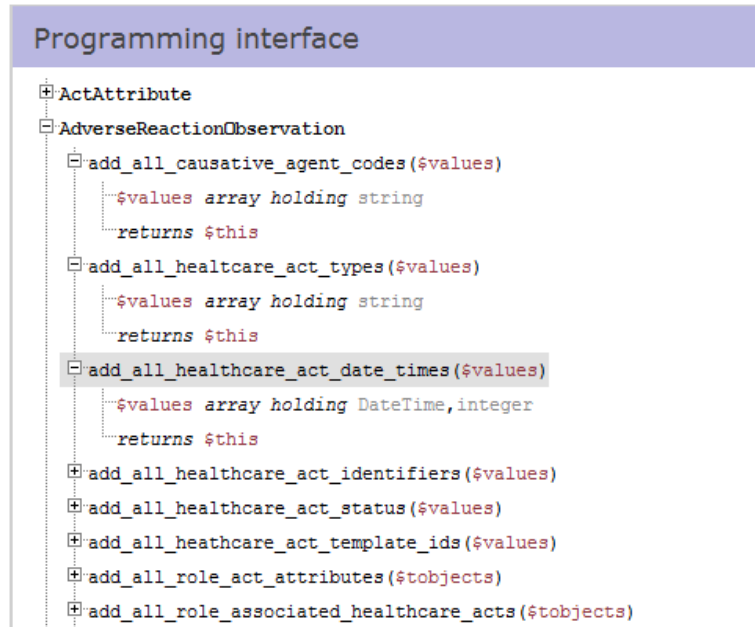


Fig. 5. 10. Interfața de programare

Serviciile *Topincs* sunt răspunzătoare și de comunicarea cu *modulul de gestionare a datelor*, căruia îi transmit, la cerere, un fișier în sintaxă XML configurat conform unor cerințe prestabilite cu beneficiarul datelor (Fig. 5. 11.).

```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2  <patient_info>
3    <full_name><?php echo $tobject->get_tn_first_name()." ".$tobject->get_tn_last_name() ?></full_name>
4    <id><?php echo $tobject->get_tn_id() ?></id>
5    <birthdate><?php
6      if($tobject->has_occ_birthdate()){
7        $birthdate = Tobject::get($tobject->id)->get_occ_birthdate();
8        echo $birthdate->format("d.m.Y");}
9      else{
10         echo "Birthdate not set.;" ?>
11    </birthdate>
12    <diagnose>
13      <?php foreach (Tobject::get($tobject->id)->get_all_diagnosis() as $diagnosis) { ?>
14        <diagnosis>
15          <?php echo $diagnosis->get_tn_label(); ?>
16          <drg-code-diagnosis><?php echo $diagnosis->get_occ_drg_code(); ?>
17        </drg-code-diagnosis>
18        </diagnosis>
19      <?php } ?>
20    </diagnose>
21    <past_procedures>
22      <?php foreach (Tobject::get($tobject->id)->get_all_role_procedures() as $procedure) { ?>
23        <procedure><?php echo $procedure->get_tn_label(); ?>
24          <performed_by><?php Tobject::get($procedure->id)->get_role_physician(); ?></performed_by>
25          <date><?php Tobject::get($procedure->id)->get_occ_date_procedure(); ?></date>
26          <drg_code><?php echo $procedure->get_occ_drg_procedure_code(); ?></drg_code>
27        </procedure>
28      <?php } ?>
29    </past_procedures>
30    <physicians>

```

Fig. 5. 11. Configurarea fișierelor XML de ieșire

Vizualizarea conținutului bazei de date se face direct în *browser*, prin intermediul unei *interfețe utilizator* (Fig. 5. 12.) cu elemente determinate pe baza schemei *TM* și aspect configurabil în funcție de preferințele utilizatorilor [230]. Interfața permite apelarea rapidă a unor servicii predefinite pentru editare, navigare și vizualizare.

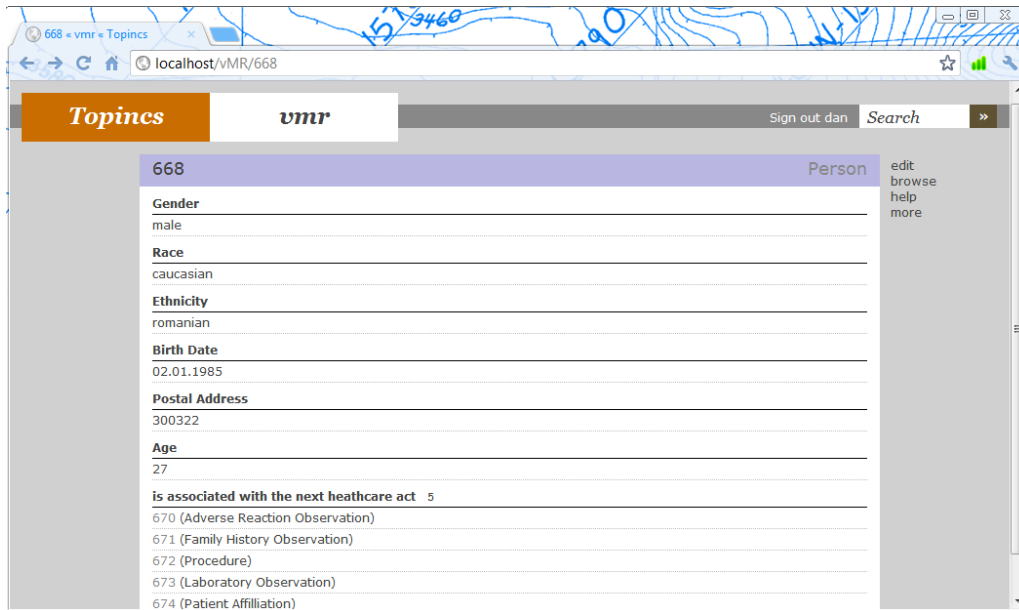


Fig. 5. 12. Interfața cu utilizatorul

Controlul accesului se poate face prin ierarhizarea nivelurilor permisiunilor sau prin configurarea domeniului de valabilitate pentru fiecare topic din *tm*. În scopul prevenirii deteriorării structurale a bazei de date, modelarea schemei *TM* se poate face doar cu permisiuni de administrator.

*Modulul de gestionare a datelor* [225] a fost dezvoltat utilizând *C#* din *Microsoft Visual Studio .NET*, este integrat în *CDS* și are rolul de a cere, primi și distribui datele necesare generării recomandărilor medicale.

### 5.1.8. Utilizarea și evaluarea *TM-vMR*

Abordarea urmărește îmbunătățirea recomandărilor medicale la ieșirea sistemelor *CDS* prin preluarea și integrarea datelor despre istoricul medical al pacientului (problemele medicale, proceduri/medicație la care acesta este/a fost supus), evaluarea lor pe baza unor module de cunoaștere (rezidente în module logice medicale – vezi subcap. 2.4 și Fig. 2. 18) și generarea unor concluzii (lista procedurilor medicale de urmat, medicația și dozele recomandate) în format interpretabil de către mașini.

Pentru exemplificare, se presupune că două unități medicale pun la dispoziția sistemului fișiere cu observațiile/procedurile pentru pacientul cu identificatorul *ID1524668*. Conform cerințelor modelului de date *vMR* [205], fișierele

ar trebui să fie în formate compatibile *HL7* (*CDA*, *CCD*, *vMR*), însă acestea urmează reguli de scriere nestandardizate (vezi Fig. 5. 13.). Astfel, datele pe care aceste fișiere le conțin sunt virtual inutile, însă prin intermediul facilităților de reprezentare oferite de *TM*, modulul *TM-vMR* asigură compatibilitatea lor cu sistemul *CDS*. Procesele inițiale care au loc la acest nivel urmăresc identificarea construcțiilor informaționale pe baza identificatorilor de subiect de la nivelul *tm* (baza de cunoștințe *TM-vMR*), dacă fișierul de intrare este într-o formă standardizată, sau a unor șabloane de citire în care sunt descrise originea și structura fișierului care conține datele. Considerând că fișierul transmis este, de exemplu, în format *CSV* (Fig. 5. 13.), identificarea poziției datelor se va realiza în conformitate cu șablonul corespunzător, care, pentru acest caz concret, specifică prima poziție pentru informații temporale, poziția a doua pentru identificatorul pacientului, a treia pentru codul *DRG* al procedurii, ș.a.m.d. Toate șabloanele sunt stocate în *tm* denumită "Templates" (Fig. 5. 13.). Procedura este asemănătoare și în cazul altor fișiere care conțin date în format nestandardizat pentru comunicarea în domeniul medical (*XML*, *XLS* sau *XLSX*).

The image shows two browser windows. The top window displays the 'vMR' application interface with a URL bar showing 'localhost/vMR/418'. The bottom window shows the 'Templates' configuration page for a 'Person' topic type. A table lists various fields for the template, including 'PozitieTM' which is set to 'http://localhost/vMR/418'. Below the table, a CSV data snippet is shown with red circles highlighting the date and ID fields.

Topic type	Person
dan 2 years ago	
Supertypes	Patient Data
Subtypes	healthcare-provider
Constraints	8
Topic occurrence constraints	
Statement type	General
Minimum cardinality	0
Maximum cardinality	1
Initially hidden	Yes

CSV data snippet:

```
10.08.2010;ID1524668;00101;42503-00;Examinare chirurgicala a globului ocular
10.08.2010;ID1524668;001001;42692-01;Biopsia corneei
```

Fig. 5. 13. Regulă de indentificare într-un șablon destinat stabilirii corelației dintre construcțiile informaționale

În figura 5. 14 se observă că, la nivelul *TM-vMR* se va regăsi, în urma proceselor descrise anterior, o formă integrată a datelor despre subiectul în discuție (pacientul cu identificatorul *ID1524668*), reprezentat prin intermediul topicului "668" (instanță a tipului de topicuri "Person" din ontologia *vMR* și, implicit *TM-vMR*), pentru care, în acest caz, sunt disponibile cinci documente cu caracter medical. La apelul modulului de gestionare a datelor, sistemul *TM-vMR* pune la dispoziția acestuia datele necesare în format *vMR*, care sunt transmise mai departe către *CDS*. În urma evaluării acestor date pe baza cunoștințelor din *MLM*-ului adecvat, sistemul este în măsură să genereze recomandări medicale.

Testele funcționale au fost efectuate pe un set de date aparținând unui număr de 30 de pacienți din cadrul Spitalului Clinic Județean de Urgență Timișoara (SCJUT) și au urmărit obținerea unor recomandări medicale cu privire la administrarea de NaCl sau glucoză la persoane diagnosticate cu diabet.

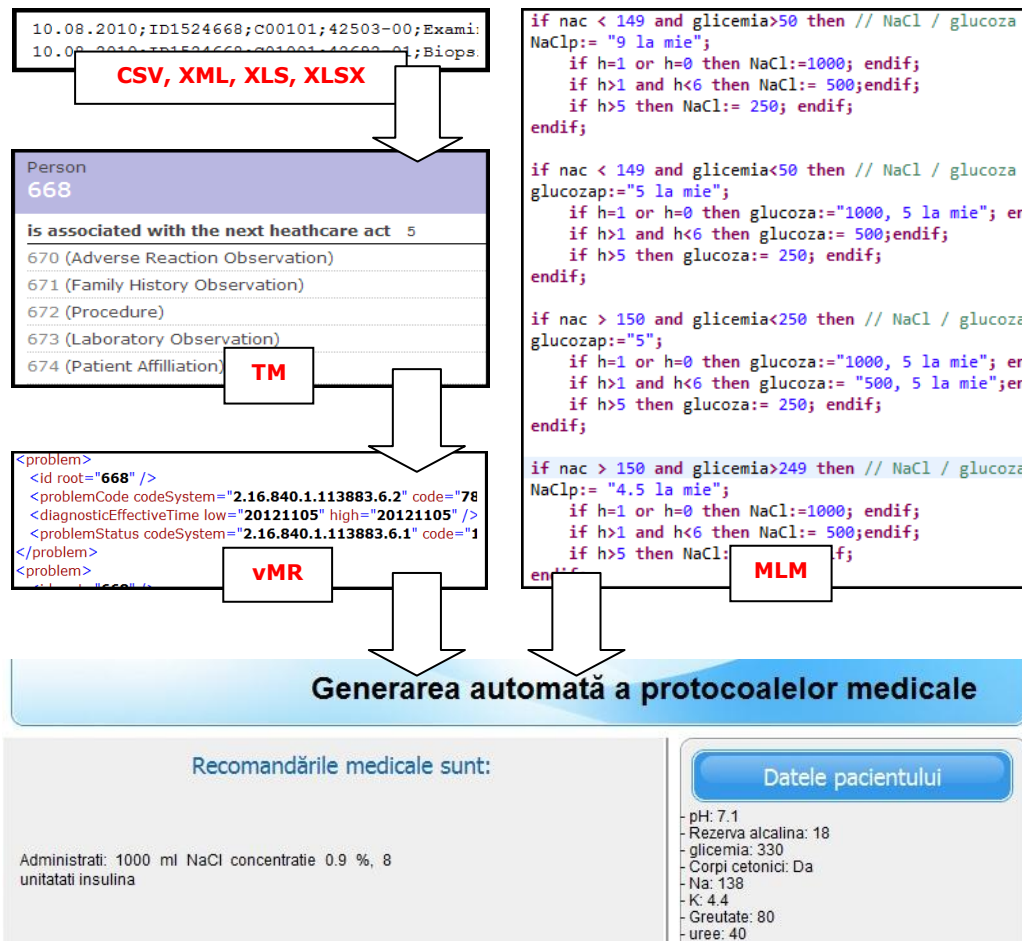


Fig. 5. 14. Generarea automată a protocoalelor medicale

Evaluarea s-a realizat în două etape, prima constând în utilizarea unui set de 60 de documente (create pe baza setului de date disponibile, câte 2 documente pentru fiecare pacient) în format *HL7-CDA* de nivel 3, în timp ce pentru a doua etapă datele au fost structurate în mod nestandardizat și puse la dispoziția *TM-vMR* în format *XML*, *CSV*, *XLS* și *XLSX* (Fig. 5. 14.). Recomandările generate de sistem în cele două situații au fost similare, medicii din cadrul *SCJUT* care le-au evaluat apreciind că toate au fost corecte.

Rezultatele testelor confirmă capacitatea sistemului în ansamblu de a genera recomandări medicale, operând cu modele și formate de date diferite [231]. De asemenea, flexibilitatea *TM* este pusă în evidență prin extensibilitatea asigurată

modelului de date *vMR*, îmbogățind gama structurilor de date care pot fi utilizate de către sistemele *CDS*.

### 5.1.9. Concluzii

Utilizarea vocabularului *vMR* și impunerea constrângerilor referitoare la cardinalitate și la tipurile de date care urmăresc fidel specificațiile aceluiași meta-model asigură ontologiei *TM* integritatea structurală și interoperabilitatea sa cu structuri de date conforme *HL7* și *vMR*. Implementarea bazată pe *TM* reprezintă o soluție pentru problema cerințelor de integrare informațională la intrarea sistemelor *CDS*, iar puternicele mecanisme de relaționare și identificare a construcțiilor informaționale oferă nu doar perspectiva interconectării cu structuri conforme altor modele de date, ci și regăsirea rapidă a informațiilor la nivelul Internet-ului sau a rețelilor de tip intranet.

Abordarea însumează beneficiile unui vocabular controlat, aparținând *vMR*, și a unei sintaxe flexibile, parte a standardului *TM*, pentru a oferi extensibilitate unui model de date (*vMR*) orientat către formalizarea cunoașterii medicale relevante pentru sistemele *CDS*.

## 5.2. *MeDaFIn* – aplicație *Web* bazată pe *TM* pentru federalizarea și integrarea datelor cu caracter medical

### 5.2.1. Scurtă prezentare

În scopul testării validității teoriilor enunțate a fost proiectată și dezvoltată o aplicație *Web*, *MeDaFIn* (*Medical Data Federation Infrastructure*<sup>8</sup>), care să susțină procesele de federalizare și de integrare a datelor cu caracter medical pe principii ontologice.

Aplicația implementează multe dintre specificațiile standardului *TM* și este dezvoltată în *ASP.NET* din mediul *Microsoft Visual Web Developer Express 2010* [232], folosind *C#* ca limbaj de programare și *Microsoft SQL Server 2008 Management Studio Express* pentru gestionarea datelor pe server, ca "mediu integrat de accesare, configurare, gestionare, administrare și dezvoltare a tuturor componentelor *SQL Server*" [233]. Având la bază un ansamblu de tehnologii și fiind destinat dezvoltării bazelor de date accesibile prin *Web*, sistemul implementează cele mai multe dintre conceptele abordate și aspectele teoretice enunțate anterior în cadrul lucrării, dar obiectivul său central este să asigure integrarea datelor provenind din diverse surse. Sistemul este dezvoltat pe baza câtorva ipoteze de lucru care pot fi demonstrate sau infirmate mai mult empiric decât epistemologic, având în vedere gradul destul de ridicat al dependenței aplicației față de dorința omului de a participa la un demers cu caracter științific ale cărui rezultate nu pot fi vizibile imediat.

---

<sup>8</sup> *in trad.* "Infrastructură de federalizare a datelor cu caracter medical"

### 5.2.2. Ipoteze de lucru

Abordarea are la bază următoarele ipoteze:

- specialiștii/expertii în medicină doresc să participe activ la îmbogățirea patrimoniului digital de cunoștințe medicale prin partajarea voluntară a expertizei proprii;
- colecțiile informaționale nu sunt neaparat concepute și utilizate de experți în baze de date;
- datele puse la dispoziție de participanți nu pot fi asociate cu o anumită persoană;
- există o mulțime de fișiere care conțin "*microcolecții informaționale*";
- datele expuse pot fi utilizate liber de către orice entitate interesată;

În paragraful anterior a fost introdus termenul de "*microcolecție informațională*" cu scopul de a trasa o linie de demarcație între formele simple și foarte uzuale de seturi de date structurate și modelele complexe de organizare informațională care, de obicei, necesită cunoștințe avansate despre gestionarea bazelor de date. Este cunoscut faptul că există unități/subunități medicale care nu necesită implementarea unor sisteme sofisticate pentru gestionarea datelor, utilizând în acest scop modele proprii de structurare a datelor. Relevanța demersului de a introduce noul concept derivă din faptul că acesta descrie structurile de date vizate a fi utilizate de sistemul *MeDaFin* prezentat în cadrul subcapitolului curent.

#### Definiție:

Este denumită *microcolecție informațională* o colecție de date și informații cu structură simplă, cel mult tabelară, care rezidă într-un fișier pe un anumit suport informatic.

Fișierele cele mai utilizate pentru dezvoltarea unor microcolecții informaționale sunt, de obicei, de tip: *xls*, *xlsx*, *csv*, *txt*, ș.a.m.d., iar datele sunt structurate prin intermediul tabelelor sau a unor operatori. Subcapitolul 5.3.8 evidențiază utilitatea microcolecțiilor informaționale, exemplificând modul de integrare a acestora în aplicații *Web* bazate pe tehnologii semantice.

### 5.2.3. Obiective

*Obiectivul principal* este crearea unui cadru pentru achiziția și organizarea pe baze ontologice a datelor și informațiilor cu caracter medical, în scopul partajării lor într-o viziune unitară asupra subiectului reprezentat.

*Obiectivele* etapelor de dezvoltare urmăresc:

- crearea mecanismelor de scriere a ontologiei domeniului prin dezvoltarea unui motor de *TM* cât mai simplu, cu cât mai puține dependențe, care să implementeze metodele și proprietățile necesare reprezentării cunoașterii și integrării informaționale.
- definirea parametrilor care guvernează interfețele utilizator pentru dezvoltarea ontologiilor și schemelor *TM*, achiziția de date și vizualizarea conceptelor;
- dezvoltarea unui pachet de servicii care să asigure accesul la date pentru dezvoltatori și aplicații;

#### 5.2.4. Potențiali participanți

Orice persoană care deține o expertiză într-o specialitate medicală este eligibilă să participe la acest demers. Datele pot fi introduse:

- manual, prin intermediul unei interfețe grafice generate pe baza ontologiei domeniului, sau
- prin încărcare fișierelor care le conțin și declararea în cadrul ontologiei a referințelor către fișierele sursă;

#### 5.2.5. Potențiali utilizatori ai datelor

Orice entitate interesată, fie ea persoană, instituție sau program, poate utiliza datele în mod liber, fără vreo obligație față de sursa lor.

#### 5.2.6. Structura aplicației

Proiectarea și dezvoltarea aplicației au urmărit îndeplinirea următoarelor cerințe:

- crearea schemelor/ontologiilor *TM*
- selecția/înregistrarea participanților;
- achiziția datelor;
- partajarea fișierelor care conțin date medicale;
- crearea legăturilor între fișierele sursă și ontologiile și/sau conceptele existente pe server.

După parcurgerea acestor etape, datele pot fi accesate, procesate și utilizate liber prin intermediul serviciilor *Web*. Aceste servicii permit accesarea datelor în sintaxă *XML*, *XTM*, *XML/RDF*.

Aplicația înglobează o serie de metode, unelte și tehnologii într-o structură (Fig. 5. 15.) menită nu doar să verifice teoriile originale elaborate de autorul lucrării, ci și să ofere un cadru pentru dezvoltarea rapidă a aplicațiilor orientate către integrarea pe principii semantice a resurselor informaționale.

#### 5.2.7. Abordări similare și elemente inovative

Există o serie de abordări orientate către dezvoltarea de aplicații bazate pe *TM*, unele de tip "open source", altele comerciale, dezvoltate cu ajutorul celor mai cunoscute limbaje de programare.

Soluția curentă țintește implementarea în domeniul informaticii medicale a caracteristicilor *TM* și propune un set de metode particularizate, destinate integrării datelor și informațiilor cu caracter medical aflate în sisteme de tip *Web Content Management Systems* sau *Document Management Systems*. Elementele de noutate vizează metodele de implementare a motorului de *TM* și modalitatea de proiectare a ontologiilor *TM*, pentru care modelul de notație liniară – *LTM* [201] a fost extins cu o serie de particularități (vezi subcap. 4.3.) care îi conferă caracteristici similare cu privire la procesul de creare a ontologiilor cu cele ale sintaxei compacte standardizate pentru *TM* (*CTM*) [96].

### 5.2.8. Detalierea sistemului

Componenta de bază a sistemului este o aplicație *Web* care asigură crearea unor structuri informaționale conforme standardului *ISO/IEC 13250:2003:Topic Maps*, în scopul integrării datelor și informațiilor cu caracter medical provenite dintr-o paletă cât mai largă de surse (Fig. 5. 15.).

Metodele și proprietățile implementate controlează achiziția și organizarea datelor recepționate în scopul partajării lor într-o manieră "centrată pe subiect".

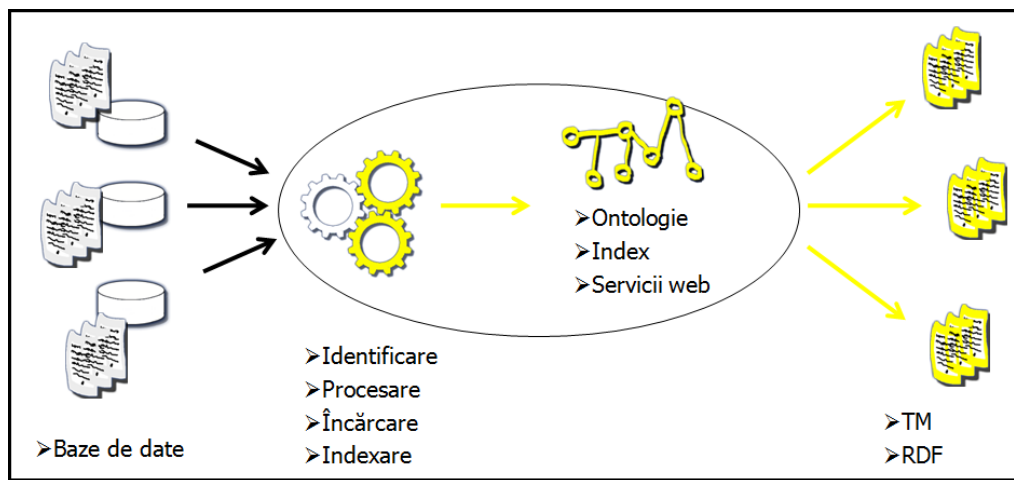


Fig. 5. 15. Integrarea semantică a datelor cu caracter medical cu MeDaFIN

*Prima etapă* în reprezentarea unui domeniu constă în *definirea ontologiei TM* specifice, care se efectuează direct în *browser*, utilizând una dintre cele două metode disponibile:

- completarea formularelor destinate modelării tipurilor de topicuri, asocieri și ocurențe – *metoda grafică*;
- introducerea de la tastatură a codurilor în format LTMe – *metoda text*.

Ambele metode prezintă *mecanisme de constrângere* de cardinalitate și referitoare la tipurile de date, iar ontologia rezultată va determina componența paginii fiecărui topic, precum și a paginii destinate introducerii instanțelor de la tastatură.

#### ***i. Modelarea ontologiilor cu ajutorul formularelor***

Prima metodă de modelare a schemei se bazează pe trei interfețe grafice, destinate editării tipurilor de topicuri, tipurilor de asocieri și tipurilor de ocurențe. Fiecare dintre cele trei pagini prezintă elementele care au sens pentru tipul de construcție TM ce urmează a fi editat (Fig. 5. 1.).

Definirea oricărui tip de construcție *TM* impune declararea unui identificator unic pentru acesta în cadrul *tm* curente. Introducerea unui identificator unic nou pentru *tm* curentă în oricare dintre casetele text din paginile de editare a tipurilor va conduce la definirea automată a unui tip corespunzător casetei text. De exemplu,



dacă în interfața grafică destinată se introduce un tip de topicuri "Persoana" care are ca supertip "Entitate", rezultatul va consta în crearea a două tipuri de topicuri corespunzătoare celor doi identificatori. În scopul familiarizării cu sitaxa LTM, interfața prezintă posibilitatea vizualizării în această notație a construcțiilor care urmează a fi definite (Fig. 5. 16.).

Editează un tip de topicuri.

Selecționează o schemă:  Schema curentă:

Topic type:  Scope:

Supertype:

Basename:  min/max:

Sortname:  min/max:

Displayname:  min/max:

Variantname:  min/max:

Subject indicator:  Scope:

Subject locator:

Subject identifier:

Format LTM:

```
[ Persoana : Entitate = "Persoana" ; "Persoana" ; "Persoana" %"http://psi.ontopia.net/#person" ]
```

Vezi LTM Memoreaza

Fig. 5. 16. Vizualizarea aserțiunilor în format LTM

În situația editării unei asocieri, utilizatorul are posibilitatea modelării perspectivelor acestuia, pentru a spori gradul de expresivitate al aserțiunilor. Astfel, pagina fiecărui topic care joacă un rol în asociere va prezenta *perspectiva* relevantă pentru acel topic și nu una cu caracter general. Pentru a înlesni înțelegerea conceptului de "*perspectivă a unei asocieri*", a fost propus următorul exemplu:

```
/*topicuri*/
    [Andrei]
    [Mihai]
    [Ana]
/*asocieri*/
    este-fiul-lui(Andrei : copil, Ana : parinte)
    este-fiul-lui(Andrei : copil, Mihai : parinte),
```

pe baza căruia se poate afirma că "Andrei este-fiul-lui Ana." și că "Andrei este-fiul-lui Mihai.". Însă TM este o tehnologie care oferă informației o arhitectură de tip "*centrată pe subiect*", astfel că este de așteptat ca interfețele utilizator să păstreze această caracteristică. În această situație, dacă subiectul în discuție este Andrei, cele două afirmații anterioare nu introduc vreo ambiguitate, însă, dacă interfața utilizator se referă, de exemplu, la Ana, doar una dintre afirmații va fi prezentă: "Andrei este-fiul-lui Ana.". Analizând sintactic propoziția, se observă că "Andrei" este

subiect, fapt care poate conduce la confuzie, prin prisma faptului că oamenii asociază subiectul unei propoziții cu universul discursului. În condițiile în care universul discursului este reprezentat de topicul "Ana", o afirmație adecvată a fi prezentată într-o interfața utilizator de tip "centrată pe subiect" este "Ana este-parintele-lui Andrei.", care, deși este diferită ca formă, are același înțeles cu propoziția "Andrei este-fiul-lui Ana.". Cele două propoziții reprezintă afirmații perspective asupra asocierii dintre cele două topicuri, "Andrei" și "Ana", corespunzătoare punctelor de vedere ale fiecăruia dintre aceste două subiecte.

Perspectivile sunt, așadar, versiuni ale denumirii unei asocieri, care pot să nu prezinte valoare pentru mașini, dar care poartă o încărcătură semantică importantă pentru om. Relația de mai sus ar putea fi denumită, de exemplu, "asociere-parinte-copil" sau "asoc-p-c", fără riscul afectării semantice sau structurale a bazei de cunoștințe din care face parte, perspectivele fiind introduse doar pentru edificarea utilizatorului uman în legătură cu înțelesul unei asocieri (Tabelul 5. 2.).

Tabelul 5. 2. Perspectivile asocierii "asoc-p-c"

Topic	Rol	Perspectiva	Aserțiune om	Aserțiune mașină
Andrei	copil	<i>este-fiul-lui</i>	Andrei este-fiul-lui Ana.	asoc-p-c(Andrei : copil, Ana : parinte)
Ana	parinte	<i>este-parintele-lui</i>	Ana este-parintele-lui Andrei.	asoc-p-c(Andrei : copil, Ana : parinte)

Trebuie specificat că modelul *TM* nu face vreo referire la perspectivele unei asocieri, însă, așa cum s-a arătat în acest subcapitol, utilizarea lor este o bună practică în situația în care conținutul bazei de cunoștințe urmează a fi expus utilizatorilor umani. Modelarea perspectivei în interfața grafică este un proces simplu și constă în completarea valorii perspectivei fiecărui membru al asocierii (Fig. 5. 17.).

The screenshot shows a web form titled "Editează un tip de asocieri." with the following elements:

- Association type:** A dropdown menu showing "asociere-copil-parinte".
- Topic type:** A dropdown menu showing "Persoana".
- Role:** A dropdown menu showing "copil".
- Perspective:** A text input field containing "este fiul lui".
- Topic type:** A dropdown menu showing "Persoana".
- Role:** A dropdown menu showing "parinte".
- Perspective:** A text input field containing "este parintele lui".
- Buttons:** "Editează un tip de subiecte" and "Editează un tip de ocurențe" (circled in red).
- Format LTM:** A "Memorează" button.

Red callouts from the figure identify the following components:

- Denumirea asocierii:** Points to the "asociere-copil-parinte" field.
- Perspectiva copilului:** Points to the "este fiul lui" field.
- Link-uri utile:** Points to the "Editează un tip de subiecte" and "Editează un tip de ocurențe" buttons.
- Tipul de roluri:** Points to the "parinte" role dropdown.
- Perspectiva părintelui:** Points to the "este parintele lui" field.

Fig. 5. 17. Modelarea perspectivei unei asocieri

Crearea unui nou tip de ocurențe se face în interfața grafică dedicată și presupune introducerea identificatorului tipului de topicuri pentru care se definește

această construcție. Chiar dacă pagina este destinată definirii ocurențelor, introducerea în caseta dedicată a unui tip de topicuri care nu există va avea ca efect crearea acestuia în baza de date.

Pentru facilitarea editării rapide a schemei *TM*, în paginile destinate definirii unui tip de construcție *TM* sunt prezente *link*-uri către paginile dedicate editării celorlate tipuri (Fig. 5. 17.).

## ii. **Metoda text de modelare a ontologiilor**

Utilizarea metodei text în format *LTM* de editare a schemelor (Fig. 5. 18.) este o alternativă la interfața grafică, destinată, în special, celor care posedă cunoștințe solide despre standardul *TM* și sintaxa *LTM* [201], cu versiunea extinsă *LTM* descrisă în subcapitolul 4.3.

La apăsarea butonului "Memorare", înaintea apelului funcției de memorare, are loc analiza propoziției în format *LTM* din caseta text în vederea stabilirii validității ei și a identificării construcțiilor *TM* care o compun. Funcția de validare implementează specificațiile *LTM*, mesajele neconforme fiind rejectate, în timp ce toate tipurile de construcții *TM* existente în mesajele corespunzătoare sunt procesate și memorate.

Aplicația permite accesul rapid la lista *ontologiilor valide* existente pe server, modificarea și vizualizarea fiecăreia dintre acestea, prin afișarea tipurilor de topicuri, asocieri și ocurențe componente.

După cum s-a afirmat și în cazul descrierii interfeței grafice, o atenție deosebită trebuie acordată modelării perspectivelor tipurilor de asocieri (Fig. 5. 18.). Absența unei construcții dedicate modelării perspectivelor asocierii în cadrul standardului poate părea un impediment în procesul de creare a ontologiilor în



Fig. 5. 18. Editarea unui tip de asocieri utilizând editorul text (sintaxă *LTM*)

interfața text, dar întreg procedeele constă în setarea *variantei numelui* ("variant name") asocierii cu forma dorită, urmată strict, conform [4], de configurarea contextului de valabilitate ("scope") al numelui la valoarea numelui rolului îndeplinit în asociere de topicul pentru care perspectiva este valabilă (Fig. 5. 18.).

Această practică este posibilă întrucât "într-o *tm* totul este un topic" [181], astfel că oricărei construcții dintr-o *tm*, o asociere în cazul de față, i se pot modela aceleași proprietăți ca în cazul oricărui alt topic.

*Achiziția de date sau popularea tm* se poate face manual, prin intermediul unei pagini generate automat și particularizat pentru fiecare topic pe baza ontologiei de apartenență a acestuia. Datele pot fi transmise către aplicație și dacă sunt rezidente într-un fișier care a fost încărcat pe server, însă metoda necesită cunoașterea și, mai ales, înțelegerea ontologiei de destinație, pentru a putea defini referințele pe baza cărora are loc transferul informațional. Trebuie avut în vedere faptul că această etapă este ultima în care poate fi realizată selecția datelor, astfel încât confidențialitatea informațiilor cu caracter personal să fie asigurată, iar acest obiectiv poate fi îndeplinit prin apelarea la una dintre metodele următoare:

- definirea limitelor valabilității datelor, prin utilizarea metodei de contextualizare ("scope") specifică *TM*;
- absența referințelor către sursa datelor;
- eliminarea datelor cu caracter personal din fișierul sursă.

*Definirea referințelor* către un fișier încărcat pe server conduce la maparea conținutului său la una dintre ontologiile *TM* existente, însă nu va crea duplicarea informației din fișier în instanța *TM*, actualizarea fiecărui topic realizându-se în momentul apelării sale.

*Vizualizarea topicurilor* se face în *browser* și urmărește conformitatea cu ierarhia claselor definită în metamodelul *TM* [4]. Având în vedere faptul că, din punctul de vedere al *TM*, un subiect poate fi "orice, indiferent dacă există sau prezintă alte caracteristici specifice, despre care se poate declara orice prin orice mijloace" [4], pagina fiecărui topic este concepută ca o colecție de *link*-uri către paginile altor topic-uri. În funcție de gradul de expresivitate dorit, pagina unui topic poate prezenta aserțiuni la un nivel descriptiv foarte ridicat, comparabil cu cel specific limbajului natural. Efortul depus pentru modelarea perspectivelor tipurilor de asocieri conduce la rezultate remarcabile, aceeași asociere fiind prezentată diferit în pagina fiecăruia dintre membrii săi.

Deși metodele implementate permit căutarea în bazele de date (Fig. 5. 19.) aflate pe server, versiunea curentă a aplicației nu are o interfață utilizator dedicată acestui scop, însă orice subiect, indiferent de tipul său (topic, ocurență, asociere, ș.a.m.d.), poate fi regăsit accesând pagina oricăruia dintre conceptele cu care relaționează. Acest comportament evidențiază caracteristicile de navigare rapidă prin colecții informaționale vaste specifice aplicațiilor bazate pe *TM*.

Conținutul bazelor de cunoștințe poate fi accesat prin intermediul unui pachet de servicii *Web* care, prin metodele expuse, oferă dezvoltatorilor de programe facilitarea utilizării datelor și metadatelor pentru alte aplicații. Pentru a demonstra aceasta, a fost proiectată și dezvoltată o aplicație orientată către consumarea serviciilor *MeDaFin*, așa cum va fi arătat în continuare.

```

public static ArrayList ExtractAssociationsWhereTopicIsMemberB(string bazadate, string
topicIdentif)
{
    ArrayList listaAsocieri = new ArrayList();
    string query = string.Format(@"USE [{0}] SELECT * FROM tbl_{0}_Associations
WHERE membrub='{1}' ", bazadate, topicIdentif);
    command.CommandText = query;
    try
    {
        conn.Open();
        command.CommandText = query;
        SqlDataReader reader = command.ExecuteReader();
        while (reader.Read())
        {
            Association assoc = new Association();
            assoc.id = reader.GetInt32(0);
            assoc.forma = reader.GetString(1);
            assoc.scope = reader.GetString(2);
            assoc.membrua = reader.GetString(3);
            assoc.rola = reader.GetString(4);
            assoc.membrub = reader.GetString(5);
            .....
            listaAsocieri.Add(assoc);
        }
    }
    catch
    {
        .....
    }
    finally
    {
        conn.Close();
    }
    return listaAsocieri;
}

```

Fig. 5. 19. Exemplu de metodă de interogare a bazei de date

### 5.3. MedMaps – aplicație de poziționare globală a informațiilor integrate

#### 5.3.1. Motivație

Medicina s-a confruntat deseori cu provocări privitoare la abordarea pe principiul respectării caracteristicilor endemice ale pacienților. Această afirmație constituie argumentul principal care a condus la dezvoltarea unei aplicații destinate domeniului medical, orientată către prelucrarea informațiilor cu caracter geografic. Realitatea cotidiană demonstrează că, privitor la starea de sănătate, orice comunitate se află în relație directă și imediată cu arealul său. Un exemplu elocvent în acest sens este cel al bolii cunoscute în popor ca "boala rinichilor uscați", sau, în termeni de specialitate, "Nefropatia endemică balcanică" (*NEB*). Afecțiunea se manifestă în țări precum România, Bulgaria, Croația, Serbia, și Bosnia-Herzegovina (Fig. 5. 20.), în țara noastră având o incidență dramatică în județul Mehedinți, cu precădere în localitățile aflate în proximitatea zonelor cu zăcăminte de lignit [234][235].

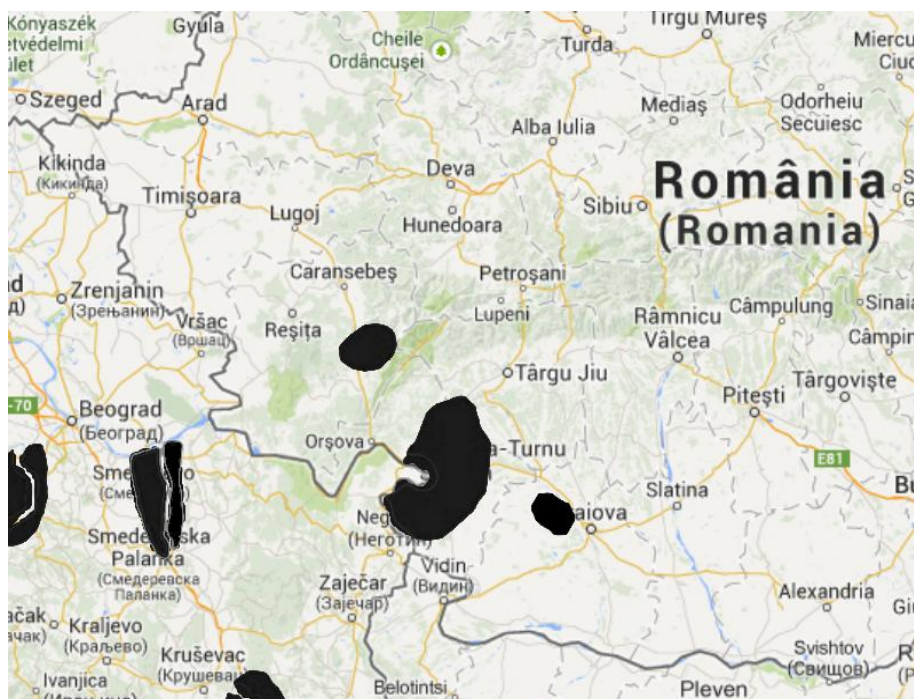


Fig. 5. 20. Incidența *NEB* în România, Prelucrare după [234]

Cercetările întreprinse de-a lungul timpului au condus de multe ori la "întrebări descurajatoare, răspunsuri evazive", astfel încât afecțiunea a ajuns să fie văzută ca "o constantă endemică de 50 de ani", cu toate că indiciile conduc către repere temporale mult mai îndepărtate asociate apariției bolii [236]. Un studiu recent [237] efectuat la centrele de dializă din Drobeta Turnu Severin a demonstrat

că dinamica incidenței afecțiunii prezintă o creștere continuă în ultimele două decenii (Fig. 5. 21.), persoanele afectate având domiciliul sau, *nota bene*, originea în localități precum Bistrița, Hinova, Livezile, Husnicioara sau Erghevița. De asemenea, printre pacienți se numără și indivizi care au locuit cel puțin 20 de ani în localitățile enumerate anterior, ultima din listă reprezentând locul în care afecțiunea a fost descoperită în anul 1957.

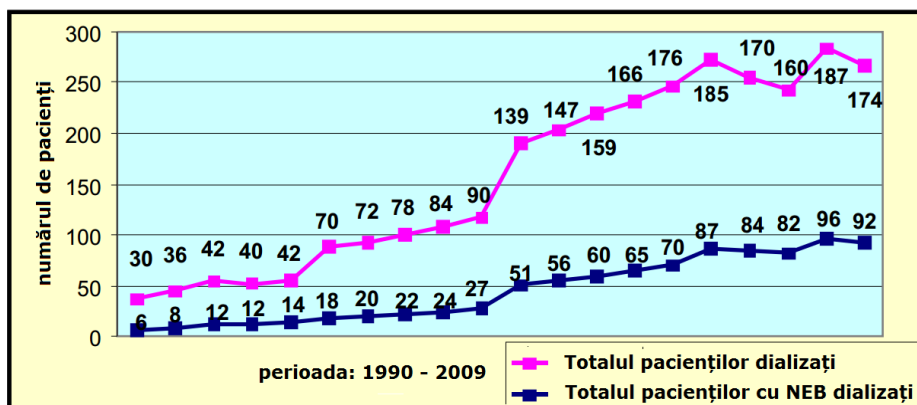


Fig. 5. 21. Dinamica afecțiunilor cronice ale rinichilor la centrele de dializă din Drobeta Turnu Severin în perioada 1990-2009, preluare și prelucrare după [237]

Pe baza exemplului anterior se poate concluziona că starea de sănătate a unei persoane este tributară, într-o măsură mai mică sau mai mare, locației geografice în care acea persoană s-a aflat la un moment dat, astfel că o unealtă care să înlesnească studii și observații pe baza poziției geografice se poate dovedi utilă.

### 5.3.2. Obiective

*MedMaps* (Fig. 5. 22.) a fost dezvoltată în primul rând ca unealtă de validare a facilităților implementate în cadrul aplicației *MeDaFin*, ale cărei servicii *Web* le consumă, astfel că obiectivele impuse vizează:

1. *aspecte teoretice*, prin verificarea viabilității teoriilor enunțate în cadrul lucrării cu privire la utilizarea *TM* pentru achiziția, prelucrarea și expunerea datelor cu caracter medical;
2. *aspecte practice*, prin dezvoltarea unei aplicații care asigură:
  - regăsirea informațiilor pe baze semantice;
  - proiectarea unor metode care să faciliteze aplicației *MedMaps* consumarea serviciilor *Web* expuse de aplicația *MeDaFin*;
  - identificarea și poziționarea geografică a topicurilor care conțin informații relevante în acest sens;
  - exprimarea statistică a relației "poziție geografică - topic" pe baza rezultatelor interogărilor transmise aplicației *MeDaFin*;

### 5.3.3. Unelte

Fiind o aplicație care utilizează date și componente *software* disponibile *online*, MedMaps necesită o conexiune la Internet pentru funcționarea corectă. Uneltele de programare utilizate sunt *C#* și *ASP.NET* din mediul *Microsoft Visual Web Developer Express 2010* [232], și *Google Maps API*, interfață de programare accesată prin intermediul *GoogleMaps.Subgurim.NET* – “cel mai avansat control *GoogleMaps* pentru *ASP.NET 2.0*” [238]. Controlul a fost identificat, descărcat și importat în mediul de programare cu ajutorul *NuGet*, program destinat gestionării pachetelor pentru platforma de dezvoltare *Microsoft* [239].

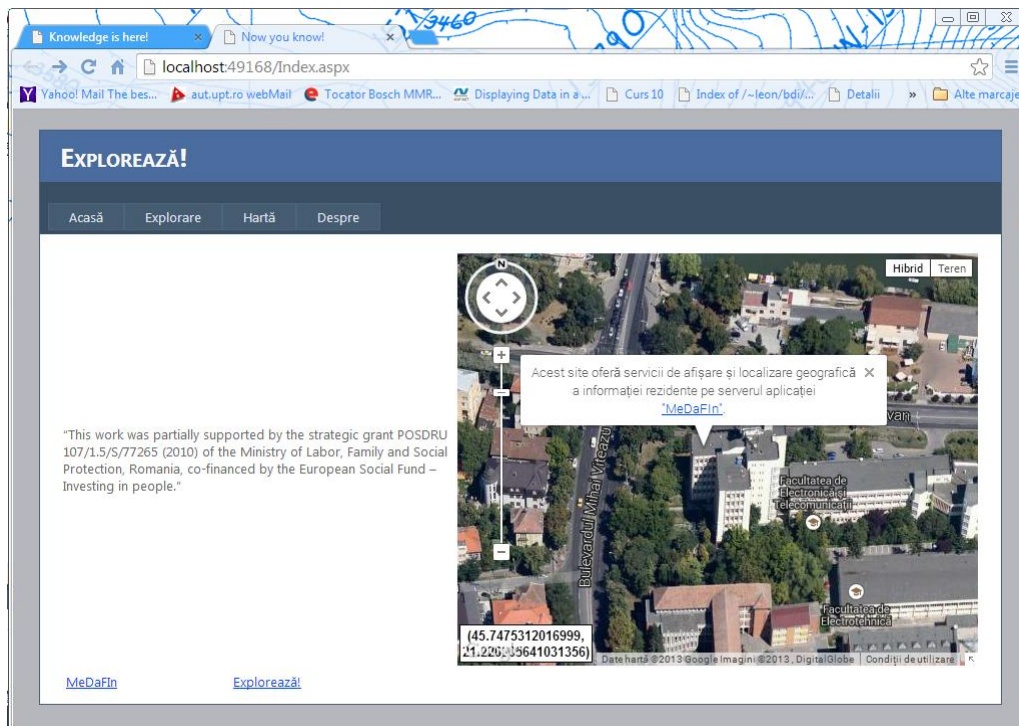


Fig. 5. 22. MedMaps consumă serviciile Web MeDaFin

### 5.3.4. Metode

Facilitățile oferite utilizatorilor prin intermediul aplicației *MedMaps* sunt orientate către identificarea, regăsirea informației, integrarea și poziționarea pe hartă a informațiilor care conțin referințe geografice.

Aplicația *MedMaps* a fost concepută să ofere utilizatorilor posibilitatea de a interacționa cu o colecție de baze de cunoștințe utilizând o conexiune la Internet sau la intranet, dar, în al doilea caz, facilitățile cu privire la localizarea pe hărțile *Google Maps* nu sunt disponibile.

Pentru a evidenția cât mai multe dintre caracteristicile aplicației, funcționalitățile implementate au fost grupate în două categorii, guvernate, prima,



de nevoia de integrare a informației, respectiv dorința de localizare pe hartă și realizarea unor comparații de ordin cantitativ, în cel de-al doilea caz. Această structurare este valabilă și în ce privește *site*-ului rezultat, programele din spatele paginilor componente fiind responsabile de:

a) în cazul paginii "Integrator":

- căutarea la nivelul celor mai importante tipuri din standardul *TM*: tipuri de topicuri, tipuri de ocurențe, tipuri de asocieri și tipuri de roluri (Fig. 5. 23.);
- identificarea automată a tipului construcției;
- generarea unei forme integrate a rezultatului căutării, în care informațiile cu privire la subiectul căutat sunt organizate în funcție de structurile bazelor de cunoștințe cărora le aparțin;

b) în cazul paginii "Harta":

- plasarea pe hartă a unor *markeri*, însoțiți de legături către informații relevante (*link*-uri către pagini *MeDaFin*) cu privire la subiectul căutat;
- calcule statistice pe baza ocurențelor al căror tip a fost definit ca fiind o locație geografică și trasarea graficelor;

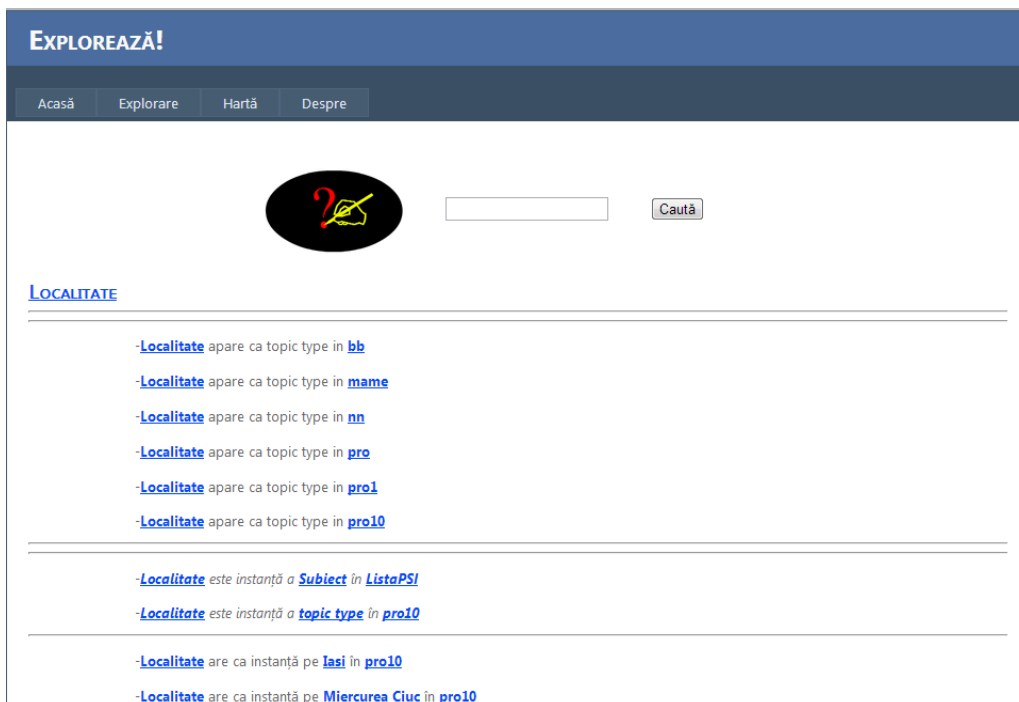


Fig. 5. 23. Rezultatul căutării cu ajutorul *MedMaps*

### 5.3.5. Realizarea formei integrate a subiectului căutat

Operațiunea de căutare în vederea realizării unei formule integrate a subiectului de interes se realizează prin intermediul serviciilor *Web*. În procesul de dezvoltare a acestor metode au fost avute în vedere dificultățile pe care le implică acțiunea de interogare a structurilor construite pe principii semantice și “în special a ontologiilor realizate cu ajutorul limbajelor expresive” [240]. Soluția adoptată constă în obținerea unei viziuni integrate asupra topicului introdus prin intermediul casetei text, cuprinzând toate construcțiile informaționale cu care acesta relaționează, urmată de selecția informației dorite, sarcină care revine utilizatorului.

Metodele prin care sunt interogate bazele de cunoștințe sunt implementate în *MeDaFin* și oferă accesul la instanțe ale principalelor clase definite în această aplicație (ex.: *Association*, *Basename*, *Occurrence*, *OccurrenceType*, *Topic*, *TopicMap*, *TopicType*).

În scopul menținerii unei lizibilități sporite, prezentarea rezultatelor se face utilizând o interfață grafică simplă, cu delimitarea clară a secțiunilor specifice fiecărui atribut al informațiilor ce urmează a fi afișate. Totodată, exprimarea conceptelor care se află în interrelație se face prin introducerea unor expresii de legătură (ex.: “apare ca *topic type* în”, “este instanță a”, etc.). Tuturor conceptelor extrase le sunt asignate legături către paginile proprii din aplicația *MeDaFin*, astfel că utilizatorul se află permanent la un *click* distanță de informațiile relevante pentru un anumit subiect.

*MedMaps* permite selecția datelor extrase de pe serverul *MeDaFin* prin interogarea metadatelor. În acest sens, în caseta text se utilizează operatorul “#” pentru a indica începutul unei secvențe destinate căutării particularizate, iar pentru delimitarea valorii de tipul de metadata se apelează la operatorul “>”. Pentru exemplificare, se poate considera următoarea secvență de căutare:

```
Persoana #datamin>2010 #datamax>2012 #user>BogdanD
```

Rezultatul va consta într-un set de date conținând toate persoanele care au fost înregistrate pe server în intervalul 2010 – 2012 de utilizatorul BogdanD.

Avantajul principal al acestei metode de căutare este acela că oferă accesul rapid la orice informație cu privire la subiectul de interes, atât la nivelul bazelor de cunoștințe aflate pe server, cât și al fișierelor indexate. În plus, informația este organizată urmărind specificațiile modelului de date *TM*, care, conform [172], “corespunde modului în care oamenii gândesc”, fiind, în consecință, mai ușor de urmărit și asimilat de către utilizatori.

Posibilitățile de contextualizare a rezultatelor căutării oferite de versiunea curentă a aplicației sunt limitate la cele amintite anterior în cadrul acestui subcapitol, însă dezvoltările ulterioare vor pune accent pe implementarea unor facilități în acest sens, prin prelucrarea informațiilor primite din partea utilizatorului și memorarea stărilor în diverse etape de interacțiune ale acestuia cu aplicația.

### 5.3.6. Utilizarea informațiilor pentru localizarea geografică – metode și algoritmi

**Notă:** În cadrul subcapitolului curent sintagma **tip de ocurențe "LOCALITATE"** se referă la un tip de ocurențe denumit "localitate" sau al cărui identificator de subiect corespunde topicului "localitate" (Fig. 5. 24.) din baza de date cu identificatori definită pe serverul MeDaFin.

Beneficiind de structura și facilitățile oferite de modelul de date *TM* care stă la baza aplicației *MeDaFin*, dezvoltarea componentelor aplicației *MedMaps* responsabile de localizarea geografică și efectuarea calculului statistice s-a dovedit a fi relativ ușoară. Metodele de comunicare puse la dispoziție de *MeDaFin* sunt suficiente și permit accesul la oricare nivel al bazelor de cunoștințe de pe server, iar controalele *Subgurim* [238] și *Chart* din *ASP.NET* s-au dovedit a fi unelte excelente pentru dezvoltarea rapidă a *MedMaps*.

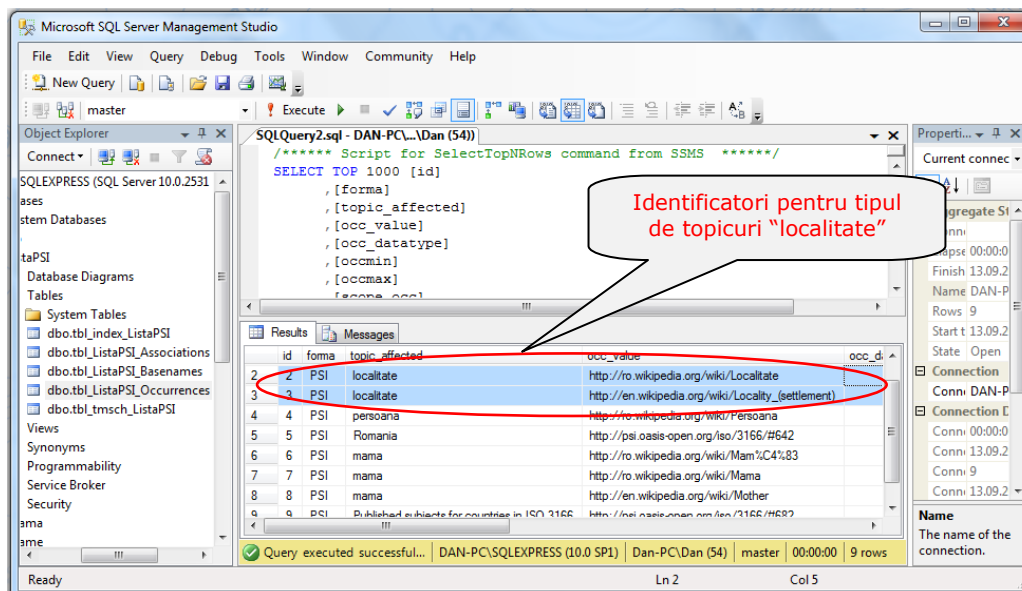


Fig. 5. 24. Identificatori pentru tipuri de topicuri la nivelul serverului *MeDaFin*

Obiectivul principal în elaborarea algoritmului de căutare a informațiilor a vizat identificarea tipurilor construcțiilor *TM* de la nivelul serverului, astfel încât structurile bazelor de cunoștințe să poată fi recreate parțial sau complet și, de asemenea, să ofere posibilitatea integrării virtuale a informației.

Afișarea pe hartă a *markerilor* și a casetelor cu informații se realizează în funcție de rezultatul procesului de identificare a corespondenței dintre subiectului căutat și tipurile structurale *TM* de la nivelul bazelor de cunoștințe. Logica obținerii informațiilor relevante se supune unui set de reguli, definite pentru următoarele tipuri structurale:

- a) tip de topicuri (ex. "Persoana"): sunt extrase toate instanțele aceluși tip de topicuri care se află în relație cu instanța unui tip de ocurențe "LOCALITATE" (Fig. 5. 25.);
- b) instanță a unui tip de topicuri (ex. "Petrescu"): rezultatele vor viza instanțele unui tip de ocurențe "LOCALITATE" care se află în relație cu tipul de topicuri al cărei instanțe este topicul de interes;
- c) instanță a unui tip de ocurențe (ex. "diabet"): având în vedere faptul că ocurențele sunt considerate a fi aserțiuni cu privire la un anumit subiect de interes [183], rezultatele căutării vor viza localizarea geografică a topicurilor care au această ocurență;
- d) tip de ocurențe (ex. "Localitate", "Diagnostic", "Nume", "Data nașterii"): caută să identifice instanțele tipurilor de topicuri cu care relaționează.
- e) tip de asocieri (ex. "născut în", "domiciliat în"): urmărește extragerea topicurilor care sunt într-o relație de tip "asociere" cu un topic (instanță a unui tip de topicuri) care definește o localitate;

Soluțiile prezentate la subpunctele d) și e) aduc acestei lucrări doar valoarea lor teoretică, nefiind deocamdată implementate, dar figurând pe lista cu obiective de realizat într-o versiune ulterioară a aplicației *MedMaps*.

### 5.3.7. Interfața grafică cu utilizatorul

Interfața cu utilizatorul este orientată către înlesnirea observațiilor pe baza informațiilor preponderent grafice, însă sunt disponibile și detalieri de tip text ale acestora (Fig. 5. 25.). Exceptând elementele desenate prin intermediul *paginii dominante*<sup>9</sup>, pagina curentă este împărțită în patru secțiuni, îndeplinind următoarele funcții:

- a) introducerea datelor de căutare;
- b) afișarea poziției geografice pe o hartă *Google Maps*;
- c) afișarea rezultatelor proceselor de căutare, respectiv calcul statistic sub formă de text;
- d) afișarea graficului generat pe baza calculului statistic.

Deși pagina poate conține o cantitate însemnată de informații, construcția ei a fost realizată urmând ideea de simplitate, completată de cea a vizualizării rapide a elementelor de interes. Informațiile referitoare la latitudinea și longitudinea localităților sunt utilizate pentru stabilirea scării la care urmează a fi afișată harta, aceasta fiind, la rândul ei, factorul în funcție de care este calculată densitatea *markerilor* pe hartă.

*Markerii* amplasați pe hartă sunt completați cu informații relevante și legături către pagina în care acestea sunt afișate, aceasta fiind apelabilă și din secțiunea destinată informațiilor text.

---

<sup>9</sup>trad. aprox. *MasterPage din ASP.NET*

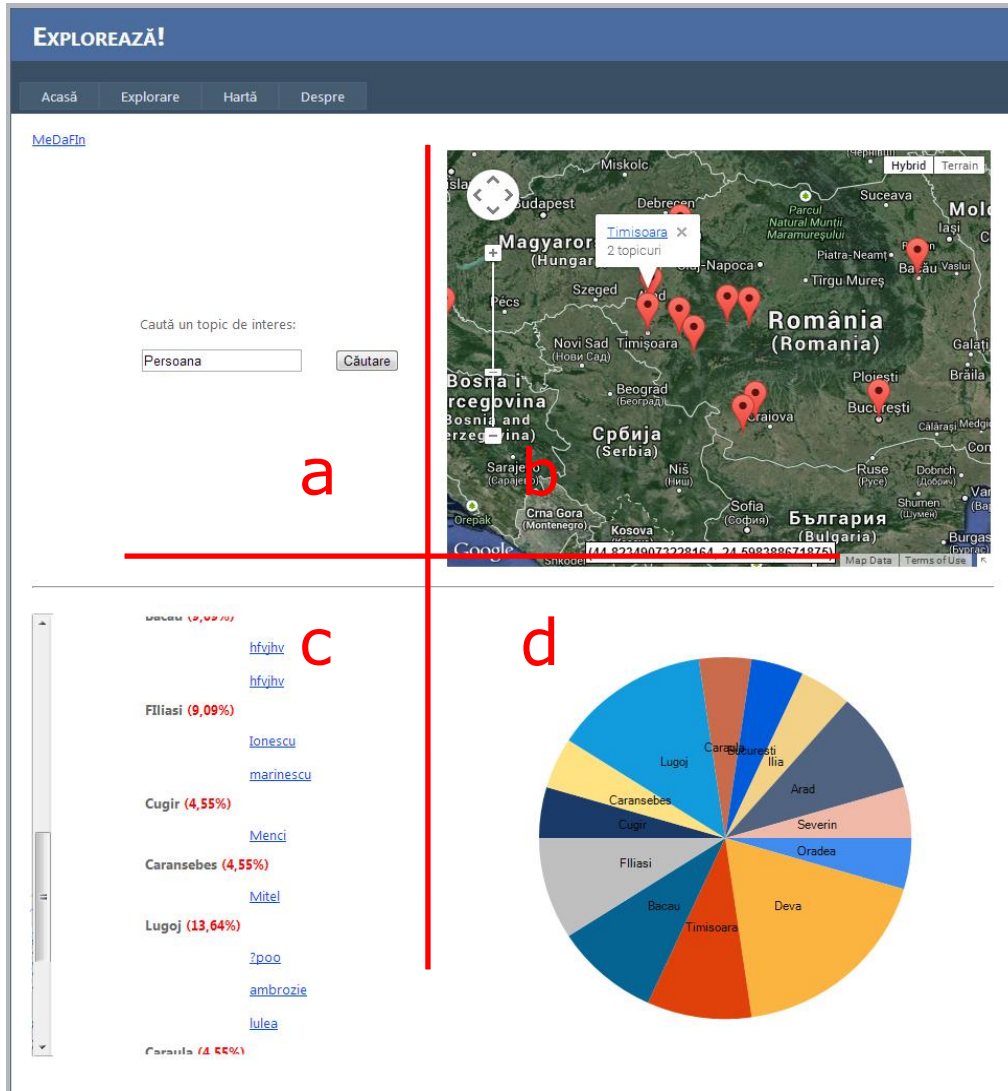


Fig. 5. 25. Interfața grafică a MedMaps

Versiunea curentă a aplicației utilizează un număr restrâns de tipuri de *markeri*, iar casetele informative au fost concepute să afișeze doar informații esențiale, însă, în funcție de preferințe, acestea pot fi ușor redesenat și reconfigurate astfel încât să răspundă eficient dorinței utilizatorilor.

### 5.3.8. Exemplu de utilizare

În scopul testării aplicației a fost elaborat un scenariu de utilizare. Acesta prevede că mai mulți medici decid să partajeze seturi de date din specialitățile medicale în care dețin competență, utilizând în acest sens aplicația *Web MeDaFin* prezentată în subcap. 5.2. Datele partajate pot fi consultate prin intermediul interfeței *MeDaFin* (Fig. 5. 26), sau pot fi utilizate de o altă aplicație, în acest caz *MedMaps*, pentru a sprijini un studiu statistic cu privire la distribuția geografică a unei situații/proceduri/stări medicale.

The figure illustrates the data flow from a Microsoft SQL Server database to a web application. The top window shows the SQL Server Management Studio interface with a query executed successfully. The query results table is as follows:

id	forma	topic_affected	occ_value	oc...	o	sc...	supe...	speci...	instanceOf	descriere
1	1	LocDomiciliu	Mans	value	st...	l			occ...	occurren...
2	2	LocDomiciliu	Nou-nascut	LOCALITATE					occ...	CONDICA_NASTERI_10.xls
3	3	LocDomiciliu	NN 0001	Arad					occ...	Nou-nas...
4	4	LocDomiciliu	NN 0002	Timisoara					occ...	Nou-nas...
5	5	LocDomiciliu	NN 0002	Lugoj					occ...	Nou-nas...

The bottom window shows a web browser displaying a table with the following data:

NR	LUNA	VARSTA	LOCALITATE	UIR	G	P	SAPT GEST	PREZEN
1	1	36	LOVRIN	R	2	2	40	CER
2	1	28	TIMIȘOARA	U	1	1	40	CER
3	1	30	TIMIȘOARA	U	1	1	40	CER
4	1	20	TIMIȘOARA	U	1	1	40	CER
5	1	26	TIMIȘOARA	U	1	1	38	PEL
6	1	24	DR.TR.SEVERIN	U	2	2	41/42	CER
7	1	26	TIMIȘOARA	U	2	2	41	CER
8	1	29	BUIED	R	2	1	38/39	PEL
9	1	30	NERĂU	R	1	1	29	CER
10	1	30	CIREȘU	R	3	2	32/33	CER
11	1	36	JIMBOLIA	U	3	3	40	PEL
12	1	38	TIMIȘOARA	U	1	1	38	CER
13	1	38	SĂNICOLAU MA	U	2	2	40	CER
14	1	19	BUZIAS	U	2	2	40	CER

Red circles and arrows indicate the mapping of data from the SQL results to the web application's table. Labels include 'Microsoft SQL Server', 'MeDaFin', and 'Fișier XLS'.

Fig. 5. 26. Indexarea fișierelor la nivelul schemei *TM* și vizualizarea datelor în *MeDaFin*

Datele pot fi introduse manual, utilizând interfața grafică, sau prin indexarea fișierelor (*microcolecții informaționale*) care conțin aceste date (Fig. 5. 26), conform specificațiilor referitoare la achiziția de date și definirea referințelor către fișierele încărcate pe server-ul *MeDaFin* (vezi subcap. 5.2.8.).

Pentru a putea introduce date într-o instanță *TM*, aceasta trebuie să existe, iar structura ei să asigure achiziția acelor date. Deși interfața *MeDaFin* este intuitivă (vezi subcap. 5.2.8.), procesele de elaborare a structurii unei *tm*, denumită schemă sau ontologie *TM*, presupun o minimă cunoaștere a standardul *TM*, fapt pentru care este de preferat ca acestea să fie susținute de specialiști în ingineria cunoașterii. În urma definitivării schemei, *tm* poate fi populată manual sau prin metoda indexării fișierelor exemplificată ulterior în cadrul acestui subcapitol.

În timpul efectuării testelor au fost utilizate date provenind de la două maternități din Timișoara. Fișierele care conțineau datele au fost de tip *XLS* (vezi Fig. 5. 26), iar pe durata probelor funcționale structura tabelară și forma de prezentare a datelor nu au fost alterate. Identificarea fiecărei înregistrări s-a realizat pe baza numărului de ordine din tabel, confidențialitatea informațiilor cu caracter personal fiind asigurată conform specificațiilor de la subcapitolul 5.2.8. De asemenea, date pentru un număr de aproximativ 30 de pacienți au fost introduse manual, utilizând ontologii și conturi de utilizatori diferite. În acest fel, a fost verificată funcționarea metodelor de indexare și de integrare a datelor implementate la nivelul *MeDaFin*, rezultatele obținute fiind cele dorite.

Datele existente pe server au starea de vizibilitate implicită "liber", adică pot fi accesate de către orice entitate (persoane sau aplicații) interesată, însă *MeDaFin* oferă posibilitatea limitării accesului (vezi subcap. 5.2.8.). În acest context, un medic specialist în Obstetrică-Ginecologie dorește să afle care este distribuția geografică la nivelul județului Timiș a nou-născuților începând cu anul 2010. Medicul obstetrician cunoaște că pe serverul *MeDaFin* există o serie de ontologii specifice fiecărei specialități medicale (Fig. 5. 27) și decide că este interesat de tipul de topicuri/roluri "Nou-născut" (Fig. 5. 26) prezent într-o ontologie dintre cele pe care le-a studiat, astfel că inițiază o căutare la nivelul paginii "Harta", introducând în caseta text următorul mesaj:

nou-nascut

În urma acestei interogări, toate localitățile în care au fost înregistrate nașteri vor fi marcate, iar în caseta text aferentă fiecărui marcaj vor fi trecute denumirea localității și numărul corespunzător de nou-născuți. Însă, medicul obstetrician dorește doar înregistrările începând din anul 2010, astfel că va iniția o nouă căutare, utilizând mesajul:

nou-nascut #datamin>2010

Rezultatele pot fi filtrate, astfel încât să fie marcate doar primele 10 localități ale județului Timiș în care s-au înregistrat cele mai mari valori ale numărului de nașteri. Mesajul de interogare va fi:

nou-nascut #datamin>2010 #jud>Timis #rezmax>10

Fig. 5. 28 prezintă imaginea în *browser* a rezultatului căutării, logica de afișare a elementelor încearcând să imprime interfeței un caracter simplu și intuitiv, fără a neglija consistența și estetica acesteia.

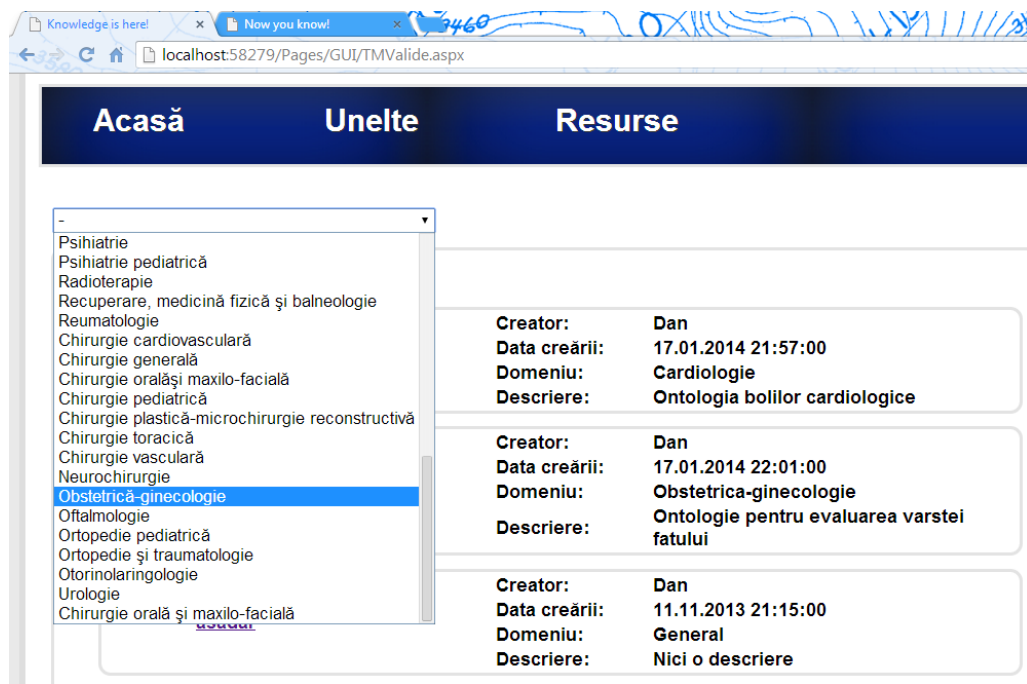


Fig. 5. 27. Ontologii dezvoltate pentru diverse specialități medicale

Metoda care descifrează mesajele de interogare nu ține cont de ordinea cuvintelor, însă este sensibilă la apariția operatorilor “#” și “>”. Tabelul 5. 3 prezintă vocabularul și specificațiile de sintaxă necesare elaborării unor interogări particularizate.

Tabelul 5. 3. Vocabular și sintaxă pentru căutare particularizată

Cuvânt	Însemnătate	Exemple de valori	Observații
datamin/ datamax	valoarea de început/sfârșit a intervalului la care este limitată căutarea	14.07.2010, 2010	-
jud/loc	județul/localitatea la care este limitată căutarea și afișarea	Dolj/Timișoara	Doar pentru România
rezmax	numărul maxim de rezultate afișate	10, 12	-
rezsup/rezinf	numărul maxim de rezultate afișate	-	Varianta implicită este <i>rezsup</i> Nu este însoțit de valoare
spec	specialitatea medicală la care este limitată căutarea	Cardiologie, Neurologie	Vezi lista de specialități medicale
user	utilizatorul la ale cărui seturi de date este limitată căutarea	BogdanND, D_Adela-G	Nu se vor utiliza caracterele “#” și “>” pentru scrierea numelor de utilizator



Premisele pentru implementare sunt încurajatoare, aplicația reușind să gestioneze o cantitate mare de cunoștințe prin intermediul serviciilor *Web* puse la dispoziție de către *MeDaFin*. Trebuie însă avut în vedere faptul că metodele de căutare prezentate și, implicit, setul de informații afișate se identifică într-o măsură destul de mică cu cele care se regăsesc în motoarele de căutare actuale, factori care se pot repercuta asupra disponibilității utilizatorilor pentru asimilarea aplicației.

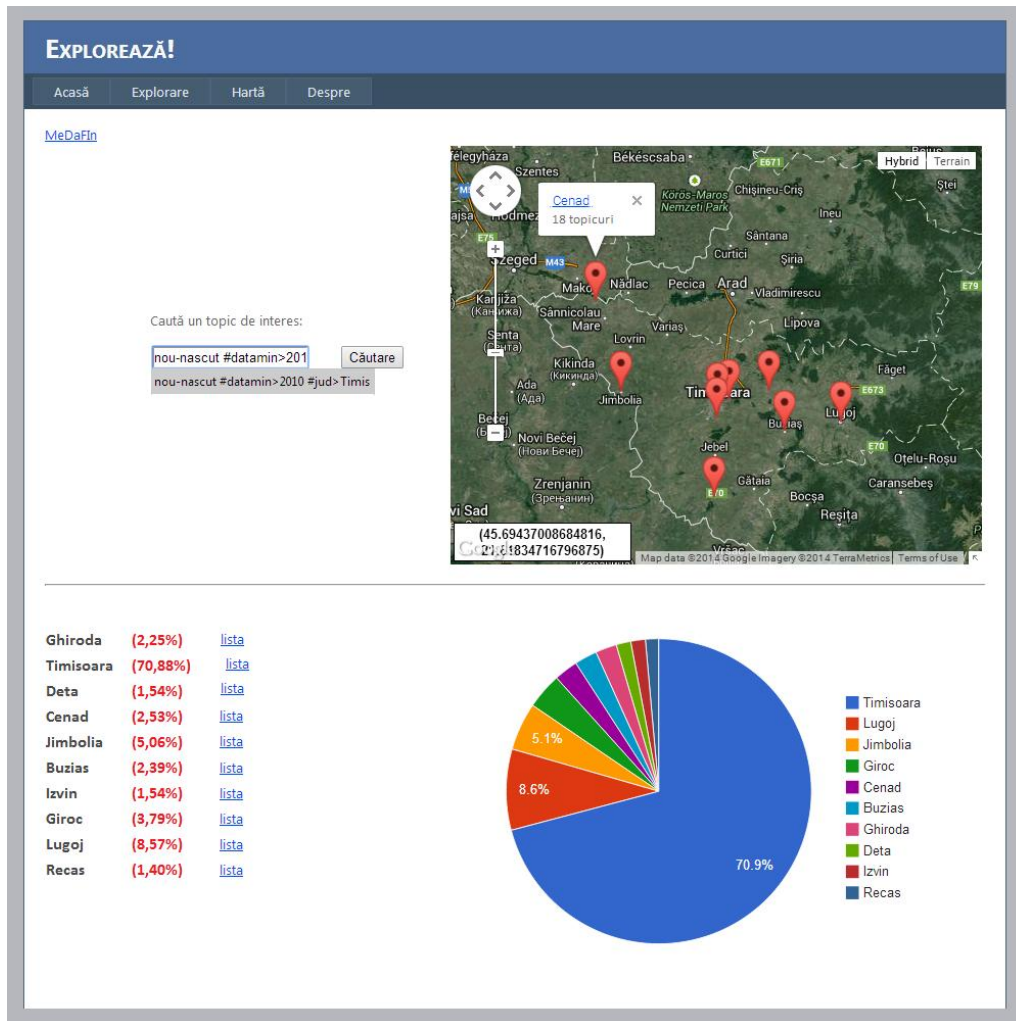


Fig. 5. 28. Poziționarea pe hartă și exprimarea statistică a rezultatelor căutării

Mai trebuie evidențiat faptul că rezultatele căutării depind direct de ontologiile existente pe server și sunt ameliorate și/sau alterate de orice modificare de structură sau conținut a acestora. Opțiunea de utilizare a serviciilor *Web* pentru transferul datelor asigură independența de platformă și interoperabilitatea cu alte programe prin structurarea datelor în format *XML*.

### 5.3.9. Concluzii

Metodele prezentate pot fi implementate și în alte domenii, nu doar cel medical, *MeDaFin* oferind flexibilitate în utilizarea și refolosirea construcțiilor informaționale pe care le gestionează, datorită structurilor ontologice cărora acestea le aparțin și a serviciilor *Web*, independente de platformă, prin care sunt accesate.

Aplicația *MedMaps* demonstrează viabilitatea teoriilor enunțate în lucrare, evidențiind o dată în plus flexibilitatea aplicațiilor bazate pe tehnologii semantice. Privită prin prisma metodelor și aplicațiilor descrise în lucrare, alegerea TM pentru reprezentarea și integrarea cunoașterii oferă posibilitatea unor noi abordări foarte utile în informatica medicală și, implicit, domeniului îngrijirii sănătății. Implementarea în *MeDaFin* a unor soluții originale, precum crearea schemelor pe baza sintaxei *LTMe*, indexarea subiectelor la nivelul fișierelor partajate și integrarea virtuală a datelor, a deschis perspectiva dezvoltării unor aplicații precum *MedMaps* care pot opera cu date din surse distincte fără a întâmpina dificultăți cu privire la drepturile de acces, la interoperabilitatea codificărilor și, cel mai important, la legăturile prin care diverse subiecte de interes interrelaționează.

Pornind de la o mulțime de baze de date și fișiere de diverse tipuri, fiecare conținând date sub variate moduri și niveluri de structurare, *MeDaFin* oferă altor entități interesate, utilizatori umani sau aplicații, seturi de date cu un grad ridicat de structurare și organizare, configurate într-o formă virtual unitară. Prin aplicația *MedMaps*, autorul încearcă să sublinieze dimensiunea oportunităților de integrare cu ajutorul *MeDaFin*. *MedMaps* poate constitui o unealtă pentru vizualizarea unor subiecte de interes și a statisticilor efectuate pe seturile de date utilizate.

Teoriile enunțate și aplicațiile dezvoltate de autor pe timpul activității de cercetare demonstrează flexibilitatea și eficiența abordărilor bazate pe TM care urmăresc obiectivul fundamental al lucrării - integrarea pe baze semantice a resurselor informaționale. Modelarea cunoașterii impune adesea respectarea unor cutume de natură conjuncturală, a căror neglijare se poate răsfârâge în mod negativ asupra experienței utilizator. Conform celor arătate în subcapitolul 2.3, procesele de abstractizare și conceptualizare au un caracter evolutiv la nivel de individ, depinzând nu doar de capacitatea intelectual-afectivă a persoanei, ci și de experiențele pe care aceasta le-a acumulat. Dacă primul factor este aleator în cadrul unei populații, cel de-al doilea poate fi intuit cu ușurință la interacțiunea individului cu domeniile mai puțin familiare. Este evident că un cunoscător, un specialist într-o anumită ramură de activitate va avea o viziune diferită de cea a unui novice cu privire la un subiect de interes aparținând respectivei ramuri. Un exemplu în acest sens cu referirea domeniului medical este dat de eterogenitatea modului în care medicul și pacientul percep și abordează subiectele medicale. Dacă raportarea se face la informatica medicală cu accent pe interfețele cu utilizatorul, se poate observa că relevanța conținutului prezentat este, de asemenea, diferită pentru medic și pacient.

Așadar, gradul de cunoaștere a unui anumit domeniu influențează procesele de reprezentare și percepție ale omului cu privire la conceptele respectivului domeniu, acestea fiind deseori alterate de particularități conjuncturale mai puțin întâlnite sau cunoscute. În acest context, o analiză a modului în care informația cu caracter medical va fi prezentată pacienților este oportună prin prisma faptului că, în general, aceștia nu dețin un bagaj substanțial de cunoștințe medicale.

Subcapitolul următor tratează dependența de context a acțiunilor întreprinse de om, introducând noțiunea de *factor determinant* pentru elementul, procesul, fenomenul, condiția, ș.a.m.d. care va avea o influență dominantă asupra deciziilor persoanei.

## 5.4. Contribuții privind interfețele destinate pacienților

**Notă:** Studiul prezentat în continuare are menirea de a surprinde modul de acțiune al minții umane în anumite situații și nu constituie o unealtă de cuantificare a capacităților intelectuale și/sau sufletești ale participanților, orice tentativă în acest sens fiind dezavuată de autorul lucrării.

### 5.4.1. Perspectivă de ansamblu

În orice domeniu de activitate interfețele cu utilizatorul joacă un rol important în procesul de implementare a sistemelor. Alegerea elementelor de interfață, dispunerea și funcțiile acestora sunt atent studiate, astfel încât să răspundă cerințelor de sistem, dar și să asigure satisfacția utilizatorului final, văzută ca o garanție a acceptării și asimilării sistemului.

Dar ce reprezintă interfețele și cum pot îmbunătăți ele experiența utilizator? Conform [242], interfețele reprezintă "forma și metoda prin care se realizează interacțiunea dintre om și calculator – HCI<sup>10</sup>", sau, încercând o definiție mai explicită, *ansamblul obiectelor reale și/sau abstracte și al funcțiilor îndeplinite de acestea în scopul realizării comunicării dintre utilizatorul uman și computer*. În acest context, provocarea majoră pentru dezvoltatorii de programe software este aceea de a implementa interfețe care să permită intuirea, înțelegerea și învățarea cât mai rapidă a funcțiilor pe care acestea le oferă, în condițiile unei prezentări cât mai simple și mai atractive pentru utilizator. Atingerea acestor deziderate poate conduce la o îmbogățire a *experienței utilizator*, concept definit în [243] ca fiind "percepția și răspunsurile unei persoane rezultate în urma utilizării sau utilizării anticipate a unui produs, sistem sau serviciu".

Procesul de elaborare a unei interfețe cu utilizatorul urmărește, în primul rând, ca interacțiunea să nu devină confuză, iar performanțele sistemului să nu fie afectate, în condițiile în care, cel mai probabil, există și alte constrângeri, impuse de sistem sau chiar de interfață. Pentru exemplificare, se poate face referire la interfețele grafice cu utilizatorul<sup>11</sup> (GUI), ale căror limitări legate de dimensionare sunt imperative din punct de vedere practic. Astfel, o interfață grafică trebuie prevăzută din faza de schițare cu minime impuse pentru suprafața destinată afișării informațiilor, pentru dimensiunile verticale și orizontale ale acesteia, dar și ale elementelor de interfață (ex. controalele conținute), însă pot apărea și constrângeri contextuale, dictate de cantitatea informației ce urmează a fi expusă, de semantica acesteia, ș.a.m.d. Exemplul redă doar câteva dintre problemele cu care se confruntă cercetătorii și dezvoltatorii de sisteme cu privire la interfețele cu utilizatorul.

Dacă se face referire strict la IT&C, se poate spune că procesele de elaborare a interfețelor cu utilizatorul implică resurse din ce în ce mai specializate în domenii precum inteligența artificială, teoria cunoașterii, ergonomia, psihosociologia, ș.a.m.d., iar tendința de migrare către implementarea unor caracteristici de adaptare și adaptabilitate complică și mai mult lucrurile.

O scurtă incursiune prin istoria ultimelor trei decenii de interfețele grafice destinate aplicațiilor pe calculator evidențiază o serie de probleme cu care s-au

<sup>10</sup> *din engl.* "Human-Computer Interaction"

<sup>11</sup> *din engl.* "Graphical User Interface"

confruntat cercetătorii în domeniu, deseori fiind lansate polemici cu privire la utilitatea implementării anumitor caracteristici și funcționalități. Studiul prezentat în Anexa 1 relevă faptul că acumularea experienței de către utilizatori poate avea ca efect variații ale eficienței în utilizare. Așadar, pe baza informațiilor primite prin intermediul interfeței, utilizatorul crează un model conceptual al sistemului și unul de acțiune care reflectă nu numai modul în care utilizatorul percepe sistemul, dar și modificările comportamentale auto-impuse în scopul adaptării propriilor acțiuni la funcționalitățile sistemului. Este evident faptul că această componentă de adaptabilitate a utilizatorului la sistem, *hardware* sau *software*, fizic sau abstract, nu poate fi omisă; comportând un grad sporit de subiectivism, este, deci, greu de modelat, însă poate fi ghidată în așa fel încât să ducă la îmbunătățirea experienței utilizator.

Interfețele cu utilizatorul sunt componente importante pentru orice sistem, putând influența modul de percepție și gradul de acceptare al acestuia de către utilizator. Rolul oricărei interfețe este de a asigura un dialog, un schimb informațional între cei doi actori, sistem și utilizator, însă cel din urmă se așteaptă ca interacțiunea să se desfășoare conform unui model abstract pe care singur și l-a creat pe baza unui set de informații. Aceste informații fac, de obicei, referire la experiențe anterioare cu sistemul în cauză sau cu altele asemănătoare și se constituie în factori care pot influența acceptarea sistemului în ansamblu.

#### 5.4.2. Studiu privind interfețele Web pentru pacienți

Internet-ul se dovedește a fi, de cele mai multe ori, calea de comunicare potrivită pentru interschimbul de date între diverse entități, asigurând viteze și capacități de transfer uriașe în comparație cu doar câțiva ani în urmă. În acest context, aplicațiile *desktop* sau *Web* accesează baze de date uriașe în încercarea de a oferi celor interesați *informație relevantă*, însă nu trebuie neglijat modul în care utilizatorii se așteaptă și își doresc ca aceasta să le fie prezentată.

Acest subcapitol oferă câteva detalii despre demersul întreprins de autorul lucrării în direcția îmbunătățirii modului de reprezentare și afișare a datelor cu caracter medical, prin achiziția de informații de la cei cărora le sunt destinate.

#### Motivație

Teoriile și aplicațiile prezentate în capitolele precedente au fost elaborate privind domeniul medical în ansamblul său, însă o atenție deosebită trebuie acordată factorului uman, care constituie principala sursă de acțiuni impredictibile în interacțiunea cu sistemele informatice. Caracterul imprevizibil al comportamentului uman este amplificat în anumite circumstanțe contextuale. De altfel, de cele mai multe ori este de ajuns un singur factor care să adauge contextului curent o doză de neobișnuit, de imprevizibil sau de îngrijorare, pentru a produce un efect, uneori dramatic, asupra deciziilor și acțiunilor ulterioare ale persoanei sau persoanelor implicate. Înțelegerea modului în care diverse împrejurări devin determinante pentru procesele decizionale poate conduce la soluții pentru ameliorarea răspunsului aplicațiilor informatice la cerințele utilizatorilor.

Conform celor prezentate în capitolele anterioare, *TM* este o tehnologie care permite contextualizarea conținutului, oferind posibilitatea accesului diferențiat la diverse structuri informaționale. Din punct de vedere al raporturilor cu actul medical, există două clase de utilizatori umani ai sistemelor informatice din

sănătate: personalul medical și pacienții; considerând că toți sunt familiarizați cu principalele problematice referitoare la navigarea pe *Web* (calculator, Internet, *browser*), se observă că datele cu caracter medical pot constitui acel factor cu caracter neobișnuit, imprevizibil, îngrijorător capabil să afecteze modul în care vor acționa elementele celei de-a doua categorii de utilizatori (Fig. 5. 29). Afirmatia anterioară este susținută de faptul că, în mare parte, pacienții nu dispun de cunoștințe medicale avansate care să susțină abordarea pe baze științifice a situațiilor medicale, dar și de efectul direct al stării de sănătate asupra calității vieții individului și structurilor sociale de care acesta aparține.

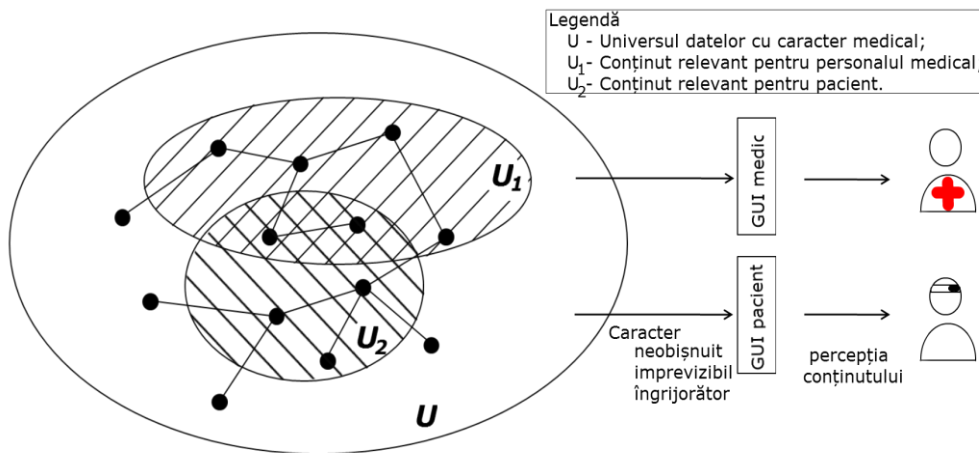


Fig. 5. 29. Contextualizarea conținutului prezentat utilizatorilor

Studiul este realizat în contextul în care la nivelul anului 2012 în România erau aproximativ 10.000.000 de utilizatori de Internet (Fig. 5. 30), marea majoritate fiind beneficiari ai sistemului național de sănătate și, făcând abstracție de cinismul afirmației, potențiali pacienți. Pentru toți aceștia, Internetul poate constitui o sursă de informare cu privire la problemele medicale, astfel că expunerea conținutului potrivit este un imperativ pentru dezvoltatorii de aplicații în domeniu.

Utilizatori de Internet la nivelul Uniunii Europene în anul 2012					
EUROPEAN UNION	Population ( 2012 Est. )	Internet Users, 30-June-12	Penetration (% Population)	Users % Table	Facebook 31-Dec-12
Netherlands	16,730,632	15,549,787	92.9 %	4.2 %	7,554,940
Poland	38,415,284	24,940,902	64.9 %	6.8 %	9,863,380
Portugal	10,781,459	5,950,449	55.2 %	1.6 %	4,663,060
Romania	21,848,504	9,642,383	44.1 %	2.6 %	5,374,980
Slovakia	5,483,088	4,337,868	79.1 %	1.2 %	2,032,200
Slovenia	1,996,617	1,440,066	72.1 %	0.4 %	730,160
Spain	47,042,984	31,606,233	67.2 %	8.6 %	17,590,500

Sursa: <http://www.internetworldstats.com/stats9.htm#eu>

Fig. 5. 30. Utilizatori de Internet în România la sfârșitul anului 2012

TM oferă oportunități vaste de reprezentare [4], iar aplicațiile Web dezvoltate cu ajutorul acestei tehnologii lasă posibilitatea generării automate a interfețelor cu utilizatorul, pe baza structurilor TM. În aceste circumstanțe, se impune anticiparea modului în care conținutul prezentat este perceput de către pacient, urmată de modelarea corespunzătoare a interfeței (Fig. 5. 31), astfel încât utilizatorul, în acest caz pacientul, să abordeze eventualele probleme medicale în mod rațional, corect și nu contextual. Provocările în astfel de situații sunt descoperirea și eliminarea sau limitarea efectelor factorilor subversivi (denumiți "factori determinanți" în cadrul studiului) care se pot disimula sub forme foarte ușor de trecut cu vederea de către dezvoltatorii de interfețe și utilizatori deopotrivă.

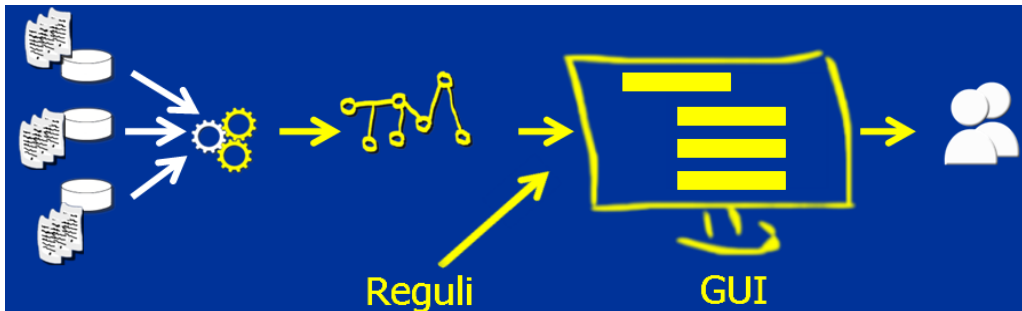


Fig. 5. 31. Modelarea GUI destinate pacienților

Setul de reguli de elaborare a interfețelor utilizator bazat pe rezultatele studiului (Fig. 5. 31) vine în întâmpinarea obiectivelor lucrării care prevăd teoretizarea unor soluții inovatoare de prelucrare informatică a datelor cu caracter medical și sistematizarea aspectelor tehnice asociate implementării sistemelor informatice bazate pe tendințele curente din IT&C. Scopul demersului este de a îmbogăți experiența și de a crește satisfacția utilizatorului reprezentat de pacientul care utilizează Internetul ca sursă de informare cu privire la situații medicale diverse.

#### Detalii cu privire la efectuarea studiului

Analiza unor portaluri Web [244] [245] [246] a dezvăluit faptul că acestea sunt, în general, structurate astfel încât să asigure utilizatorilor regăsirea cât mai ușoară a conceptelor. Cu toate acestea, portalurile destinate domeniului medical [247] [248] [249] pot avea anumite particularități, guvernate de dorința pacienților de a se informa și de a-și cunoaște propria stare de sănătate. În scopul îmbunătățirii experienței utilizator pentru acest gen de portaluri, a fost inițiat un studiu pe baze statistice ale cărui rezultate ar trebui să se răsfrângă asupra conținutului prezentat în paginile Web destinate domeniului medical. În acest sens, prin intermediul facilităților oferite de *Google Docs* și *Google Drive*, a fost dezvoltat un set de unelte Web care a permis achiziția, stocarea și prelucrarea datelor necesare studiului.

Deși poate părea bizar, ideea inițierii studiului a apărut ca urmare a unei întâmplări dramatice petrecute în data de 31 octombrie 2000 pe un aeroport din Taiwan, în care o aeronavă *Boeing 747-400* a fost distrusă în timpul rulării pentru decolare, ca urmare a coliziunii cu echipamente pentru construcții aflate pe pistă. Raportul în urma investigațiilor asupra accidentului [250] a relevat faptul că vina a aparținut piloților care au poziționat aeronava pentru decolare pe o pistă dezafectată

temporar pe care se desfășurau activități de refacere a infrastructurii. Cauza erorii de pilotaj a fost stabilită a fi îndreptarea atenției piloților către condițiile meteorologice nefavorabile, fapt care a condus la neglijarea poziției pe aerodrom a aeronavei. Situația a fost surprinzătoare prin prisma faptului că piloți experimentați (Tabelul 5. 4.) și cu referințe impecabile (Tabelul 5. 5.) au decis să omită o serie de elemente uzuale de interfață care indicau poziționarea pe o pistă greșită, doar din dorința de a decola înainte de înrăutățirea vremii.

Tabelul 5. 4. Experiența profesională și starea de sănătate a piloților

Echipaj	Total ore zbor	Ore zbor B747-400	în ultimele 12 luni	În ultimele 30 de zile	Timp de odihnă	Restricții medicale
Căpitan	11.235	2017	806h 53'	78h 56'	23h39'	fără
Ofițer secund	2442	552	682h 02'	42h 14'	23h39'	fără
Navigator	5508	4518	823h 57'	4h simulator	23h39'	fără

Tabelul 5. 5 Referințele piloților

Echipaj	Caracterizare
Căpitan	Un pilot disciplinat și priceput care acordă atenție muncii sale. Este unul dintre cei mai buni piloți ai SIA.
Ofițer secund	Un pilot disciplinat cu calificative peste medie. Nu ar ezita să își exprime părerea cu privire la problemele de siguranță din timpul zborului.
Navigator	Un pilot disciplinat, matur și priceput. Este sincer și respectuos. Are potențial pentru a deveni comandant.

Raportul [250] mai precizează că piloții aveau o experiență îndelungată de zbor pe aeronava *Boeing 747-400* (Tabelul 5. 4.) și au beneficiat de următorul set de informații care ar fi trebuit să îi ajute să se orienteze corect:

- harta de navigație a aeroportului;
- referințe despre orientarea aeronavei;
- pista și calea de rulare semnalizate;
- lumini mediene pe calea de rulare pentru ghidarea către pista 05L;
- culoarea luminilor mediene (verde) pe pista 05R;
- luminile de margine al pistei 05R cel mai probabil stinse;
- diferență de lățime între pistele 05R și 05L;
- diferențe de configurație a balizajului între pistele 05R și 05L;
- PVD<sup>12</sup> indicând că aeronava nu este aliniată cu localizer-ul pistei 05L;
- informații PFD<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Para-Visual Display

<sup>13</sup> Primary Flight Display

Încercând o evidențiere a factorilor care au condus la decizii eronate, autorul lucrării a elaborat pe baza dovezilor din raportul comisiei de investigații un set de întrebări (Anexa 2, Tabel A2. 1) cu privire la modul în care interfețele au determinat acțiunile piloților. Răspunsurile au fost în măsură să sprijine supoziția autorului conform căreia, în procesele de abstractizare și reprezentare pentru sine a sistemelor cu care operează, mintea umană poate fi influențată puternic de anumiți factori care au legătură cu un anumit context; acești factori vor fi referiți în continuare cu denumirea de "*factori determinanți*".

Dar cum ar putea fi confirmată această presupunere? Și cum pot fi depistați acești factori determinanți, având în vedere gravitatea consecințelor pe care le pot avea? Există elemente care pot atenua sau amplifica efectele factorilor determinanți? Există o limită a minții umane față de complexitatea cerințelor și, dacă răspunsul este afirmativ, care este aceasta și cum poate fi stabilită? Acestea sunt întrebările cu caracter general care au condus la inițierea studiului și ale căror răspunsuri au stat la baza concluziilor referitoare la interfețele *Web* pentru pacienți, din dorința de a evita situații asemănătoare celei descrise anterior în cadrul interacțiunilor om-mașină în sistemele informatice proprii.

Având în vedere aspectele prezentate, autorul a elaborat un formular de sondaj care transferă participanților la studiu o încărcătură cognitiv-emoțională minimă prin simplitatea ridicată a interfețelor utilizate (text) și a acțiunilor pe care le implică rezolvarea unui număr mic de cerințe simple. Demersul are ca obiectiv să verifice ipoteza introdusă de autor conform căreia, în prezența unui factor determinant, chiar și acțiunile uzuale și extrem de simple pot urma direcții contextuale, orientate către un anumit subiect.

### 5.4.3. Detalii cu privire la efectuarea studiului

Achiziția datelor s-a efectuat utilizând formularul de sondaj *online* (Fig. 5. 32.) creat într-un cont *Google* [251]. În scopul obținerii unor rezultate cât mai precise, formularul a fost mediatizat și prin intermediul unui *site* [252].

Datele primite de la participanții la studiu au fost stocate *online* într-o foaie de calcul, aceasta asigurând și instrumentele necesare prelucrării lor.

Prelucrarea datelor a constat în analiza, normalizarea, sortarea și categorisirea termenilor, proceduri în urma cărora datele au fost considerate valide, putând fi utilizate pentru operațiuni diverse de raționament, reprezentare grafică și analiză statistică. Unora dintre câmpurile foii de calcul le-au fost atribuite diverse formule de calcul care să automatizeze, într-o măsură cât mai mare, procesele de prelucrare și de generare a elementelor de vizualizare a datelor de ieșire.

Rezultatele studiului au reușit să surprindă aspecte variate referitoare la gândirea umană, unul dintre acestea fiind caracterul personal imprimat proceselor cognitiv-senzoriale de percepție și de reprezentare. Chestionarul destinat efectuării studiului a urmărit achiziția de date prin intermediul a două cerințe:

- "Care este primul termen **medical** care vă vine în minte?" și

- "Numiți cinci subiecte cu care **poate relaționa** termenul introdus anterior".

Rezultatul așteptat în urma fiecărei completări corecte a chestionarului a constat într-o mulțime de 6 termeni, condițiile impuse fiind:



- primul termen, denumit în continuare "termen principal", să aibă legătură cu domeniul medical și să fie urmat de un set de
- 5 termeni (subiecte), denumiți în continuare "termeni conecși", cu care se poate afla în relație.

The image shows a Google Forms survey titled "Concepte și relații". The form is displayed in a browser window with multiple tabs open. The form content is as follows:

**Concepte și relații** Editați acest formular

Conceptele și relațiile dintre acestea guvernează modul în care putem reprezenta mostre de realitate.  
Vă rog să dați răspunsuri cât mai spontane următoarelor chestiuni! Datele colectate vor fi utilizate într-un program de cercetare în informatică medicală.  
Completarea chestionarului durează cca 1 minut.

**Care este primul termen medical care vă vine în minte?**

**Numiți cinci subiecte cu care poate relaționa termenul introdus anterior!**

**Sunteți cadru medical/Urmați o formă de pregătire în domeniul medical?**

Da  
 Nu

Alte comentarii

Fig. 5. 32. Formularul de sondaj

La o analiză rapidă a datelor se remarcă faptul că fiecare dintre termenii principali respectă cerințele chestionarului de relaționare cu domeniul medical și cu setul său de 5 termeni conecși. Totodată, în proporție de 99,21%, aceștia din urmă au legătură cu domeniul medical, ceilalți 0,79% putând fi catalogați ca erori, însă, revăzând cerințele chestionarului, se poate observa că nu se specifică nicăieri că termenii conecși trebuie să respecte condiția de legătură cu domeniul medical (Fig. 5. 33.) și nici chiar cu termenul principal, despre care se spune că "**poate relaționa**" și nu că "**trebuie să relaționeze**" cu cei 5 termeni conecși. Concluzia imediată poate fi că delimitarea domeniului de valabilitate pentru termenul principal determină o *inertie* în logica alegerii caracteristicilor termenilor conecși. Însă, se poate afirma, de asemenea, că respondenții au creat un context pe baza unui factor determinant în care au încadrat toți termenii introduși. Dacă această afirmație este adevărată, atunci factorul determinant din formular este reprezentat de *cerința de legătură cu domeniul medical a termenului principal*.

Concluziile studiului sunt cât se poate de importante, având în vedere că doar *câteva cerințe simple și clare care așteaptă acțiuni simple* prin intermediul unor *interfețe simple și comune, uzuale*, conduc la rezultate nu neapărat eronate, dar contextuale.

Per scientiam ad salutem aegroti

Căutați pe acest site

Informatica medicală  
Chestionar  
Statistică  
Sitemap

### Chestionar

#### Concepte și relații

Conceptele și relațiile dintre acestea guvernează modul în care putem reprezenta mostre de realitate. Vă rog să dați răspunsuri cât mai spontane următoarelor chestiuni! Datele colectate vor fi utilizate într-un program de cercetare în informatică medicală. Completarea chestionarului vă va lua oca 1 minut.

Care este primul termen medical care vă vine în minte?

Numiți cinci subiecte cu care poate relaționa termenul introdus anterior!


Fig. 5. 33. Cerințele formularului de sondaj

Literatura de specialitate care aduce în discuție interfețele cu utilizatorul ale aplicațiilor *Web* bazate pe informație în arhitectură de tip "centrată pe subiect" arată că acestea au un comportament dependent "în totalitate de ontologia domeniului" [9], fapt demonstrat de majoritatea implementărilor *TM* (*Ontopia*, *Topincs*, altele) și reconfirmat cu ajutorul sistemelor dezvoltate și prezentate în subcapitolele 5.1. și 5.2. Interfețele cu utilizatorul de tip "centrate pe subiect" presupun că informațiile relevante pentru un topic de interes sunt prezente într-un singur loc, ca, de exemplu, o pagină *Web* destinată aceluși topic.

Revenind la rezultatele studiului, se observă că *respondenții au creat un cadru, determinat de condiționarea termenului principal*, în care au încadrat toți termenii conecși. Cu alte cuvinte, termenul principal a devenit centrul atenției participanților, iar caracteristicile sale s-au răsfrânt asupra setului termenilor conecși. În aceste condiții, este de așteptat ca modalitatea optimă de reprezentare și transfer al cunoștințelor înspre om să fie similară celei cu care acesta se simte confortabil să se exprime și care are în centru subiectul în discuție. Această concluzie vine să întărească afirmația conform căreia "arhitecturile informaționale de tip "centrate pe subiect" sunt soluția pentru complexitatea în creștere" [9].

O altă concluzie care răzbate prin prisma statisticii prezentate anterior denotă *imperativul consecvenței cu privire la apartenența la un context a conținutului interfețelor utilizator*. Argumentul care susține această afirmație este că modificarea domeniilor subiectelor prezentate într-o interfață poate genera confuzii, și, exemplificând conform cerințelor studiului, setul de șase termeni ar putea fi:

ac – fier – brad – metalurgie – ață – arici

Se observă că termenul principal "ac" (cu referire la conceptul "ac de seringă"), pentru care s-a definit domeniul "medicină", poate fi relaționat într-o anumită

direcție cu fiecare dintre termenii săi conecși, însă, neavând vreo relevanță pentru domeniul medical, aceștia sunt susceptibili să devieze atenția utilizatorului de la subiectul în discuție și domeniul său de valabilitate.

Abordarea dintr-o altă perspectivă, cea referitoare la diferența dintre datele globale și cele parțiale, poate conduce la cunoștințe despre latura instinctuală sau algoritmică a minții umane, în condițiile în care în timpul studiului s-a constatat experimental pe un set de 15 respondenți că alegerea ultimilor 2 termeni din setul de șase ceruți în formular a cerut un timp de gândire mai lung decât primii 4 termeni la un loc. De asemenea, în urma completării chestionarului, cei 15 participanți au fost atenționați asupra cerințelor, apoi au fost puși să repete procedura; toți au îndeplinit cerințele fără a mai relaționa setul de termeni conecși cu domeniul medical. Datele obținute de la cei 15 participanți nu fac parte din setul de date valide prezentate în continuare, condițiile sub care s-a desfășurat această etapă fiind diferite de cele impuse studiului.

În scopul prelucrării automate și a cuantificării datelor, acestea au fost analizate și încadrate în 14 categorii sau tipuri de subiecte (Fig. 5. 34.):

- pacient;
- medicament;
- prevenire;
- diagnostic;
- instrumentar;
- unitate medicală;
- cauze;
- personal medical;
- simptom;
- rezultat;
- organ;
- procedură/investigație;
- echipament;
- tratament.

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
1	<b>pacient</b>	<b>medicamen</b>	<b>prevenire</b>	<b>diagnostic</b>	<b>instrumentar</b>	<b>unitate medicală</b>	<b>cauza</b>	<b>personal medical</b>	<b>simptom</b>	<b>rezultat</b>	<b>organ</b>	<b>procedura / investigație</b>	<b>echipament</b>	<b>tratament</b>	termenite medicale
2	pacient	medicament	prevenire	diagnostic	seringa	terapie intensiva	zahar	doctor	crize	viata	pancreas	injectie	pat spital	tratament	arici
3	om	clorhexidina	vaccin	gripa	pansament	salvare	microb	medic	criza	vindecare	plaman	injectii	ecograf	tratamente	brad
4	bolnav	apa de gura		diabet	penseta	farmacie	dulce	dentist	critic	salvare	inima	operatie	salvare	plomba	viteza
5		medicatie		cancer	ac	farmacii		asistenta	durere		ficat	interventie	ambulanta	recomandare	
6		antibiotic		diagnostic	vata	spital			murmur		masele	analiza	targa	tratare	
7		insulina		diagnostice	ata	stomatologie			rana			dializa			
8		spirit		boala	freza				umflaturi			analize			
9		nurofen			ata				miros			ajutor			
10					stetoscop				sangerare			operatii			
11					inurinta							control			

Fig. 5. 34. Tipuri de subiecte identificate pe durata studiului

Chiar dacă la prima vedere datele par a nu avea vreo legătură cu interfețele utilizator, nu trebuie neglijat faptul că sunt rodul gândirii umane a cărei amprentă o poartă, astfel că o analiză atentă poate conduce la rezultate care să evidențieze modalitatea potrivită de proiectare și dezvoltare a interfețelor utilizator destinate pacienților. De exemplu, frecvența de apariție a termenilor poate transmite informații utile referitoare la procesele cognitive la nivel de pacient cu privire la abstractizarea și reprezentarea pentru sine a conceptelor domeniului medical.

Graficul din figura 5. 35 arată că, la nivelul mulțimii tuturor termenilor, principalele topicuri vizate de către pacienți sunt *procedura*, *unitatea medicală* și *personalul medical*, evidențiind un tip de gândire algoritmică, bazată pe modele predefinite și care conduce, de obicei, la rezultate determinabile. Însă, dacă sunt luate în calcul doar informațiile referitoare la termenul principal, se observă o ierarhie diferită (Fig. 5. 36.), remarcabilă prin prisma faptului că este supusă preponderent gândirii euristice, cu operații de analiză, descoperire sau de alegere a uneia dintre variantele avute la dispoziție. Ca o confirmare a afirmației anterioare, analiza graficului termenului principal arată că patru tipuri de concepte, cele mai multe la nivelul fiecărui termen în parte, nu au fost instanțiate nici măcar o dată, dovedind faptul că există, totuși, și o convergență a proceselor cognitive implicate în alegerea rapidă a unui concept. Graficele trasate pe durata studiului pot fi consultate în Anexa 3 (Fig. A3. 1 - Fig. A3. 7) atașate acestei lucrări.

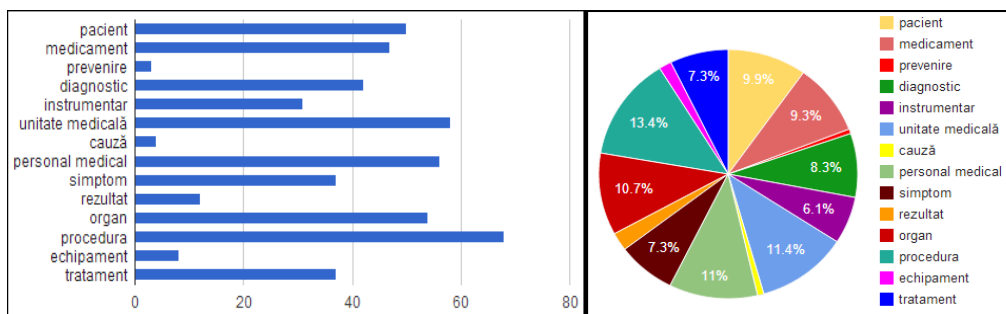


Fig. 5. 35. Statistica topicurilor de interes pentru pacienți

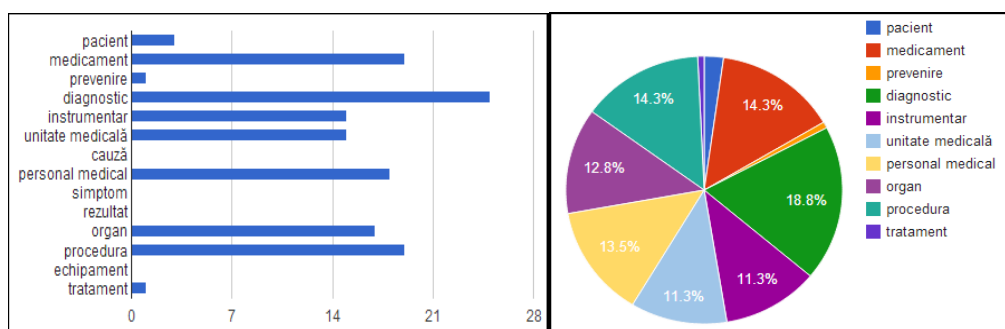


Fig. 5. 36. Statistica răspunsurilor pentru termenul principal

Analiza datelor mai dezvăluie faptul că succesiunea de introducere a termenilor urmărește anumite tipare, un exemplu elocvent fiind:

*vaccin – gripă – microb – pacient – vindecare – prevenire,*

În care respondentul sintetizează în 6 cuvinte demersuri (*vaccin* – vaccinare, *prevenire*), situații/stări (*gripă* – stare medicală, *pacient* – starea în care se află cel care a contactat boala), cauze (*microb*), condiții (*microb* → *gripă* → *pacient*) și rezultate așteptate (*vindecare*) în raport cu un motiv de îngrijorare (*gripă, microb*) din punct de vedere medical. Continuând raționamentul, se poate observa că cei șase termeni se succed după o logică bine definită, care poate fi schematizată ca în Fig. 5. 37.

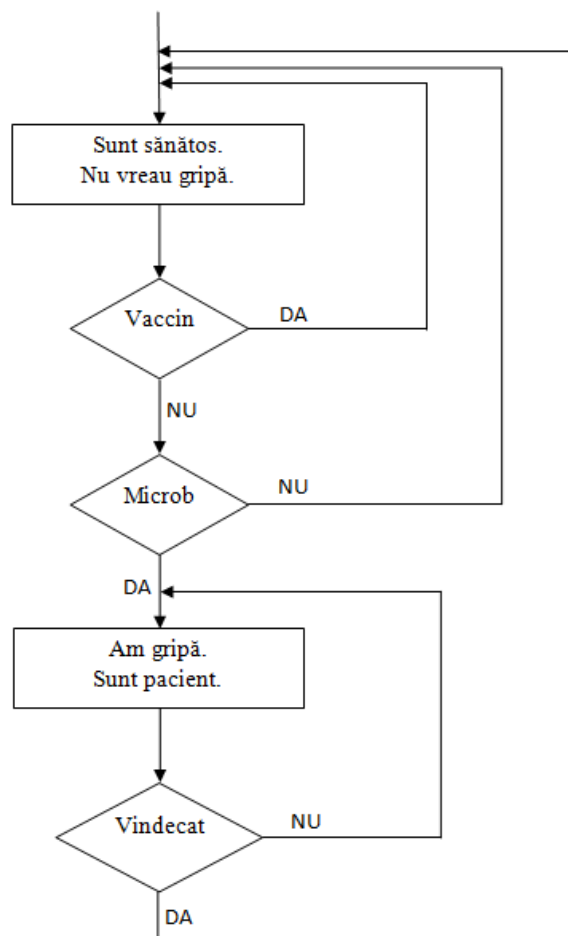


Fig. 5. 37. Schema modului de gândire care a dus la o anumită succesiune de termeni

Studiul demonstrează că factorul determinant poate fi reprezentat de chestiuni simple, în cazul de față un cuvânt (“medical”), dar efectul său se poate manifesta asupra unui întreg ansamblu de acțiuni viitoare ale omului. De asemenea,

rezultatele obținute evidențiază faptul că cei care dezvoltă interfețe cu utilizatorul dețin soluția orientării acțiunilor viitoare ale utilizatorilor cu privire la interacțiunea cu sistemul.

#### 5.4.4. Concluzii

Pe baza celor expuse în cadrul acestui subcapitol, se poate concluziona că resursele acumulate în cadrul acestei acțiuni de sondare pot fi relevante pentru modul de proiectare a interfețelor utilizator dar și a bazelor de cunoștințe, contribuțiile aduse referindu-se la extragerea pe baza datelor introduse a unui *set de tipuri de subiecte, elaborarea teoriei factorului determinant, crearea unei ierarhii a topicurilor de interes, descoperirea unor logici de succedare a subiectelor* în pagină sau, de ce nu, în activitățile de predare/instruire.

Rezultatele preliminare confirmă așteptările autorului lucrării cu privire la dificultățile care pot fi întâmpinate de către specialiștii în inteligență artificială în demersurile lor de a crea sisteme care să imite ceva atât de complex precum gândirea umană.

Văzut prin prisma teoriei factorului determinant, studiul poate avea impact asupra experienței și satisfacției utilizatorului prin introducerea următorului *set de 10 reguli de bună practică* cu privire la proiectarea și dezvoltarea interfețelor utilizator destinate pacienților, chiar dacă unele dintre acestea reafirmă anumite norme cu caracter general:

- "Cunoaște utilizatorii!"
- "Definește cu precizie domeniul de valabilitate a conținutului!"
- "Definește și evidențiază (formatarea fontului, culorii, etc.) subiectul de interes!"
- "Domeniul de valabilitate este comun tuturor termenilor expuși."
- "Succesiunea în pagină a conceptelor aflate în relație cu subiectul de interes trebuie să urmeze o logică."
- "Păstrează simplitatea (nu aglomera elemente grafice și text), suplețea (păstrează limite rezonabile pentru numărul de concepte, pentru lungimea paginii) și echilibrul (limitează complexitatea structurii reprezentate în pagină, ajustează balanța de culori, alege cu grijă poziția în pagină a elementelor) paginii."
- "Amintește-ți cine vor fi utilizatorii și adaptează interfața (există oameni cu probleme de vedere, auz, tetraplegii, hemiplegii ș.a.m.d.). Dă-le acces la conținutul paginii!"
- "Utilizează contextul optim."
- "Convinge-te de relevanța și precizia informației expuse!"
- "Testează! Verifică! Ajustează!"

Interfețele utilizator sunt ansambluri de elemente prin care omul interacționează cu mediul sau sistemele pe care le operează. Interfețele utilizator destinate pacienților introduc o serie de particularități de care trebuie să se țină cont în procesele de proiectare și dezvoltare. De cele mai multe ori, pacienții, deși pot avea cunoștințe solide într-o subramură medicală, nu au o perspectivă holistică a domeniului, fapt care poate conduce la erori de percepție, interpretare și abordare a subiectelor medicale de interes.

Reanalizând evenimentele desfășurate pe aeroportul din Taiwan, este evident faptul că situația dramatică putea fi evitată, una dintre soluțiile potențiale fiind chiar elementele de interfață care nu au reușit să canalizeze atenția piloților

către operațiunile cu adevărat importante în procedura de rulare și decolare. Factorul determinant s-a dovedit a fi îndeajuns de puternic pentru piloți încât aceștia au decis să decoleze, deși au sesizat indicațiile aparatului de bord cu privire la o deplasare laterală a aeronavei față de direcția pistei (Anexa 2, Fig. A2. 1).

În mod similar celor prezentate în paragraful anterior, studiul a evidențiat faptul că atenția utilizatorilor cu privire la chestiunile de interes poate fi canalizată, iar rezultatele obținute au fost utilizate de autor în proiectarea și dezvoltarea interfețelor pentru aplicațiile *TM-vMR* (Fig. 5. 12), *MeDaFin* (Fig. 5. 38) și *MedMaps* (Fig. 5. 28). Acestea pun în practică cele mai multe dintre regulile definite anterior, în încercarea de a îndrepta atenția utilizatorului către subiectul în discuție. Un avantaj în acest sens este dat de tehnologia *TM* care conduce la reprezentări "centrate pe subiect", astfel încât stabilirea domeniului de valabilitate, a contextului și a topicului (subiectului) de interes sunt chestiuni relativ simple. În condițiile existenței unor structuri de date corecte, consecvente, dezvoltarea aplicațiilor ale căror interfețe sunt generate automat pe baza schemelor *TM* devine o oportunitate pentru dezvoltatorii de aplicații și utilizatori deopotrivă.

localhost:58279/Pages/TM/VizTopic.aspx?tm=Diagnostic&t=Hernia%20de%20disc

**Acasă**      **Unelte**      **Resurse**

[Diagnostic](#)

## Hernia de disc

**Definiție:** [afecțiune de natura neurologică ce se caracterizează prin alunecarea nucleului pulpos de-a lungul maduvei spinării și coloanei vertebrale](#)

**Cauze:** [în inelul fibros care înconjoară nucleul pulpos apare o fisură ce îi permite acestuia să se mobilizeze de la locul său obișnuit](#)

**Factori de risc:** [fumatul, componenta genetică, vârsta, obezitatea, sedentarismul, etc.](#)

**Simptomatologie:** [durere, spasm muscular, parestezii](#)

**Tratament:** [analgezice, relaxante musculare, antiinflamatoare](#)

Drepturi rezervate UPT.

Fig. 5. 38. MeDaFin - Reprezentare "centrată pe subiect"

Mintea umană este remarcabilă prin posibilitățile de care dă dovadă, însă ascunde o mulțime de caracteristici care pot surprinde, uneori în mod neplăcut, chiar catastrofal. Deslușirea acestor particularități ar putea îmbunătăți interacțiunile omului cu mediul ambiant și sistemele pe care le utilizează.

### 5.4.5. Considerații privind amprenta specialistului în ingineria cunoașterii asupra ontologiilor TM

Conform celor afirmate în [253], procesele și metodele de reprezentare a informației sunt complexe, necesitând atât cunoașterea domeniului care urmează a fi reprezentat, cât și a tehnicilor de reprezentare. Din aceste afirmații se poate deduce că rezultatul reprezentării poartă amprenta celor implicați în acțiunile de proiectare și concepere a bazelor de cunoștințe.

Analiza datelor recepționate a dezvăluit faptul că utilizarea lor în formă brută poate conduce la rezultate incorecte sau nerelevante (Fig. 5. 39.). Prelucrarea lor a constat, în primul rând, într-un *proces de dezambiguizare*, cu scopul de a elimina inconsistențele introduse de reprezentarea prin limbaj natural a subiectelor de interes. De exemplu, cuvântul "salvare" din limba română poate descrie rezultatul unei acțiuni, un serviciu medical de urgență, un vehicul destinat transportului pacienților [254], mântuire [255] sau numele unei unități medicale: "Salvarea".

	B	C	D	E	F	G	H
1	Care este primul termen medical care vă vine în minte?	Numiți cinci subiecte cu care poate relaționa termenul introdus anterior!					Sunteți cadru medical/Urmaș o formă de pregătire în domeniul medical?
5	clorhexidina	apa de gura	dentist	plomba	antibiotic	freza	Nu
10	medic	pacient	tratament	diagnostic	medicament	vindecare	Nu
17	ac	seringa	arici	brad	durere	ata	Nu
18	stetoscop	plaman	inima	medic	pacient	murmur	Nu
21	nurofen	durere	gripa	farmacie	doctor	lingurita	Nu
22	stomatologie	durere	masele	umflaturi	miros	sangerare	Nu
23	spital	operatii	control	targa	ambulanta	ecograf	Nu
25	doctor	spital	cabinet medical	chirurgie	ortopedie	clinica	Nu
26	cardiologie	medic	tensiune arteriala	stetoscop	puls	EKG	Nu
27	examen	cardiologie	ecografie	hipertensiune ventriculara	brahicardie	ekg	Nu
28	sternocleidomastoidi	anatomie	medicina	cuvinte incrucisate	dictie	gat	Nu
29	biopsie	medicina	cercetare	tumori	anatomie	viata si moarte	Nu
30	inima	cardiologie	sistem circulator	electrocardiograma	adrenalina	infarct	Nu
31	GRIPA	OAMENI	TRAFIC	RESPIRATIE	FIRG	CALD	Nu

Fig. 5. 39. Date brute în curs de prelucrare pe durata studiului

Având în vedere faptul că răspunsurile, în marea lor majoritate, nu urmează regulile gramaticale de scriere cu diacritice sau cu majusculă specifice limbii române, anumite cuvinte au fost supuse unui *proces de normalizare*, exemple în acest sens fiind:



-“*competenta*” din setul “*UPU – boala – rau – rapiditate – competenta – sanatare*”, care, în contextul dat, se referă cel mai probabil la acțiunea de a fi competent (forma corectă - “*competență*”) și nu la o persoană de gen feminin cu capacități remarcabile într-un anumit domeniu (ca în propoziția “*Aceasta este o persoană competentă, capabilă.*”);

-“*ekg*”, reprezentând abrevierea cuvântului “*electrocardiograma*” prin care este reprezentat rezultatul acțiunii de “*înregistrare a activității electrice a fibrelor musculare ale inimii*” [256]; în limba română, abrevierea (în forma corectă “*E.K.G.*”) este utilizată, deși incorect, dar cu înțeles clar, și pentru a indica aparatul cu care se efectuează procedura: “*E.K.G.-ul de la spital este funcțional.*”, termenul necesitând, de asemenea, un proces de dezambiguizare așa cum a fost descris în paragraful precedent.

-“*clorhexidina*”, “*nurofen*”, care reprezintă nume proprii și a căror inițiale, conform regulilor gramaticale ale limbii române, ar trebui scrise cu inițială literă mare.

*Procesul de normalizare* a fost aplicat și altor termeni cu forme incorecte datorate erorilor de tastare sau necunoașterii formei corecte, cuvântul “*bradicardie*” fiind un exemplu în acest sens, el neexistând în limba română, dar reprezentând, cel mai probabil, noțiunea de “*bradicardie*” – “*Rărire normală sau patologică (..) a ritmului cardiac*” [254].

Exemplele anterioare sunt elocvente pentru sensibilitatea proceselor de achiziție, organizare, reprezentare și transmitere a conceptelor, dar mintea umană reușește, cumva, să o compenseze, astfel încât comunicarea între oameni se face, în general, fără sincopă. Atingerea de către sistemele informatice a unui nivel similar de înțelegere este obiectivul principal al celor care activează în domeniul inteligenței artificiale, în care sistemele de organizare a cunoașterii crează fondul informațional pe baza căruia motoarele de inferență se presupune că vor fi capabile să raționeze și să conducă la cunoștințe noi.

Susținerea acestui ansamblu de acțiuni, *organizarea cunoașterii – inferență*, implică, de cele mai multe ori, un grad ridicat de interdisciplinaritate, astfel că prezența specialiștilor domeniilor conexe este o condiție imperativă pentru obținerea unor rezultate satisfăcătoare. Însă, toți acești specialiști își lasă în mod direct amprenta asupra subsansamblelor la dezvoltarea cărora participă, iar funcționarea ansamblului ca întreg este, de asemenea, dependentă de aceste influențe.

Bazele de cunoștințe destinate medicinei au rolul de a prelua cunoștințe medicale de la specialistul în domeniul sănătății, de a le organiza și reprezenta cu ajutorul specialiștilor în informatică medicală și structuri de date, într-o formă prelucrabilă de către mașini. Procesele de translatăre a cunoștințelor din mintea omului în format mașină prezintă la nivelul fiecăreia dintre entitățile umane pe care le implică dependențe față de procesele senzorial-cognitive și afective, cu referire imediată la granularitatea cunoașterii, gradul de înțelegere, capacitatea de abstractizare și reprezentare, dar și la motivație, atenție, voință și imaginație.

Reprezentarea unui concept trebuie să surprindă exact acele aspecte care interesează și care asigură eliminarea erorilor sau ambiguităților. Un exemplu în acest sens poate fi reprezentarea clasei “*Persoana*” (Fig. 5. 40.), care, deși este corectă din punct de vedere semantic, nu este consecventă conceptului real pe care îl reprezintă.

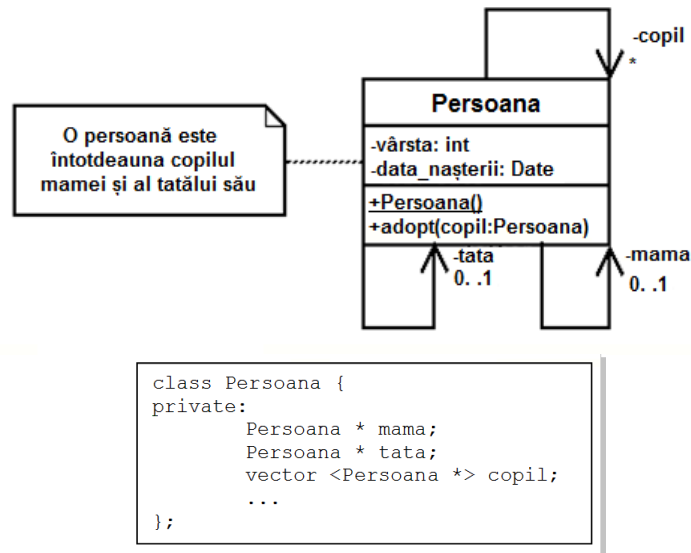


Fig. 5. 40. Reprezentarea UML și în limbaj C++ a clasei "Persoana", prelucrare după [257]

Din imagine se înțelege că orice persoană este copil pentru mama sa și pentru tatăl său și că o persoană poate avea mai mulți copii. Conform instrucțiunilor, orice calculator va trata următoarele aserțiuni în sintaxă *LTM* ca fiind adevărate:

```

/*topicuri*/
    [Andrei : Persoana]
    [Mihai : Persoana]
    [Ana : Persoana]
/*asocieri*/
    este-fiul-lui(Andrei : copil, Mihai : mama, Ana: tata),

```

În timp ce pe baza topicurilor și, *nota bene*, a cunoștințelor deținute, orice om rațional va clama absurditatea asocierii, în care Andrei este declarat fiul lui Mihai care joacă rolul de mamă, și al Anei în rol de tată. Aceeași situație se regăsește în următoarele construcții:

```

/*topicuri*/
    [Andrei : Persoana]
    [Mihai : Persoana]
    [Ana : Persoana]
/*ocurențe*/
    {Andrei, varsta , "39"}
    {Mihai, varsta , "6"}
    {Ana, varsta , "40"}
/*asocieri*/
    este-fiul-lui(Andrei : copil, Ana : mama, Mihai : tata),

```

în care părintele nu poate avea vârsta mai mică decât fiul sau fiica sa și, dacă această condiție este respectată, diferența dintre cele două valori trebuie să se înscrie într-un anumit ecart.

Făcând abstracție de constrângerile legate de vârstă, o soluție adecvată pentru reprezentarea subiectului în discuție, "Persoana", o constituie diagrama UML din Fig. 5. 41 5. 41, în care sunt modelate și aspectele legate de sexul persoanei și care restrâng numărul afirmațiilor absurde care pot fi făcute.

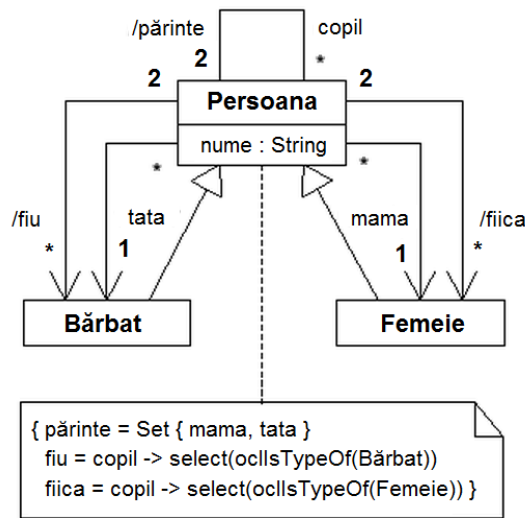


Fig. 5. 41. Ontologia familiei în UML, Prelucrare după [258]

Referindu-se la ontologia din figura 5. 41, lucrarea [259] introduce o variantă de reprezentare grafică (Fig. 5. 42) despre care afirmă că este "mai ușor de citit", însă fără a oferi vreun set de metrice care să cuantifice diferențele dintre cele două reprezentări.

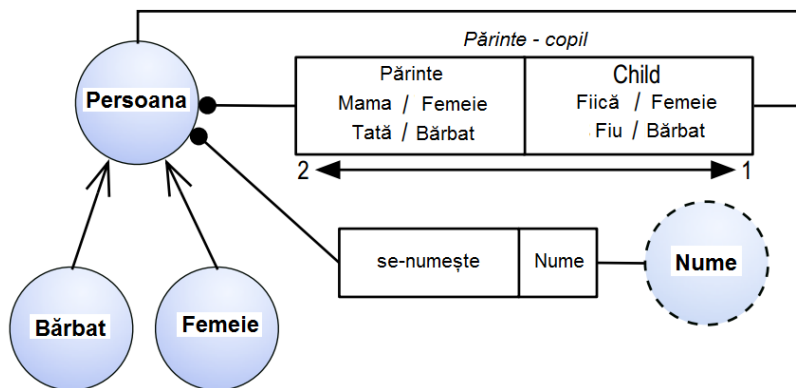


Fig. 5. 42. Ontologia familiei în ORM (Object Role Modeling), prelucrare după [259]

În scopul caracterizării modelelor destinate reprezentării conceptuale, aceeași lucrare definește următorul set de șase criterii:

- expresibilitate – capacitatea modelului de a reprezenta orice;
- claritate – proprietatea modelului de a produce reprezentări ușor de înțeles și fără ambiguități;
- stabilitate semantică – proprietatea modelului de a da semantică identică unor reprezentări prin mecanisme diferite ale aceluiași subiect;
- relevanță semantică – modelul utilizează doar aspectele relevante pentru subiectul discursului;
- mecanisme de validare – proprietatea modelului de a putea fi testat și validat;
- mecanisme de abstractizare – capacitatea modelului de a permite eliminarea unor detalii nedorite și de a le reprezenta doar pe cele relevante [259].

Un factor care se răsfrânge asupra nivelului uzabilității unei baze de cunoștințe este felul în care se face comunicarea cu aceasta, astfel că, un set de interfețe adecvate reprezintă modalitatea optimă de asimilare. Utilizatorul se așteaptă ca interfețele cu sistemul să fie cât mai intuitive și mai simple de folosit și să îl conducă la rezultate relevante.

În contextul celor expuse în cadrul acestui subcapitol se poate afirma că legătura strânsă și permanentă dintre specialiștii domeniilor implicate și utilizatori, dar și modul în care aceștia comunică unii cu ceilalți joacă un rol important în limitarea erorilor și depășirea problemelor care se pot ivi de-a lungul întregului proces de implementare. Totodată, prin cooperare, amprenta fiecărui participant asupra rezultatului final tinde să se dizolve în cea colectivă, fapt ce ar putea conduce la o acceptare mai largă a aplicației la nivelul utilizatorilor

#### 5.4.6. Concluzii

Demersurile întreprinse de autor cu privire la înțelegerea legilor care guvernează interfețele utilizator destinate pacienților reconfirmă complexitatea proceselor afectiv-cognitive specifice omului, evidențiind provocările cu care se confruntă specialiștii în domeniile medical și al ingineriei cunoașterii în scopul asigurării unor reprezentări adecvate pentru subiectele din domeniul medical, astfel încât acestea să poată fi percepute în mod corespunzător de către pacient.

Dincolo de cunoștințele despre latura algoritmică sau instinctuală a minții umane, rezultatele studiului arată că percepția și reprezentarea pentru sine a mediului cu care interacționează sunt tributare unui caracter personal pe care utilizatorul îl imprimă rezultatelor acestor procese.

Dezvoltarea de către autor a sistemelor aplicative prezentate anterior a urmărit implementarea cât mai multor aspecte teoretice care au fost elaborate pe baza studiului efectuat. Astfel, în proiectarea interfețelor cu utilizatorul au fost avute în vedere simplitatea, consecvența, ierarhizarea subiectelor de interes și o logică adecvată de succedare în pagină a conceptelor. În acest sens, tehnologia *TM* s-a dovedit a fi utilă, tipurile de construcții informaționale pe care le definește putând fi asociate secțiunilor interfeței (Fig. 5. 43) pentru a defini *domeniul* reprezentat (*Topic map*), *subiectul* de interes (*Topic*), legături ale acestuia cu *informații relevante* despre el (*Ocurențe*) și cu *alte topicuri* (*Asocieri*).

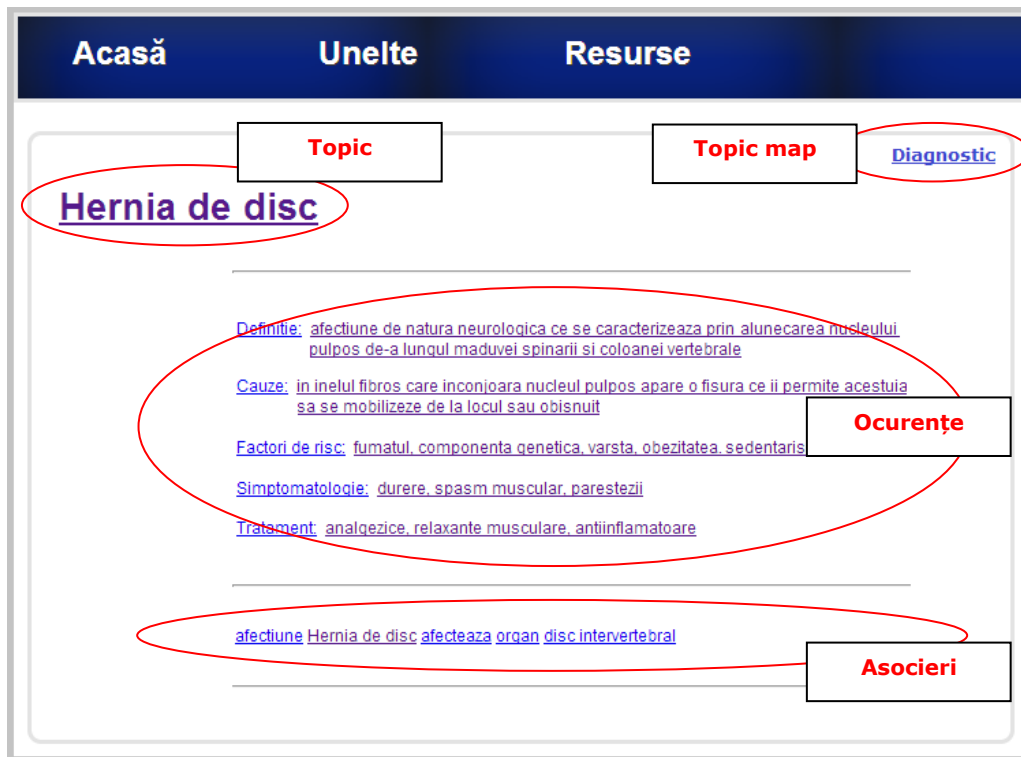


Fig. 5. 43. Secțiuni ale interfeței asociate tipurilor de construcții TM

Aplicația *MedMaps* prezintă, de asemenea, o interfață (Fig. 5. 28) care vizează respectarea cunoștințelor obținute în urma studiului. Organizarea secțiunilor interfeței păstrează, într-o oarecare măsură, corespondența cu tipurile de construcții *TM*, în condițiile în care mesajul de interogare trasează limitele domeniului, lista de localități reprezintă topicuri de interes, iar harta, *markerii*, mesajele din casetele text ale acestora, valorile procentuale și graficul reprezintă ocurențe pentru aceste topicuri.

Impactul studiului la nivelul personalului medical și al pacienților nu poate fi cuantificat, însă, pe baza rezultatelor obținute, au fost trasate o serie de directive menite să îmbunătățească interacțiunea dintre specialist și nespécialist prin intermediul sistemelor *IT&C*.

## 6. CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI CONCLUZII

### 6.1. Contribuții originale

Lucrarea aduce o serie de contribuții originale, de natură teoretică și practică, menite să susțină dinamica permanentă a unui domeniu vast, cu un puternic caracter interdisciplinar.

Aportul **teoretic** original a constat în:

- extinderea *LTM*, un model de notație pentru *TM*, cu un set de operatori și specificații de utilizare a acestora, urmărind crearea unui mecanism de definire a constrângerilor de cardinalitate pentru schemele *TM* fără a altera caracteristicile de simplitate și lizibilitate specifice modelului original;

- elaborarea unei metodologii de conversie între modelele de date *vMR* și *TM* și crearea ontologiei *TM-vMR*, cele două demersuri având ca scop extinderea posibilităților de achiziție a datelor pentru *vMR*. Acest obiectiv este realizat cu ajutorul unei interfețe bazate pe *TM* care asigură la intrarea sistemelor *CDS* o formă integrată a datelor provenind din surse eterogene. Abordarea însumează beneficiile vocabularului controlat specific *vMR* cu flexibilitatea sintaxei *TM*, oferind o unealtă pentru formalizarea cunoașterii medicale relevante pentru sistemele *CDS*;

- definirea unei teorii a factorului determinant pe baza rezultatelor unui studiu statistic realizat pe un eșantion de peste 250 de participanți;

- exprimarea unor considerații privind amprenta specialistului în ingineria cunoașterii asupra ontologiilor și precizarea factorilor care conduc la ameliorarea acestei influențe prin cooperarea cu specialiștii domeniilor relaționate.

Contribuțiile de natură **aplicativă** au vizat împlinirea ideilor originale ale autorului cu tehnologii și metode aflate în avangarda *IT&C* și au constat în:

- implementarea ontologiei *TM-vMR* și dezvoltarea în *PHP* a unui pachet de servicii *Web* care au permis conectarea ei la modulul de gestionare a datelor al unui sistem *CDS*.

- dezvoltarea în *C#* a unui modul cu rol de identificare a construcțiilor informaționale din fișierele de intrare și conversia lor conform cerințelor ontologiei *TM-vMR*;

- dezvoltarea în *ASP.NET* a unei aplicații *Web*, *MeDaFin*, care utilizează *TM* pentru formalizarea cunoașterii și susține procesele de integrare a datelor cu caracter medical pe principii ontologice;

- implementarea în *MeDaFin* a modelului de notație *LTMe* aflat în lista de contribuții teoretice ale autorului;

- elaborarea în *C#* a serviciilor *Web* care să asigure comunicarea cu *MeDaFin*;

- dezvoltarea în *ASP.NET* a unei aplicații *Web* care consumă serviciile și structurile de date *MeDaFin* pentru căutare semantică, afișare pe hartă a conceptelor care conțin informații pentru localizare geografică și efectuare de calcule statistice.

## 6.2. Concluzii

Lucrarea abordează unele aspecte privitoare la comunicare care transcend natura entităților implicate (*software*, *hardware* sau umane). Prin aplicațiile prezentate este evidențiată viabilitatea teoriilor enunțate de autor, pe de o parte, iar pe de altă parte versatilitatea tehnologiilor utilizate, capabile să asigure preluarea, prelucrarea, stocarea și diseminarea datelor, informațiilor și cunoștințelor, dar și reutilizarea componentelor informaționale și *software*.

Utilizarea tehnologiei *TM* pentru reprezentarea cunoștințelor dintr-un domeniu atât de complex și cu o dinamică perpetuă și rapidă precum cel al sănătății pare a fi soluția optimă în acest moment, din perspectiva autorului. Facilitățile oferite de acest standard acoperă o gamă vastă de cerințe, însă gradul de complexitate mai mare decât în cazul altor modele de reprezentare [260] a constituit un impediment în adoptarea sa pe scară largă, deși există o mulțime de aplicații de succes.

Abordarea curentă pune accentul pe beneficiile oferite de arhitectura informațională "centrată pe subiect", în care pot fi definite diferite contexte cu rol nu doar în vizualizare ci și în securitatea datelor cu caracter medical.

Lucrarea prezintă idei, metode și unelte care trasează un cadru original pentru integrarea pe principii semantice a resurselor informaționale din sănătate. De asemenea, autorul definește unele strategii și metode de identificare, integrare și diseminare a datelor în format nestandardizat pentru comunicarea în domeniul medical, vizând obținerea unor recomandări medicale mai precise la ieșirea sistemelor *CDS*.

Dorința autorului de a contribui la îmbogățirea experienței și creșterea satisfacției utilizatorului cu privire la sistemele informatice din sănătate a condus la teoretizarea unor soluții inovatoare cu privire la prelucrarea informatică a datelor cu caracter medical și sistematizarea aspectelor tehnologice asociate implementării sistemelor informatice bazate pe tendințele curente din *IT&C*. În acest sens, lucrarea prezintă un studiu amplu cu privire la interfețele cu utilizatorul destinate pacienților și introduce teoria factorului determinant, analizând o serie de aspecte care vizează sensibilitatea proceselor de achiziție, organizare, reprezentare și transmitere a conceptelor din mintea umană.

Demersurile de ordin aplicativ au vizat implementarea aspectelor teoretice enunțate în lucrare și au condus la dezvoltarea:

- *TM-vMR*, o interfață bazată pe *TM* între *vMR* și date medicale în format nestandardizat pentru comunicarea din domeniul sănătății, urmărind îmbogățirea resurselor informaționale la intrarea sistemelor *CDS* în scopul îmbunătățirii rezultatelor lor;
- *MeDaFin*, un sistem destinat achiziției, prelucrării, integrării virtuale și diseminării către utilizatori și aplicații *Web* a datelor cu caracter medical din surse diverse, vizând crearea unor baze de cunoștințe vaste cu informații obținute din partea specialiștilor în medicină ca suport pentru informare în domeniu, studii, ș.a.m.d.
- *MedMaps*, un exemplu de utilizare a datelor expuse de *MeDaFin* prin intermediul serviciilor *Web*, dar și o unealtă pentru realizarea studiilor statistice cu marcarea pe hartă a informațiilor geografice.

Valoarea științifică a studiilor și aplicațiilor descrise în lucrare a fost recunoscută intern și internațional prin intermediul articolelor și lucrărilor științifice prezentate la conferințe și preluate în publicații din domeniile informaticii și informaticii medicale. Implementarea teoriilor enunțate în lucrare a dovedit

viabilitatea acestora și, totodată, potențialul aplicațiilor de a se integra în tendința actuală de dezvoltare și utilizare a tehnologiilor semantice.

Nivelul înalt de interdisciplinaritate al informaticii medicale poate fi văzut ca un obstacol în calea progreselor în domeniu, dar avansul datorat acestei discipline poate fi perceput în metodele, tehnologiile și uneltele disponibile diverselor entități interesate de asigurarea stării de sănătate a societății prin sănătatea individului. Eforturile cercetătorilor, practicienilor și entuziaștilor domeniului converg către țelul comun, acela de a asigura „servicii mai bune pentru pacient (..) indiferent de locul în care acesta se află la un moment dat” [261].

Este evident faptul că dezvoltarea domeniului *IT&C* și accesul tot mai facil la tehnologiile digitale au condus la îmbunătățirea majoră a serviciilor medicale, dar și la o emancipare a pacienților, care își revendică dreptul la o informare corectă asupra stării lor de sănătate.

Competențele în medicină și în ingineria programării se completează azi cu cunoștințe din inginerie, chimie, fizică și matematică, robotică și mecatronică, interacțiune om-mașină ergonomie și interacțiune socială și alte ramuri științifice pentru a spori patrimoniul tehnologic și informațional destinat serviciilor de îngrijire a sănătății. Consensul cu privire la strategiile, metodele și uneltele de lucru este apanajul unor resurse umane înalt specializate, ale căror eforturi de conlucrare trebuie susținute permanent prin inițiative la nivel de organizații locale, structuri guvernamentale și internaționale.

Pe de altă parte, statele lumii au devenit conștiente de importanța stării de bine a societății prin atenția acordată fiecărui individ. Sănătatea populației este văzută azi ca un tezaur și o potențială sursă de prosperitate, guvernele țărilor investind în îmbunătățirea infrastructurii nu doar la nivelul unităților medicale, ci și al pacientului, încercând să asigure acestuia servicii medicale de calitate și accesul la informații relevante cu privire la situația sa medicală.

Tehnologiile de actualitate din domeniul *IT&C* sunt în măsură să asigure infrastructura pentru o practică medicală îmbunătățită, atât din punct de vedere cantitativ, dar mai ales calitativ, în condiții de adaptare a metodelor și resurselor materiale și umane la particularitățile fiecărui pacient.



## Anexe

### Anexa 1

#### Studiu privind evoluția elementelor *GUI* adaptive

Unul dintre primele studii comparative între sistemele adaptive și cele statice a avut loc în 1985 pe un grup de 26 de persoane, iar concluzia a fost că "un sistem adaptiv a fost implementat cu succes și catalogat ca fiind superior unei versiuni non-adaptive". [262] Un alt studiu în domeniul *GUI* adaptive este descris în [263] și a constatat în completarea de către un grup de 63 de subiecți a unui număr de 24 de sarcini, jumătate dintre acestea fiind incluse într-un meniu static, iar restul într-unul dinamic în care prima poziție era ocupată de sarcina cea mai frecvent utilizată la un moment dat. De această dată, rezultatele au condus la un vot negativ cu privire la utilizarea interfețelor de tip "menu-driven", dar au evidențiat beneficiile oferite de meniurile statice ale căror elemente sunt prezentate sub formă de liste ordonate alfabetic. Principalul argument invocat a fost limitarea încărcării cognitive și perceptuale a utilizatorilor. O abordare diferită a interfețelor cu caracteristici adaptive este prezentată în [264], iar utilizarea "split menu"-ului, componenta nou introdusă, a dus la rezultate promițătoare în legătură cu acceptarea acestora, constatându-se că timpul mediu de selecție a elementelor meniului putea fi îmbunătățit. Adaptabilitatea interfeței constă în mutarea celor mai des utilizate elemente în fruntea meniului, însă acest comportament putea crea confuzie în momentul în care utilizatorul ar fi dorit accesarea unuia dintre aceste elemente din locația originală, acestea fiind mutate și nu reproduse. În anul 2000 [265] este prezentat conceptul "fisheye menu", care, prin modificarea în mod dinamic a dimensiunilor elementelor meniului în funcție de poziția pointer-ului mouse-ului, realizează o zonă de focalizare în jurul acestuia, oferind, astfel, posibilitatea afișării întregului meniu pe un singur ecran fără a mai utiliza alte elemente de interfață (butoane, ierarhii, bare derulante, ș.a.m.d.). Deși la vremea respectivă se părea că abordarea nu va avea succes, conceptul a fost implementat (Fig. A.1) în diverse tipuri de interfețe și este destul de folosit în prezent. Creșterea numărului de



Fig. A.1. Interfața Macintosh implementează conceptul "fisheye menu"

aplicații disponibile coroborată cu reducerea dimensiunilor suporturilor de afișare care sunt utilizate și pentru controlul dispozitivului au orientat dezvoltatorii de interfețe grafice către modele care să asigure utilizatorului comanda tactilă asupra elementului grafic aflat în centrul atenției sale. Așadar, contextul favorabil a fost

creat cu sprijinul avansului tehnologic și al tendinței de migrare a utilizatorilor către interfețe tactile specifice tehnologiilor mobile.

Pentru a testa cât de utilizabile sunt, cinci tipuri de meniuri (adaptabil, adaptiv de tip "split", adaptiv/adaptabil cu supramarcare, adaptiv/adaptabil minimizat și inițiativă combinată<sup>14</sup>) au fost supuse unui studiu comparativ [266], rezultatele demonstrând variații importante cu privire la eficiența în utilizarea elementelor de interfață de către diverse tipuri de utilizatori.









Pe baza acestui studiu se poate concluziona că există o componentă de adaptabilitate a utilizatorului la sistem, reflexie a modelului conceptual și a celui de acțiune pe care utilizatorul și le-a creat cu privire la sistem. Astfel, predicția, analiza și ameliorarea modului în care sistemul este perceput sunt procese cheie care vizează asigurarea unui nivel ridicat al experienței utilizator, de ele depinzând succesul sau eșecul în acceptarea sistemului de către utilizator.

---

<sup>14</sup> *din engl.* "mixed-initiative"

## Anexa 2.

Tabel A2. 1. Evaluarea elementelor de interfață

Întrebare	Răspuns	Rezoluție	Justificare
Cât de bine cunoșteau piloții acele interfețe?	foarte bine		experiență îndelungată pe aceeași aeronavă, decolări și aterizări multiple pe/de pe același aeroport
Care este frecvența de utilizare a elementor de interfață?	foarte mare		instrumente la bord destinate aterizării și decolării în condiții de zbor instrumental
Care este gradul obișnuit de încredere al piloților în elementele de interfață?	foarte mare		instrumente de bord și indicatoare la sol conforme unor standarde riguroase de securitate (CAST/ICAO)
Cât de des sunt întâlnite elementele de interfață în domeniul de activitate al piloților?	foarte des		instrumente de bord identice pe toate tipurile de aeronave din aceeași clasă, indicatoarele de la sol standardizate
Comunicarea cu controlorul de trafic a fost conformă reglementărilor?	da		piloții au confirmat de două ori indicativul pistei
Cât de relevante au fost informațiile oferite piloților?	relevante		comunicare adecvată cu controlorul de trafic, indicatoare la bord cunoscute, transmițând informații corecte, însemne standardizate la sol pentru indicativul pistei
Cât de precise au fost informațiile primite de piloți?	precise		la bord existau indicații despre devierea laterală față de pista corectă; la sol existau panouri cu indicativul pistei; controlorul de trafic informează piloții în legătură cu pista de pe care urmează să decoleze;
Cât de adecvată a fost decizia piloților?	neadecvată		decizia de decolare de pe prima pistă întâlnită

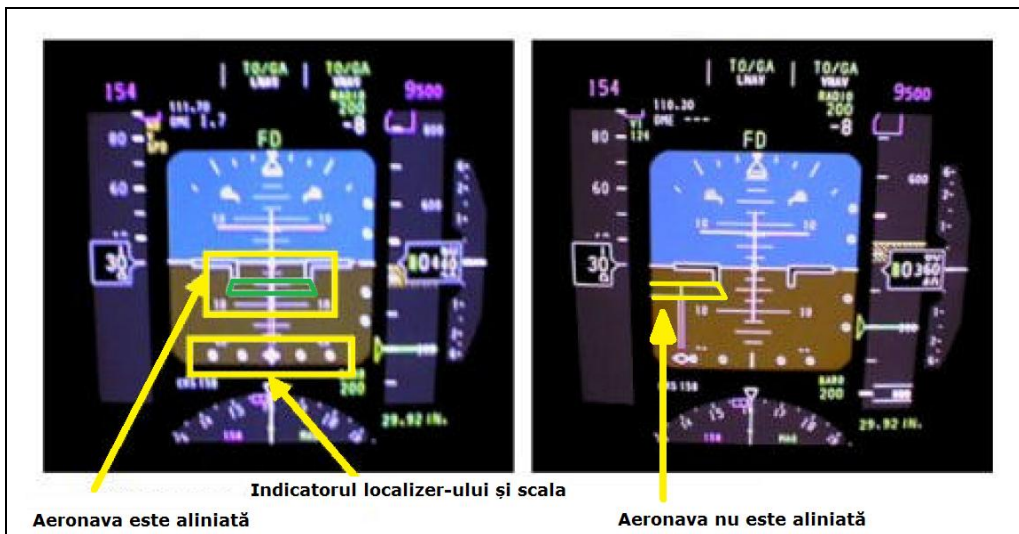


Fig. A2. 1. Informații relevante pentru abaterea față de direcția pistei

### Anexa 3

## Rezultatele statistice ale studiului privind interfețele utilizator destinate pacienților

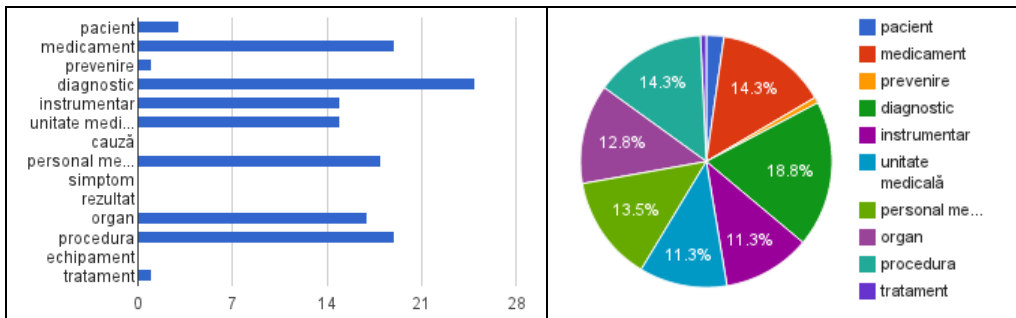


Fig. A3. 1. Cuantificarea termenului principal

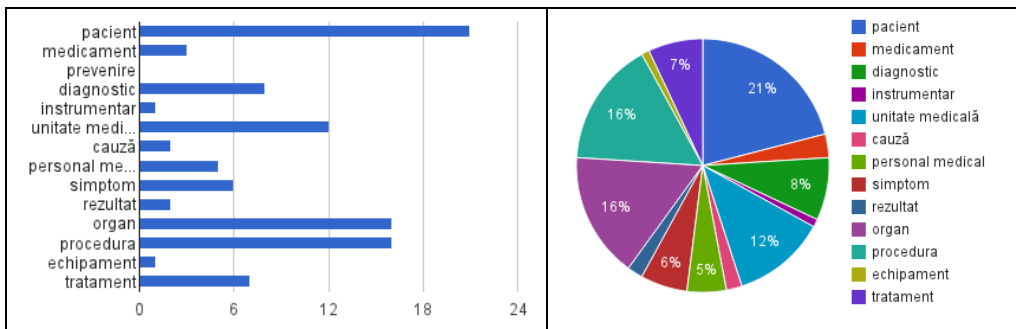


Fig. A3. 2. Cuantificarea primului termen conex

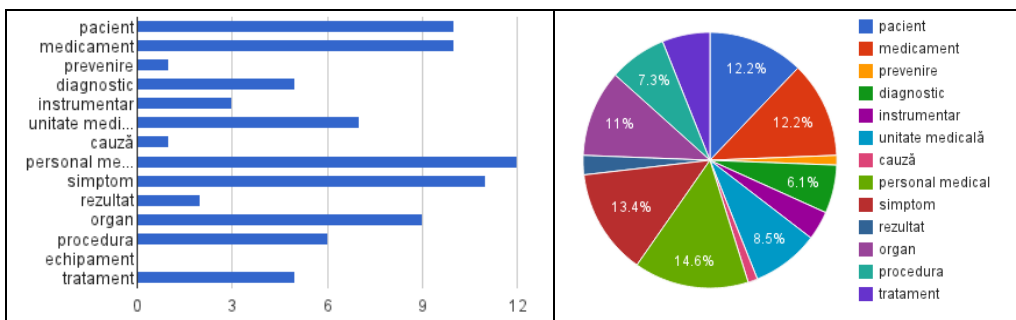


Fig. A3. 3. Cuantificarea celui de-al doilea termen conex

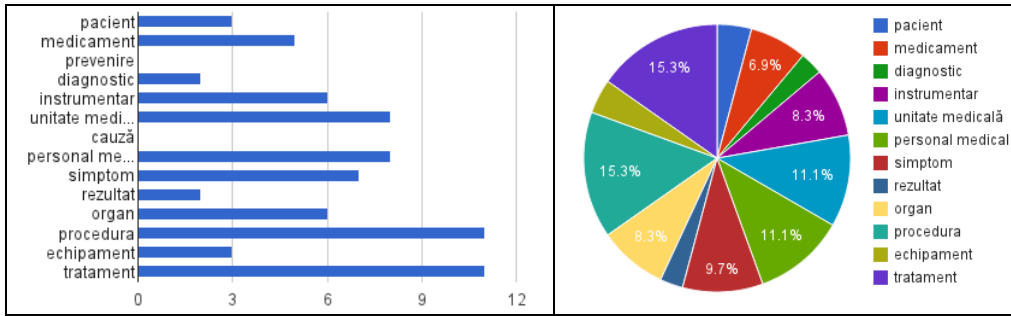


Fig. A3. 4. Quantificarea celui de-al treilea termen conex

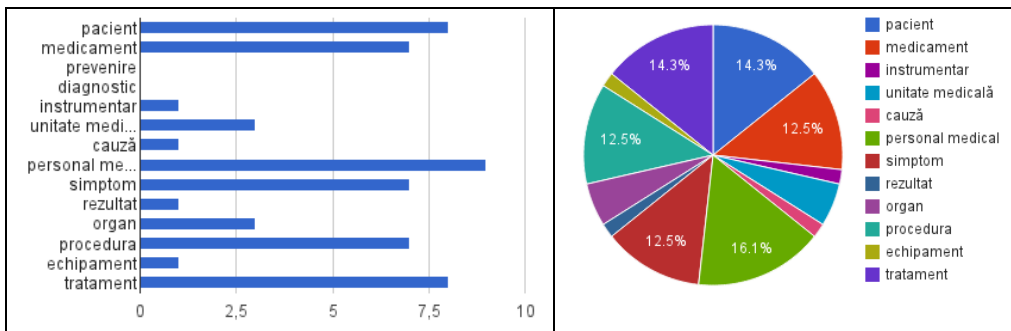


Fig. A3. 5. Quantificarea celui de-al patrulea termen conex

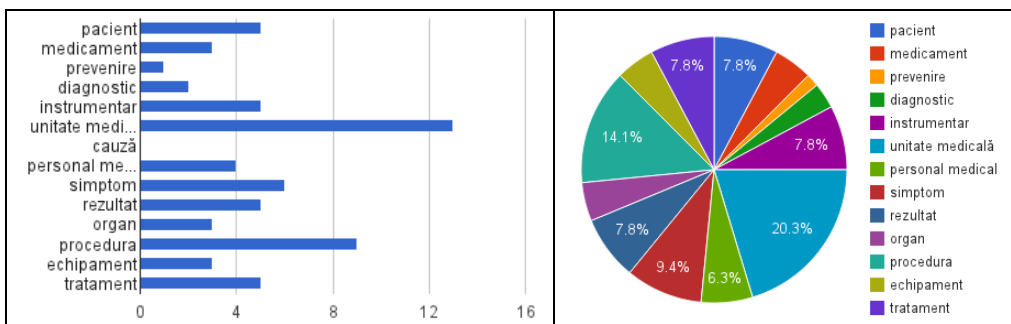


Fig. A3. 6. Quantificarea celui de-al cincilea termen conex

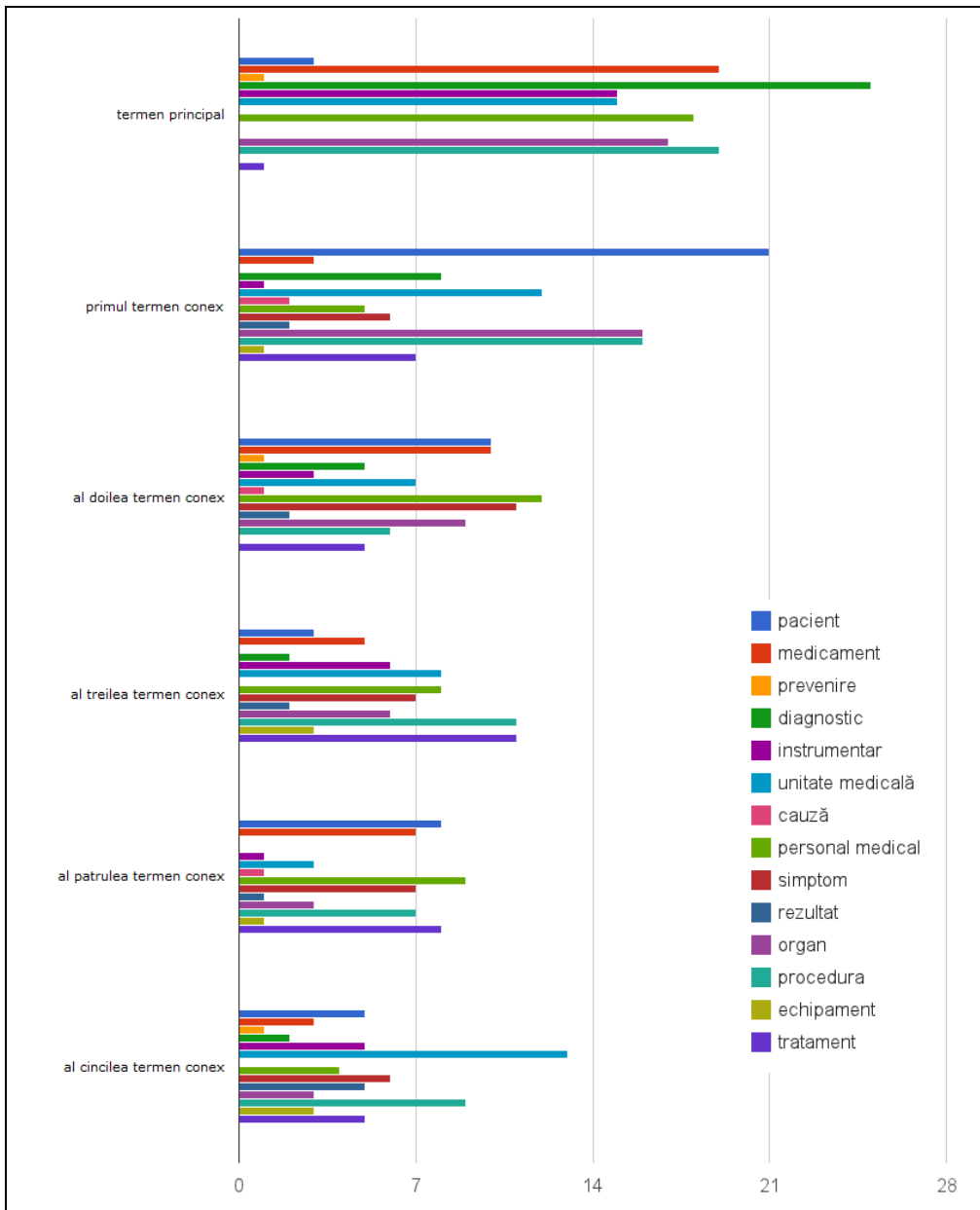


Fig. A3. 7. Comparația termenilor

## Bibliografie

- [1] Blobel, B. G. M. E. "Advanced EHR architectures-promises or reality." *Methods of Information in Medicine* 45.1 (2006): 95.
- [2] Sure, York, and Rudi Studer. "Semantic Web technologies for digital libraries." *Library Management* 26.4/5 (2005): 190-195.
- [3] Dragu, D., V. Gomoi, and V. Stoicu-Tivadar. "Automatic generation of medical recommendations using topic maps as knowledge source." *Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), 2011 6th IEEE International Symposium on*. IEEE, 2011.
- [4] ISO/IEC 13250-2:2006, Information Technology -- Topic Maps -- Part 2: Data Model, ISO, 2006
- [5] Mantas, John, et al., eds. *Quality of Life Through Quality of Information: Proceedings of MIE2012*, Preface, p. V. Vol. 180. IOS Press, 2012.
- [6] Mohnen, Sigrid M., et al. "Neighborhood social capital and individual health." *Social science & medicine* 72.5 (2011): 660-667.
- [7] Non-paper on "Health Information System European Research Infrastructure Consortium" – HIS ERIC, EGHI ( Experts Group on Health Information) meeting, Luxembourg, 2013, Disponibil la adresa [http://ec.europa.eu/health/strategy/docs/non\\_paper\\_his\\_eric\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/strategy/docs/non_paper_his_eric_en.pdf), Accesat la data de 26.09.2013.
- [8] Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila, O., "The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities", *Scientific American*, May 2001.
- [9] L. Maicher and B. Bock, "It's all around the domain ontologies - Ten benefits of a Subject-centric Information Architecture for the future of Social Networking", *Position Paper for the W3C Workshop on the Future of Social Networking, Barcelona, Jan, 2009*.
- [10] STOICU-TIVADAR, Lacramioara, et al. "Teleconsultations as a step towards hospital interoperability." *Ubiquity: Technologies for Better Health in Aging Societies, Proceedings of Mie2006*. Vol. 124. IOS Press, 2006.
- [11] Dragu D., "Research on Semantic Integration of Knowledge Sources for Clinical Decision Support Systems"; *Workshop-ul nr.1, Interdisciplinaritatea și Managementul Cercetării, Timișoara, România, Noiembrie 2011*, p. EL19-EL20



- [12] Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948
- [13] World Health Organization. "Constitution of the World Health Organization, Basic documents, Supplement, October 2006." *WHO, Geneva* (2006).
- [14] Annicchiarico, Roberta, and IRCCS Fondazione S. Lucia-Rome. "Enhancing Service Delivering, Improving Quality of Life, Preserving Independence through Assistive Technology." *Studies in health technology and informatics* 180 (2012): 14.
- [15] STOICU-TIVADAR, Lacramioara, et al. "Teleconsultations as a step towards hospital interoperability." *Ubiquity: Technologies for Better Health in Aging Societies, Proceedings of Mie2006*. Vol. 124. IOS Press, 2006.
- [16] Kulikowski, Casimir A., et al. "AMIA Board white paper: definition of biomedical informatics and specification of core competencies for graduate education in the discipline." *Journal of the American Medical Informatics Association* 19.6 (2012): 931-938.
- [17] Silber, D., "The Case for eHealth.[online report]. European Commission's first highlevel conference on eHealth." (2003). Disponibil la adresa [http://ec.europa.eu/information\\_society/eeurope/ehealth/conference/2003/doc/the\\_case\\_for\\_eHealth.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/ehealth/conference/2003/doc/the_case_for_eHealth.pdf) , Accesat la data de 21.01.2013.
- [18] World Health Organization, "Trade, foreign policy, diplomacy and health", <http://www.who.int/trade/glossary/story021/en/index.html>, Accesat la data de 21.01.2013
- [19] [www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com), Accesat la 14.09.2013.
- [20] Sebastian-Coleman, Laura. Measuring Data Quality for Ongoing Improvement: A Data Quality Assessment Framework. Access Online via Elsevier, 2012. p. 28-29
- [21] Adekoya Adebayo Felix , Akinwale Adio Taofiki, Sofoluwe Adetokunbo, "A Conceptual Framework for an Ontology-Based Examination System", (IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 2, No. 5, 2011, pp. 36-42.
- [22] Moradian, Esmiralda, Anne Håkansson, and Jan Olof Andersson. "Ontology Based Patterns for Software Security Engineering." *KES*. 2012.
- [23] Mika, Peter, and Mark Greaves. "Editorial: Semantic Web & Web 2.0." *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6.1 (2012).
- [24] Leo Sauermann and Richard Cyganiak. "Cool URIs for the semantic Web - w3c interest group note" (2008). Disponibil la adresa <http://www.w3.org/TR/cooluris/>, Accesat la data de 11.10.2013.

- [25] Shortliffe, Edward H. "The Future of Biomedical Informatics: A Perspective from Academia." *Studies in health technology and informatics* 180 (2012): 19.
- [26] Busse, Reinhard, et al. "Diagnosis related groups in Europe: moving towards transparency, efficiency, and quality in hospitals?." *BMJ: British Medical Journal* 346 (2013).
- [27] Schmidt, Laura A., et al. "Transforming primary care in the New Orleans safety-net: the patient experience." *Medical care* 51.2 (2013): 158-164.
- [28] Soobrah, R., and S. K. Clark. "Your patient information Website: how good is it?." *Colorectal Disease* 14.3 (2012): e90-e94.
- [29] Volk, Michael L., and Peter A. Ubel. "Better off not knowing: Improving clinical care by limiting physician access to unsolicited diagnostic information." *Archives of internal medicine* 171.6 (2011): 487.
- [30] Davis, Karen, et al. "Health information technology and physician perceptions of quality of care and satisfaction." *Health Policy* 90.2 (2009): 239-246.
- [31] Zins, Chaim. "Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge." *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 58.4 (2007): 479-493.
- [32] Liew, Anthony. "Understanding data, information, knowledge and their inter-relationships." *Journal of Knowledge Management Practice* 8.2 (2007).
- [33] Choo, Chun Wei. "The knowing organization: how organizations use information to construct meaning, create knowledge and make decisions." *International Journal of Information Management* 16.5 (1996): 329-340.
- [34] Boisot, Max, and Agustí Canals. "Data, information and knowledge: have we got it right?." *Journal of Evolutionary Economics* 14.1 (2004): 43-67.
- [35] Gene Bellinger (2004) Systems Thinking, "Knowledge Management - Emerging Perspectives", Disponibil la adresa <http://www.systems-thinking.org/kmgmt/kmgmt.htm>, Accesat la data de 11.10.2013.
- [36] Bernstein, Jay H. "The data-information-knowledge-wisdom hierarchy and its antithesis." *NASKO* 2.1 (2011): 68-75.
- [37] R.L. Ackoff, "From data to wisdom", *Journal of Applied Systems Analysis* 16 (1989) 3-9.
- [38] Zeleny, Milan. "Management support systems: towards integrated knowledge management." *Human systems management* 7.1 (1987): 59-70.

- [39] Chen, Min, et al. "Data, information, and knowledge in visualization." *Computer Graphics and Applications, IEEE* 29.1 (2009): 12-19.
- [40] Maier, Ronald, and Thomas Hädrich. "Knowledge Management Systems." *Encyclopedia of Knowledge Management*, (2011): 779-790.
- [41] E.M Awad and H.M. Ghaziri, "Knowledge Management, 2004." (*Pearson Education International, Upper Saddle River, NJ, 2004*)
- [42] <http://www.aparateglicemie.info/tabel-cu-valorile-glicemiei/>, Accesat la data de 12.10.2013
- [43] Academia Română, Institutul de Lingvistică "Iorgu Iordan", "*Dicționarul explicativ al limbii romane (ediția a II-a revăzută și adăugită*", 2009.
- [44] Magazin Cultural Științific, <http://www.2012en.ro/2011/09/cele-mai-vechi-picturi-rupestre-din-lume-au-fost-descoperite-in-romania/>
- [45] Weinberger, David. *Too big to know: Rethinking knowledge now that the facts aren't the facts, experts are everywhere, and the smartest person in the room is the room*. Basic Books (AZ), 2011.
- [46] Guo, Weisen, and Steven B. Kraines. "Cross-language knowledge sharing model based on ontologies and logical inference." *Managing Knowledge for Global and Collaborative Innovations* (2009): 207-220.
- [47] Della Valle, Emanuele, et al. "The need for semantic web service in the eHealth." *W3C workshop on Frameworks for Semantics in Web Services*. 2005.
- [48] Gomoj, V., Stoicu-Tivadar, V., "Evaluation of computer-based medical protocols and guidelines approaches", *Proceedings of the 8th International Conference on Information Communication Technologies in Health (8th ICICTH)* (2010)
- [49] Carlos Coronel, Steven Morris, Peter Rob, *Database Systems: Design, Implementation, and Management.*, Cengage Learning, 2012, ISBN-13: 978-1-111-96960-8, p. 39
- [50] Sharma, Chirag, and Sandeep Kaur. "Behavior Analysis of Semantic Data Models.", în *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, ISSN: 2278-3075, Volume-1, Issue-1, June 2012, p. 1-3
- [51] Object Management Group (OMG). "Meta Object Facility (MOF) Core Specification - Version 2.0." Disponibil la adresa <http://www.omg.org/spec/MOF/2.0/PDF/>, Accesat la data de 20.09.2013
- [52] Haslhofer, Bernhard, and Wolfgang Klas. "A survey of techniques for achieving metadata interoperability." *ACM Computing Surveys (CSUR)* 42.2 (2010): 7.

- [53] National Information Standards Organization, "Understanding Metadata", NISO Press, 2004, ISBN: 1-880124-62-9, <http://www.niso.org/publications/press/UnderstandingMetadata.pdf>, Accesat la 24.02.2013
- [54] Encoded Archival Description, <http://www.loc.gov/ead/>, Accesat 24.02.2013
- [55] The Moving Picture Experts Group - Standarde Multimedia, <http://mpeg.chiariglione.org/standards>, Accesat 24.02.2013
- [56] Dublin Core Metadata Initiative, <http://dublincore.org/>, Accesat la 24.02.2013
- [57] ISO/IEC 11179, Information Technology -- Metadata registries (MDR), <http://metadata-standards.org/11179/>, Accesat 24.02.2013
- [58] Oxford Dictionaries, Disponibil la adresa <http://oxforddictionaries.com/definition/english/vocabulary>, Accesat la data de 02.02.2013
- [59] *RFC 2413: Dublin Core Metadata for Resource Discovery*; Weibel, S.; Kunze, J.; Lagoze, C.; Wolf, M., The Internet Society, September 1998, Disponibil la adresa <http://www.ietf.org/rfc/rfc2413.txt>, Accesat la data de 28.09.2013
- [60] Academia Română, Institutul de Lingvistică "Iorgu Iordan", "Dicționarul explicativ al limbii române", Ediția a II-a, Editura Univers Enciclopedic, 1998
- [61] Blobel, Bernd. "Ontologies, knowledge representation, artificial intelligence-hype or prerequisites for international pHealth Interoperability?." *Studies in health technology and informatics* 165 (2011): 11.
- [62] About HL7, <http://www.hl7.org>, Accesat la data de 28.09.2013
- [63] Resurse CDA, <http://hl7book.net/index.php?title=CDA>, Accesat la data de 28.09.2013
- [64] Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), PS 3.1-2011, Disponibil la adresa [http://medical.nema.org/Dicom/2011/11\\_01pu.pdf](http://medical.nema.org/Dicom/2011/11_01pu.pdf), Accesat la data de 28.09.2013
- [65] Site-ul asociației EN 13606, <http://www.en13606.org/>, Accesat la data de 28.09.2013
- [66] Blobel, B., Oemig, F., Lopez, D. M., & Gonzalez, C. "Architectural Interoperability Framework." (2011).
- [67] Euzenat, Jérôme. "Semantic technologies and ontology matching for interoperability inside and across buildings." *Proc. 2nd CIB workshop on eeBuildings data models*. 2011, p. 22-34.

- [68] Bikakis, Nikos, et al. "The XML and Semantic Web Worlds: Technologies, Interoperability and Integration: A Survey of the State of the Art." *Semantic Hyper/Multimedia Adaptation*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 319-360.
- [69] Garshol, Lars Marius. "Metadata? Thesauri? Taxonomies? Topic maps! Making sense of it all." *Journal of information science* 30.4 (2004): 378-391.
- [70] Pepper, Steve. "The TAO of Topic Maps-finding the way in the age of infoglut." (2000).
- [71] Katrin Weller, Knowledge Representation in the Social Semantic Web, 2010, ISBN: 978-3-598-25180-1, p. 19-20
- [72] Rodolfo M. Raya, Glossary Markup Language, GlossML 1.0 Specification, <http://www.maxprograms.com/glossml/glossml.pdf>, Accesat la 08.02.2013
- [73] Doyle, Jon, and Ramesh S. Patil. "Two theses of knowledge representation: Language restrictions, taxonomic classification, and the utility of representation services." *Artificial intelligence* 48.3 (1991): 261-297.
- [74] Stevens, R., Ontologies – Bio-ontologies: Their Areation and Design, Disponibil la adresa [www.cs.man.ac.uk/~stevensr/tutorial01/master.ppt](http://www.cs.man.ac.uk/~stevensr/tutorial01/master.ppt), slide 11, Accesat la data de 12.10.2013.
- [75] Visual Thesaurus, <http://www.visualthesaurus.com/>
- [76] U.S. National Library of Medicine, Medical Subject Headings – MeSH, Disponibil la adresa <http://www.nlm.nih.gov/mesh/topsubscope.html>, Accesat la data de 12.10.2013.
- [77] Delia Valle, E., Cerizza, D., Bicer, V., Kabak, Y., Laleci, G., Lausen, H., "The Need for Semantic Web Service in the eHealth", W3C workshop on Frameworks for Semantics in Web Services, 2005.
- [78] Terry Janssen, Leo Obrst, Werner Ceusters, Introduction, in *Ontologies and Semantic Technologies for Intelligence*, editors: Leo Obrst, Terry Janssen, Werner Ceusters, IOS Press BV, Netherlands, 2010, p. 3, ISBN 978-1-60750-580-8
- [79] Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax, W3C Recommendation, 10 February 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/>
- [80] OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax, W3C Recommendation, 10 February 2004
- [81] A Model-Theoretic Semantics for DAML+OIL (March 2001), <http://www.w3.org/TR/daml+oil-model>
- [82] The Event Ontology, <http://motools.sourceforge.net/event/event.html>, Accesat la data de 12.10.2013

- [83] Herbert Hrachovec, Alois Pichler (eds.), "Philosophy of the Information Society", *Proceedings of the 30. International Ludwig Wittgenstein Symposium Kirchberg am Wechsel, Austria 2007*, Volume 2
- [84] Dr. Waralak V. Siricharoen, Dr Waralak V. Siricharoen. "Ontology modeling and object modeling in software engineering." *International Journal of Software Engineering and Its Applications (IJSEIA)* 3.1 (2009): 43-59.
- [85] Amann, Bernd, and Irini Fundulaki. "Integrating ontologies and thesauri to build RDF schemas." *Research and Advanced Technology for Digital Libraries*. Springer Berlin Heidelberg, 1999. 234-253.
- [86] Katifori A. et al: Ontology Visualization Methods - A Survey. In: ACM Computing Surveys Journal, Vol. 39, No. 4, Article 10, October 2007
- [87] Brewster, Christopher, and Kieron O'Hara. "Knowledge representation with ontologies: the present and future." *Intelligent Systems, IEEE* 19.1 (2004): 72-81.
- [88] Musen, Mark A. "Ontologies: Necessary--indeed essential--but not sufficient." *IEEE Intelligent Systems* 19.1 (2004): 77-79.
- [89] Allemang, Dean, and James Hendler. *Semantic web for the working ontologist: effective modeling in RDFS and OWL*. Access Online via Elsevier, 2011.
- [90] Bizer, Christian, et al. "DBpedia-A crystallization point for the Web of Data." *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 7.3 (2009): 154-165.
- [91] Noy, Natalya F., and Deborah L. McGuinness. "Ontology development 101: A guide to creating your first ontology." (2001).
- [92] Berners-Lee, T., and D. Connolly. "Notation3 (N3): a readable RDF syntax. W3C Team Submission." *World Wide Web Consortium*. [www. w3. org/TeamSubmission 3](http://www.w3.org/TeamSubmission/3) (2008).
- [93] Dave Beckett, "RDF/XML Syntax Specification (Revised)", *W3C Recommendation* (2004), Disponibil la adresa <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-syntax-grammar-20040210/>, Accesat la data de 30.09.2013
- [94] Matthew Horridge, Peter F. Patel-Schneider, "OWL 2 Web Ontology Language Manchester Syntax (Second Edition)", *W3C Working Group Note* (2012), Disponibil la adresa <http://www.w3.org/TR/owl2-manchester-syntax/>, Accesat la data de 30.09.2013
- [95] ISO/IEC 13250-3:2007, Information technology -- Topic Maps -- Part 3: XML syntax, 2007

- [96] ISO/IEC 13250-6:2010, Information Technology -- Topic Maps -- Compact syntax, ISO, 2010
- [97] Mohammad, A., et al. "Ontology-Based Access Control Model for Semantic Web Services." *Journal of Information and Computing Science* 6.3 (2011): 177-194.
- [98] W3C, "Linked Data", Disponibil la adresa <http://www.w3.org/standards/semanticweb/data>, Accesat la data de 01.10.2013
- [99] Polleres, Axel, et al., eds. *Reasoning Web. Semantic Technologies for the Web of Data: 7th International Summer School 2011, Galway, Ireland, August 23-27, 2011, Tutorial Lectures*. Vol. 6848. Springer, 2011, p. 1, ISBN 978-3-642-23031-8.
- [100] Berners-Lee, Tim. "Linked data, 2006." (2006). Disponibil la adresa <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>, Accesat la 12.10.2013
- [101] Berners-Lee, Tim. Long Live the Web: A Call for Continued Open Standards and Neutrality. *Scientific American*, November 22, 2010 Disponibil la adresa <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=long-live-the-web>, Accesat la data de 30.09.2013
- [102] The DBpedia Knowledge Base, "About DBpedia", Disponibil la adresa <http://wiki.dbpedia.org/About>, Accesat la data de 01.10.2013
- [103] GeoNames, "About GeoNames", Disponibil la adresa <http://www.geonames.org/about.html>, Accesat la data de 01.10.2013
- [104] The Friend of a Friend (FOAF) project, "Introducing FOAF", Disponibil la adresa <http://www.foaf-project.org/original-intro>, Accesat la data de 01.10.2013
- [105] Mikkonen, Tommi, and Antero Taivalsaari. "Apps vs. Open Web: The Battle of the Decade." *Proceedings of the 2nd Workshop on Software Engineering for Mobile Application Development*. 2011.
- [106] Armstrong, Robert, et al. "Webwatcher: A learning apprentice for the world wide web." *AAAI Spring symposium on Information gathering from Heterogeneous, distributed environments*. 1995.
- [107] Balabanovic, Marko, and Yoav Shoham. "Learning information retrieval agents: Experiments with automated web browsing." *On-line Working Notes of the AAAI Spring Symposium Series on Information Gathering from Distributed, Heterogeneous Environments*. 1995.
- [108] Tim Berners-Lee, "W3 future directions" keynote, *1st World Wide Web, Conference, Geneva*, 1994

- [109] Berners-Lee, Tim. "WWW: Past, present, and future." *Computer* 29.10 (1996): 69-77.
- [110] Steve Bratt, Semantic Web and Other W3C Technologies to Watch, W3C Talks (Ianuarie 2007), Disponibil la adresa <http://www.w3.org/2007/Talks/0130-sb-W3CTechSemWeb/0130-sb-W3CTechSemWeb.pdf>, Accesat la data de 03.10.2013
- [111] Steve Bratt, Semantic Web and Other W3C Technologies to Watch, W3C Talks (Octombrie 2006), Disponibil la adresa <http://www.w3.org/2006/Talks/1023-sb-W3CTechSemWeb/W3CTechSemWeb.pdf>, Accesat la data de 03.10.2013
- [112] World Wide Web Consortium – W3C, "W3C Mission", Disponibil la adresa <http://www.w3.org/Consortium/mission.html>, Accesat la data de 04.10.2013
- [113] General architecture for Text Engineering – GATE, Training Course (2011), <http://gate.ac.uk/wiki/TrainingCourseMay2011/4th-gate-training.pdf>, Accesat la data de 12.10.2013
- [114] Lopez, Vanessa, et al. "PowerAqua: Supporting users in querying and exploring the Semantic Web." *Semantic Web* 3.3 (2012): 249-265.
- [115] O'reilly, Tim. "What is web 2.0." (2005).
- [116] Mika, Peter, and Mark Greaves. "Editorial: Semantic Web & Web 2.0." *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6.1 (2012).
- [117] Hendler, Jim. "Web 3.0 Emerging." *Computer* 42.1 (2009): 111-113.
- [118] Sabin Buraga, "Open Data în contextul Web 3.0", 2009, Disponibil la adresa <http://www.slideshare.net/busaco/open-data-in-contextul-web-30>, Accesat la data de 17.09.2013
- [119] Berners-Lee, Tim. "Universal resource identifiers in WWW: a unifying syntax for the expression of names and addresses of objects on the network as used in the world-wide web." (1994).
- [120] Berners-Lee, Tim. "Semantic web road map." (1998).
- [121] Vatant, Bernard, et al. "Published Subjects: Introduction and Basic Requirements", *OASIS Published Subjects Technical Committee Recommendation*, 2003.
- [122] Jain, Hemant, Cheng Thao, and Huimin Zhao. "Enhancing electronic medical record retrieval through semantic query expansion." *Information systems and e-business management* 10.2 (2012): 165-181.
- [123] González-Ferrer, Arturo, et al. "Data integration for clinical decision support based on openEHR archetypes and HL7 virtual medical record." *Process Support*



- and Knowledge Representation in Health Care*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 71-84.
- [124] LePendou, Paea, et al. "Annotation analysis for testing drug safety signals using unstructured clinical notes." *J Biomed Semantics* 3.Suppl 1 (2012): S5.
- [125] Koopman, Bevan, et al. "Towards semantic search and inference in electronic medical records: An approach using concept-based information retrieval." *The Australasian medical journal* 5.9 (2012): 482.
- [126] Aspden, Philip, et al., eds. *Patient safety: achieving a new standard for care*. National Academies Press, 2004, p.14.
- [127] Chute, C. G., et al. "Desiderata for a clinical terminology server." *Proceedings of the AMIA Symposium*. American Medical Informatics Association, 1999, p. 42-46, PMID: PMC2232621
- [128] Luna, Daniel, et al. "Implementation of interinstitutional and transnational remote terminology services." *AMIA Annual Symposium Proceedings*. Vol. 2010. American Medical Informatics Association, 2010, p. 482-486, PMID: PMC3041368
- [129] Rector, Alan L. "Clinical terminology: why is it so hard?." *Methods of information in medicine* 38.4/5 (1999): 239-252.
- [130] Rose, Jeffrey S., et al. "Common Medical Terminology Comes of Age, Part Two: Current Code and Terminology Sets-Strengths and Weaknesses." *Journal of Healthcare Information Management* 15.3 (2001): 319-330.
- [131] MedDRA Introductory Guide, Version 14.0, March 2011, MSSO-DI-6003-14.0.0, p.1, Disponibil la adresa [http://www.who.int/medical\\_devices/innovation/MedDRAintroguide\\_version14\\_0\\_March2011.pdf](http://www.who.int/medical_devices/innovation/MedDRAintroguide_version14_0_March2011.pdf), Accesat la data de 12.10.2013.
- [132] Binder, Jeffrey R., and Rutvik H. Desai. "The neurobiology of semantic memory." *Trends in cognitive sciences* 15.11 (2011): 527-536.
- [133] Medical Subject Headings (MeSH), Disponibil la adresa [http://www.nlm.nih.gov/mesh/intro\\_preface.html#pref\\_rem](http://www.nlm.nih.gov/mesh/intro_preface.html#pref_rem), Accesat la 10.02.2013
- [134] Richter, Randy R., and Tricia M. Austin. "Using MeSH (medical subject headings) to enhance PubMed search strategies for evidence-based practice in physical therapy." *Physical therapy* 92.1 (2012): 124-132.
- [135] Barrenas, Fredrik, et al. "Network properties of complex human disease genes identified through genome-wide association studies." *PloS one* 4.11 (2009): e8090.

- [136] Zakaria, Elberrichi, Taibi Malika, and Belaggoun Amel. "Multilingual Medical Documents Classification Based on MesH Domain Ontology." *International Journal of Computer Science Issues(IJCSI)* 9.2 (2012).
- [137] SNOMED-CT: Systematized nomenclature of medicine-clinical terms. <http://www.ihtsdo.org/snomed-ct/>, Accesat 13.02.2013
- [138] Yu, Sheng, Damon Berry, and Jesus Bisbal. "Clinical coverage of an archetype repository over SNOMED-CT." *Journal of biomedical informatics* 45.3 (2012): 408-418.
- [139] International Health Terminology Standards Development Organisation, "IHTSDO Delivering SNOMED CT, the Global Clinical Terminology" (2013), [http://www.ihtsdo.org/fileadmin/user\\_upload/Docs\\_01/Publications/SNOMED CT/SnomedCt\\_Benefits\\_20130923.pdf](http://www.ihtsdo.org/fileadmin/user_upload/Docs_01/Publications/SNOMED_CT/SnomedCt_Benefits_20130923.pdf), Accesat la data de 07.10.2013
- [140] World Health Organization, "Classifications" <http://www.who.int/classifications/en/>, Accesat la data de 12.10.2013
- [141] Madden, Richard, Catherine Sykes, and T. B. Ustun. "World Health Organization family of international classifications: definition, scope and purpose." Geneva: World Health Organization (2007). <http://www.who.int/classifications/en/FamilyDocument2007.pdf>, Accesat la 11.02.2013
- [142] World Health Organization, *ICD-10, International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10<sup>th</sup> Revision, Volume 2, Instruction manual*, 2010.
- [143] U.S. National Library of Medicine, Unified Medical Language System, UMLS® Source Release Documentation, <http://www.nlm.nih.gov/research/umls/sourcereleasedocs/index.html>, Accesat la data de 12.10.2013.
- [144] MetaMap. <http://mmtx.nlm.nih.gov/>
- [145] Metathesaurus: Web service operations. <https://uts.nlm.nih.gov/doc/devGuide/webservices.html#meta>
- [146] UMLS® Reference Manual [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US); (2009). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9676/>, Accesat la data de 12.10.2013
- [147] Gietzelt, Matthias, et al. "Arden2ByteCode: a one-pass Arden Syntax compiler for service-oriented decision support systems based on the OSGi platform." *Computer methods and programs in biomedicine* 106.2 (2012): 114-125.
- [148] Samwald, Matthias, et al. "The Arden Syntax standard for clinical decision support: Experiences and directions." *Journal of biomedical informatics* 45.4 (2012): 711-718.

- [149] Fehre, Karsten, and Klaus-Peter Adlassnig. "Service-oriented Arden-syntax-based clinical decision support." *Proceedings of eHealth2011. Vienna: Austrian Computer Society* (2011): 123-8.
- [150] ANSI/HL7 Arden V2.9, Health Level Seven Arden Syntax for Medical Logic Systems, Version 2.9, (2012)
- [151] Open Clinical, Arden Syntax, [http://www.openclinical.org/gmm\\_ardensyntax.html](http://www.openclinical.org/gmm_ardensyntax.html), Accesat la 14.02.2013
- [152] HL7 Clinical Document Architecture, Release 2.0, HL7 version 3 Interoperability Standards, Normative Edition 2009, Disk 1 - Standards Publication
- [153] HL7 CDA - Clinical Document Architecture, Disponibil la adresa <http://www.corepointhealth.com/resource-center/hl7-resources/hl7-cda> , Accesat la 28.06.2013
- [154] Dolin, Robert H., et al. "The HL7 clinical document architecture." *Journal of the American Medical Informatics Association* 8.6 (2001): 552-569.
- [155] HL7, Product CCD, [http://wiki.hl7.org/index.php?title=Product\\_CCD](http://wiki.hl7.org/index.php?title=Product_CCD), Accesat la 28.06.201
- [156] Jovic, Alan, Marin Prcela, and Dragan Gamberger. "Ontologies in medical knowledge representation." *Information Technology Interfaces, 2007. ITI 2007. 29th International Conference on*. IEEE, 2007.
- [157] Common Anatomy Reference Ontology, Bioportal, Disponibil la adresa <http://purl.bioontology.org/ontology/CARO>, Accesat la data de 12.10.2013
- [158] BioPortal, <http://bioportal.bioontology.org/> , Accesat 24.02.2013
- [159] Hatsek, Avner, et al. "DeGeL: a clinical-guidelines library and automated guideline-support tools." *Studies in health technology and informatics* 139 (2008): 203-212.
- [160] Don Hindle, Simona Haraga, Paul Ciprian Radu, "Protocoale de practică medicală în România și Uniunea Europeană, Este alinierea lor necesară?", *Management în Sănătate*, nr. 1, 2006
- [161] Kawamoto, Kensaku, et al. "Multi-national, multi-institutional analysis of clinical decision support data needs to inform development of the HL7 virtual medical record standard." *AMIA Annual Symposium Proceedings*. Vol. 2010. American Medical Informatics Association, 2010.
- [162] Orbst, L., and Howard Liu. "Knowledge representation, ontological engineering, and topic maps." *XML Topic Maps: Creating and Using Topic Maps for the Web*, J. Parker and S. Hunting, Eds. Boston: Addison-Wesley (2003).

- [163] International Organization for Standardization - ISO, <http://www.iso.org>, Accesat la data de 13.10.2013
- [164] ISO/IEC 13250:2003, Information Technology -- SGML applications -- Topic Maps, ISO, 2003
- [165] ISO/IEC 13250-4:2009, Information technology -- Topic Maps -- Part 4: Canonicalization, 2009
- [166] ISO/IEC DIS 13250-5, Information technology -- Topic Maps -- Part 5: Reference model, în dezvoltare, Disponibil la adresa <http://www.isotopicmaps.org/TMRM/TMRM-7.0/tmrm7.pdf>, Accesat la data de 13.10.2013
- [167] Ontopia, <http://www.ontopia.net>, Accesat la data de 11.10.2013
- [168] ISO/IEC 19756:2011, Information technology -- Topic Maps -- Constraint Language (TMCL), 2011
- [169] Barta, R., and L. Heuer. "AsTMa= 2.0 Pidgin English for Topic Maps Knowledge Engineering." *Topic Maps* (2007). Disponibil la adresa <http://www.topicmaps.com/tm2007/barta-heuer.pdf>, Accesat la data de 09.10.2013
- [170] Garshol, Lars M. 2007. Introduction to Topic Map [PowerPoint]. Presentation given at Bouvet.
- [171] Pepper, Steve, and G. Moore. "Topic maps." *Encyclopedia of Library and Information Sciences*, (2010): 1-19.
- [172] Pepper, Steve, "Everything is a Subject, The vision of subject-centric computing", <http://www.topicmaps.com/tm2008/pepper.pdf>, Accesat la data de 13.10.2013.
- [173] Garshol, Lars Marius. "Towards a methodology for developing topic maps ontologies." *Leveraging the Semantics of Topic Maps (TMRA 2006)*. Springer Berlin Heidelberg, 2007. 20-31.
- [174] Librelotto, Giovanni Rubert, José Carlos Ramalho, and Pedro Rangel Henriques. "XTche: a language for topic maps schema and constraints." (2004).
- [175] Ontopia, "Ontopia - the product", Disponibil la adresa <http://www.ontopia.net/section.jsp?id=ontopia-the-product>, Accesat la data de 13.10.2013
- [176] TMAPI - Common Topic Map Application Programming Interface, Disponibil la adresa <http://www.tmap.org/>, Accesat la data de 08.10.2013
- [177] MaJorToM, <http://docs.topicmapslab.de/majortom/>, Accesat la data de 13.10.2013.

- [178] Bleier, Arnim, Benjamin Bock, and Lutz Maicher. "SesameTM: Building Topic Maps on RDF." (2010).
- [179] Sourceforge, tinyTiM – The tiny Topic Maps engine, <http://sourceforge.net/projects/tinytim/>, Accesat la data de 13.10.2013.
- [180] <https://confluence.clazzes.org/display/TME/TopicMap+Engine+Home>, Accesat la data de 13.10.2013.
- [181] Biezunski, Michel. "Introduction to the Topic Maps Paradigm.", în *Parker, Jack, and Sam Hunting, eds. XML Topic Maps: creating and using topic maps for the Web. Addison-Wesley Professional*, 2003.
- [182] Estrada, Liliana Maria Melgar. "Topic Maps and library and information science: an exploratory study of Topic Maps principles from a Knowledge and Information Organization perspective." (2009).
- [183] Garshol, Lars Marius. "Living with topic maps and RDF." *Online only* (2003). <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/tmrd.html#pepper03>, Accesat la 04.04.2012
- [184] Pepper, Steve, et al. "A survey of RDF/Topic Maps interoperability proposals." *Working group note, W3C* (2006).
- [185] Pepper, Steve. "Ten theses on Topic Maps and RDF." *Ontopia*, 2003, Disponibil la adresa <http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/rdf.html>, Accesat la data de 13.10.2013.
- [186] Ksiezyk, Rafal. "Answer is just a question [of matching Topic Maps]." *Proc. XML Europe*. 2000.
- [187] Hu, Yuh-Jong, Win-Nan Wu, and Jiun-Jan Yang. "Semantics-enabled Policies for Super-Peer Data Integration and Protection." *IJCSA 9.1* (2012): 23-49.
- [188] Dalvi, Nilesh, et al. "A web of concepts." *Proceedings of the twenty-eighth ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART symposium on Principles of database systems*. ACM, 2009.
- [189] Cali, Andrea, et al. "Data integration under integrity constraints." *Seminal Contributions to Information Systems Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 335-352.
- [190] Mortensen, Jonathan, et al. "Modest Use of Ontology Design Patterns in a Repository of Biomedical Ontologies." *WOP*. 2012.
- [191] Carral, David, et al. "An ontology design pattern for cartographic map scaling." *The Semantic Web: Semantics and Big Data*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 76-93.
- [192] Burns, G. A., and Drashti Dave. "A lightweight Ontology Design Pattern to curate and represent experimental variables from vaccine protection

- studies." *Vaccine and Drug Ontology in the Study of Mechanism and Effect*, ICBO (2012).
- [193] T. Eiter, M. Fink, G. Greco, D. Lembo, *Efficient evaluation of logic programs for querying data integration systems*. Springer Berlin Heidelberg, 2003., pp. 163-177
- [194] Lenzerini, Maurizio. "Data integration: A theoretical perspective." *Proceedings of the twenty-first ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART symposium on Principles of database systems*. ACM, 2002.
- [195] General Architecture for Text Engineering, "Semantic Technology and Linked Open Data: Basics, Tools, and Applications", *Training Course* (2011), Disponibil la adresa <http://gate.ac.uk/wiki/TrainingCourseMay2011/4th-gate-training.pdf>, Accesat la data de 01.10.2013
- [196] Bernstein, Philip A., and Laura M. Haas. "Information integration in the enterprise." *Communications of the ACM* 51.9 (2008): 72-79.
- [197] Zhao, H. (2007). "Semantic Matching Across Heterogeneous Data Sources", *Communications of the ACM* 50(1), pp. 44-50.
- [198] Extensible Markup Language (XML), <http://www.w3.org/XML/>, Accesat la data de 28.06.2013
- [199] O'Reilly xml.com, <http://www.xml.com/>, Accesat la data de 28.06.2013
- [200] Neill A. Kipp, A Mathematical Formalism for the Topic Maps Reference Model, DRAFT: October 14, 2003, <http://www.isotopicmaps.org/tmrm/rm20031014.pdf>, Accesat la data de 29.06.2013
- [201] Garshol, Lars Marius. "The linear topic map notation." *Online only* (2007), Disponibil la adresa <http://www.ontopia.net/download/lm.html>, Accesat la data de 23.06.2013
- [202] Clinical Decision Support Systems: State of the Art, Agency for Healthcare Research and Quality, June 2009, Postat la adresa: <http://healthit.ahrq.gov/portal/server.pt/gateway/PTARGS 0 874024 0 0 18/09-0069-EF.pdf>, Accesat la 04.04.2012
- [203] A Roadmap for National Action On Clinical Decision Support, June 13, 2006, American Medical Informatics Association, Accesat la 15.09.2011, <http://www.amia.org/sites/amia.org/files/A-Roadmap-for-National-Action-on-Clinical-Decision-Support-June132006.pdf>, Accesat la 04.04.2012
- [204] Dragu, D., V. Gomoj, and V. Stoicu-Tivadar. "Topic Maps as knowledge base to automatically generate medical recommendations." *Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2011 IEEE 9th International Symposium on*. IEEE, 2011.

- [205] Kawamoto, K., Virtual Medical Record (vMR) for Clinical Decision Support–Domain Analysis Model – HL7 Project #184 Informative Ballot September 2011
- [206] Gardavský, P., “AToM2 – a “web database” with Topic Maps Roots”, *Information Wants to be a Topic Map - Sixth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2010, Leipzig, Germany*, 2010. 3–8.
- [207] Motomu Naito, “Topic Maps Web Service: Case Examples and General Structure”, *Linked Topic Maps - Fifth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2009*, 2009. 179–184
- [208] Tryfon, G., Papastergiou, A., Tzekis, P., and Hatzigaidas, A., “FreeTM: A Web-Based Topic Map Tool”, *Linked Topic Maps - Fifth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2009*, 2009, 145–152.
- [209] Cerny, Robert. "Topincs: A Software for Rapid Development of Web Databases." *KMIS*. 2011.
- [210] Garshol, Lars Marius. "tolog—a topic maps query language." *Charting the Topic Maps Research and Applications Landscape*. Springer Berlin Heidelberg, 2006. 183-196.
- [211] Lars Marius Garshol, Robert Barta, “Topic Maps Query Language”, 2008, <http://www.isotopicmaps.org/tmqql/tmqql.html>, Accesat la data de 29.06.2013.
- [212] Garshol, L.M., Lee, J., “Survey of graphical Topic Maps notations”, <http://www.isotopicmaps.org/gtm/survey.html>, 2007, Accesat la data de 29.06.2013.
- [213] Thomas, H.; Redmann, T.; Pressler, M.; Markscheffel, B., “GTMalph – Towards a Graphical Notation for Topic Maps”, *Subject centric computing, Fourth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2008*, 2008, 113–128.
- [214] Neidhart, T., Pinchuk, P., and Valentin, B., “Semantic Integration of Relational Data Sources With Topic Maps”, *Linked Topic Maps - Fifth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2009*, 2009, 185–192.
- [215] Wurze, J., “Demo of an Automatic Semantic Interpretation of Unstructured Data for Knowledge Management”, *Information Wants to be a Topic Map - Sixth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2010*, 2010. 199–203.
- [216] Garshol, L. M., and Fischer, M., “Extending Content Management with Topic Maps – Ontopia/Liferay Integration”, *Information Wants to be a Topic Map - Sixth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2010*, 2010, 167–176.
- [217] Hazucha, A., Balhar, J., and Kliegr, T., “A PHP library for Ontopia-CMS Integration”, *Information Wants to be a Topic Map - Sixth International*

- Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2010*, 2010. 177–182.
- [218] Weber, G. E., Eilbracht, R., and Kesberg, S., "Topic Maps for Subject-Centric Publishing from Document-Centric Content Management Systems – a Case Study on aWebsite of a Regional Cluster of Companies", *Information Wants to be a Topic Map - Sixth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2010*, 2010. 191–197.
- [219] "Spatial Identification of Subjects", Krosse, S., *Information Wants to be a Topic Map - Sixth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2010*, 2010. 75–83.
- [220] Motomu Naito, "Subject Headings make information to be topic maps", *Information Wants to be a Topic Map - Sixth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2010*, 2010. 43–51.
- [221] Evidence-Based Guidelines and Decision Support System, <http://www.egadss.org/>, Accesat la data de 18.01.2014.
- [222] Haß, C., and Krosse, S., "Live Integration Framework", *Information Wants to be a Topic Map - Sixth International Conference on Topic Maps Research and Applications, TMRA 2010*, Leipzig, Germany, September 29 – October 01, 2010. p. 129–139
- [223] Dragu Daniel, Valentin Gomei, and Vasile Stoicu-Tivadar. "Achieving Semantic Integration of Medical Knowledge for Clinical Decision Support Systems." *Soft Computing Applications*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 337-347.
- [224] Gomei, Valentin-Sergiu, Daniel Dragu, and Vasile Stoicu-Tivadar. "Clinical Decision Support Based on Topic Maps and Virtual Medical Record." *INTELLI 2012, The First International Conference on Intelligent Systems and Applications*. 2012.
- [225] Gomei, Valentin-Sergiu, Daniel Dragu, and Vasile Stoicu-Tivadar. "Virtual Medical Record Implementation for Enhancing Clinical Decision Support." *Studies in health technology and informatics* 180 (2012): 118-122.
- [226] Vasile Stoicu-Tivadar, et al., "Maximizing the Impact of e-Health Research Results by Identifying Opportunities for Cooperation in Doctoral Research", in Stoicu-Tivadar L. et al. (eds) "*Innovation and Cooperation*" - *CD Proceedings 32nd National Conference of Medical Informatics (ROMEDINF 2012)*, pp. 136.
- [227] D. Dragu, V. Gomei, V. Stoicu-Tivadar, "Using Topic Maps to Gather Knowledge for Clinical Decision Support", *Innovation and Cooperation, Proceedings Conference of the Romanian Society of Medical Informatics (ROMEDINF2012)*, Timișoara, Romania, 2012. 145-152.
- [228] <http://www.wampserver.com/>, Accesat la data de 29.06.2013.



- [229] Manual de programare *Topincs*, Disponibil la adresa <http://www.cerny-online.com/topincs/manual/programming>, Accesat la data de 29.06.2013.
- [230] D. Dragu, "Research on Semantic Integration of Knowledge Sources for Clinical Decision Support Systems", Workshop-ul nr. 1, Interdisciplinaritatea Și Managementul Cercetării, Timișoara, Romania, 2011. EL19-EL20.
- [231] D. Dragu, "Research on Semantic Integration of Medical Knowledge Sources for Clinical Decision Support Systems", Workshop-ul nr. 2, Interdisciplinaritatea Și Managementul Cercetării, Oradea, Romania, 2012
- [232] Visual Studio 2010 Express Products, Disponibil la adresa <http://www.microsoft.com/visualstudio/eng/products/visual-studio-2010-express>, Accesat la data de 29.06.2013
- [233] Microsoft SQL Server 2008 Management Studio Express, Disponibil la adresa <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=7593>, Accesat la data de 29.06.2013.
- [234] Maharaj, S. V. M., et al. "Organic compounds in water extracts of coal: links to Balkan endemic nephropathy." *Environmental geochemistry and health* (2013): 1-17.
- [235] Suci, Erika I., et al. "Balkan endemic nephropathy etiology: A link between geochemistry and medicine." *Timisoara Medical Journal* 55 (2005): 228-234.
- [236] Batuman, V. "Fifty years of Balkan endemic nephropathy: daunting questions, elusive answers." *Kidney international* 69.4 (2006): 644-646.
- [237] Modalca et al. "Epidemiological observations regarding Balkan Endemic Nephropathy (BEN) in Romania in the endemic foci of the Mehedinti county", *Journal of Experimental Medical & Surgical Research*, Year XVII Nr.2/2010 Pag. 121 - 128, Disponibil la adresa <http://www.jmed.ro/articole/0.pdf>, Accesat la data de 21.10.2013.
- [238] ASP.NET GoogleMaps Control , Disponibil la adresa <http://ro.googlemaps.subgurim.net>, Accesat la data de 21.10.2013.
- [239] NuGet, Disponibil la adresa <http://www.nuget.org/>, Accesat la data de 21.10.2013.
- [240] Koutsomitropoulos, Dimitrios A., Ricardo Borillo Domenech, and Georgia D. Solomou. "A structured semantic query interface for reasoning-based search and retrieval." *The Semantic Web: Research and Applications*. Springer Berlin Heidelberg, 2011. 17-31.
- [241] Sinkkilä, Reetta, et al. "Combining Context Navigation with Semantic Autocompletion to Solve Problems in Concept Selection." *SeMMA* 346 (2008): 61-68.

- [242] XianYi Yang, Guo Chen, "Human-Computer Interaction Design in Product Design," *Education Technology and Computer Science, 2009. ETCS '09. First International Workshop on*, vol.2, no., pp.437-439, 7-8 March 2009
- [243] ISO FDIS 9241-210:2009. Ergonomics of human system interaction - Part 210: Human-centered design for interactive systems.
- [244] <http://www.aol.com/>, Accesat la data de 29.06.2013
- [245] <http://www.excite.com/>, Accesat la data de 29.06.2013
- [246] <http://www.msn.com/>, Accesat la data de 29.06.2013
- [247] <http://www.sfatulmedicului.ro/>, Accesat la data de 29.06.2013
- [248] <http://forum.romedic.ro/>, Accesat la data de 29.06.2013
- [249] <http://www.medipedia.ro/>, Accesat la data de 29.06.2013
- [250] Council, Aviation Safety. *Crashed on a Partially Closed Runway During Takeoff, Singapore Airlines Flight 006, Boeing 747-400, 9V-SPK, CKS Airport, Taoyuan, Taiwan, October 31, 2000. Aircraft Accident Report.* ASC-ARR-02-04-001, ISBN 957-01r-r0999-8, 2002. Disponibil la adresa [http://www.asc.gov.tw/download/SQ006\\_ENG.pdf](http://www.asc.gov.tw/download/SQ006_ENG.pdf), Accesat la data de 18.10.2013
- [251] Chestionar "Concepte și relații", Disponibil la adresa <https://docs.google.com/forms/d/1Qfwi6zWj4FpmxSqbQucQB406uGz8hggfTiQ0QJ0iIM/viewform>, Accesat la data de 21.10.2013
- [252] Per scientiam ad salutem aegroti, Disponibil la adresa <https://sites.google.com/site/medinfocercetare/>, Accesat la data de 21.10.2013
- [253] Kern, Isabelle. *The Suitability of Topic Maps: Tools for Knowledge Creation with Stakeholders*. Vol. 9. Haupt Verlag AG, 2009.
- [254] DEX '98 - Dicționarul explicativ al limbii române, Academia Română, Institutul de Lingvistică "Iorgu Iordan", Editura Univers Enciclopedic, 1998.
- [255] "Sinonime - Dicționar de sinonime", Mircea și Luiza Seche, Editura Litera Internațional, 2002.
- [256] <http://ro.wikipedia.org/wiki/Electrocardiogram%C4%83>, Accesat la data de 21.10.2013.
- [257] UML Object Models, <http://cse.csusb.edu/dick/cs202/uml1a.html>, Accesat la data de 21.10.2013.
- [258] Cranefield, Stephen. "Networked knowledge representation and exchange using UML and RDF." *Journal of Digital information* 1.8 (2006).

- [259] Gulbrandsen, Are D. "Conceptual modeling of topic maps with ORM versus UML." *Charting the Topic Maps research and applications landscape*. Springer Berlin Heidelberg, 2006. 93-106.
- [260] D. Dragu, "Research on Medical Knowledge Integration with Topic Maps", Workshop-ul nr. 3, Interdisciplinaritatea Şi Managementul Cercetării, Piteşti, Romania, 2013.
- [261] STOICU-TIVADAR, Lacramioara, et al. "Teleconsultations as a step towards hospital interoperability." *Ubiquity: Technologies for Better Health in Aging Societies, Proceedings of Mie2006*. Vol. 124. IOS Press, 2006.
- [262] Greenberg, Saul, and Ian H. Witten. "Adaptive personalized interfaces—A question of viability." *Behaviour & Information Technology* 4.1 (1985): 31-45.
- [263] Mitchell, Jeffrey, and Ben Shneiderman. "Dynamic versus static menus: an exploratory comparison." *ACM SIGCHI Bulletin* 20.4 (1989): 33-37.
- [264] Sears, Andrew, and Ben Shneiderman. "Split menus: effectively using selection frequency to organize menus." *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 1.1 (1994): 27-51.
- [265] Bederson, Benjamin B. "Fisheye menus." *Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*. ACM, 2000.
- [266] Al-Omar, Khalid, and Dimitrios Rigas. "Comparison of adaptive, adaptable and mixed-initiative menus." *CyberWorlds, 2009. CW'09. International Conference on*. IEEE, 2009.

## **CURRICULUM VITAE**

### **Ing. Daniel Dragu**

Daniel DRAGU este născut în Craiova la data de 17 martie 1974 și a urmat cursurile Liceului Militar "Mihai Viteazu" din Alba Iulia, între anii 1988-1992. Ca urmare a absolvirii cursurilor Facultății de Aviație din cadrul Institutului Militar de Aviație "Aurel Vlaicu" din Bobocu, Buzău, în anul 1996 obține titlul de ofițer licențiat în arma "Aviație" cu specializarea "Aeronave – echipamente și instalații de bord". În anul 2008 finalizează cursurile Facultății de Inginerie din cadrul Universității "Aurel Vlaicu" Arad, devenind inginer diplomat în domeniul "Ingineriei sistemelor și calculatoarelor", specializarea "Automatică și informatică industrială", iar în 2009, în cadrul aceleiași facultăți, obține diploma de master în "Productica sistemelor industriale".

Din octombrie 2010 efectuează studii universitare de doctorat în cadrul Universității *Politehnica* Timișoara, sfera sa de interes profesional cuprinzând problematici legate de Calculatoare și Tehnologia Informației precum formalismele de reprezentare a cunoștințelor, sistemele de decizie, tehnologiile semantice, programarea și programarea *Web*. Tema de cercetare urmărește aceste preocupări și vizează teoretizarea și implementarea unor aspecte referitoare la integrarea datelor clinice provenind din surse eterogene prin utilizarea unei tehnologii semantice, *Topic Maps*, punând accent pe interacțiunea dintre infrastructura destinată integrării datelor și utilizatorii umani sau aplicații.

Activitatea de cercetare s-a materializat într-un număr de 10 articole publicate în volumele unor manifestări științifice din țară și din străinătate, 2 dintre acestea fiind indexate în baze de date internaționale și alte 2 indexate *ISI Proceedings*.

## LISTA LUCRĂRILOR

Ing. Daniel Dragu

### REFERENCES

- [1] D. Dragu, V. Gomei, V. Stoicu-Tivadar, "Automatic generation of medical recommendations using topic maps as knowledge source", *Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), 6th IEEE International Symposium on. IEEE*, Timisoara, Romania, pp. 593-597, 2011.
- [2] D. Dragu, V. Gomei, V. Stoicu-Tivadar, "Topic Maps as knowledge base to automatically generate medical recommendations", *Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2011 IEEE 9th International Symposium on. IEEE*, Subotica, Serbia, pp. 459-464, 2011.
- [3] D. Dragu, "Research on semantic integration of knowledge sources for clinical decision support systems", *Workshop-ul nr.1, Interdisciplinaritatea Și Managementul Cercetării*, Timișoara, România, pp. EL19-EL20, Noiembrie 2011.
- [4] V. Gomei, D. Dragu, V. Stoicu-Tivadar, "Clinical decision support based on Topic Maps and Virtual Medical Record", *INTELLI 2012, The First International Conference on Intelligent Systems and Applications*, Chamonix/Mont Blank, France, 2012, pp. 71-75.
- [5] D. Dragu, "Research on semantic integration of medical knowledge sources for clinical decision support systems", *Workshop-ul nr.2, Interdisciplinaritatea Și Managementul Cercetării*, Oradea, România, 2012.
- [6] D. Dragu, V. Gomei, V. Stoicu-Tivadar, "Achieving semantic integration of medical knowledge for clinical decision support systems", *Soft Computing Applications*. Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 337-347 (*5th International Workshop on Soft Computing Applications*, Szeged, Hungary) , 2012.
- [7] V. Gomei, D. Dragu, V. Stoicu-Tivadar, "Virtual Medical Record Implementation for enhancing clinical decision", *Quality of Life through Quality of Information, Proceedings of MIE2012*, Pisa, Italy, pp. 118-122, 2012.
- [8] D. Dragu, V. Gomei, V. Stoicu-Tivadar, "Using Topic Maps to gather knowledge for clinical decision support", *Innovation and Cooperation, Proceedings Conference of the Romanian Society of Medical Informatics (ROMEDINF2012)*, Timisoara, Romania, pp. 145-152, 2012.
- [9] V. Stoicu-Tivadar, "Maximizing the impact of e-health research results by identifying opportunities for cooperation in doctoral research", *Innovation and Cooperation, Proceedings Conference of the Romanian Society of Medical Informatics (ROMEDINF2012)*, Timisoara, Romania, pp. 132-139, 2012.
- [10] D. Dragu, "Research on medical knowledge integration with Topic Maps", *Workshop-ul nr. 3, Interdisciplinaritatea și Managementul Cercetării*, Pitești, România, Mai 2013.