

REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN ANALIZA FINANCIARĂ ȘI ECONOMICĂ

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor
la

Universitatea Politehnica Timișoara
În domeniul CALCULATOARE ȘI TEHNOLOGIA
INFORMAȚIEI
de către

prof. Renata-Graziela Boar

Conducător științific : Prof. Univ. Dr. Ing. Horia Ciocârlie
Președinte : Prof. Univ. Dr. Ing. Radu-Emil Precup
Referenți științifici: Prof. Univ. Dr. Niculescu Ioan Talpoș
Prof. Univ. Dr. Viorel Negru
Prof. Univ. Dr. Ing. Vladimir-Ioan Crețu

Ziua susținerii tezei: 21 ianuarie 2019

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 2. Chimie | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 3. Energetică | 12. Ingineria sistemelor |
| 4. Ingineria Chimică | 13. Inginerie energetică |
| 5. Inginerie Civilă | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 6. Inginerie Electrică | 15. Ingineria materialelor |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 16. Inginerie și Management |
| 8. Inginerie Industrială | 17. Arhitectură |
| 9. Inginerie Mecanică | 18. Inginerie civilă și instalații |

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, 2019

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 este elaborată pe parcursul desfășurării unei părți din activitatea mea de cercetare, într-o anumită perioadă, în cadrul Departamentului de Calculatoare și Tehnologia Informației al Universității Politehnica Timișoara.

Alese mulțumiri se cuvin conducătorului meu de doctorat, **Prof. Univ. Dr. Ing. Ciocârlie Horia**, căruia îi apreciez efortul și răbdarea de a mă ghida pe tot parcursul anilor în care mi-am desfășurat activitatea de cercetare pentru elaborarea tezei. Este persoana care mi-a acordat cea mai mare încredere și sprijin în domeniu dar și suport moral, m-a susținut și a avut multă îngăduință în etapele parcurse, înțelegând și situațiile dificile care mi-au marcat studiile de cercetare, într-o anumită perioadă. Siguranța, profesionalismul și optimismul pe care mi le-a acordat domnul profesor, m-au determinat să tratez situațiile apărute pe parcursul cercetării cu multă rigurozitate, să îmi doresc să aduc o contribuție pertinentă în domeniul ales.

În egală măsură, cu aceeași recunoștință, le aduc mulțumirile mele deosebite și membrilor comisiei de îndrumare, Prof. Univ. Dr. Ing., M. C. Al Academiei Române Precup Radu-Emil, Conf. Dr. Ing. Chirilă Ciprian-Bogdan, Ș. L. Dr. Ing. Istin Codruța, care m-au direcționat cu o înaltă rigurozitate, m-au ajutat să depășesc momentele cele mai dificile, făcând diferite comentarii pertinente în domeniul ales și mi-au acordat sprijinul de specialitate de care aveam nevoie.

Recunoștința mea se îndreaptă și spre domnii referenți științifici Prof. Univ. Dr. Talpoș Niculescu Ioan, de la Universitatea de Vest din Timișoara, Prof. Univ. Dr. Negru Viorel, de la Universitatea de Vest din Timișoara. Prof. Univ. Dr. Ing. Crețu Vladimir-Ioan, de la Universitatea Politehnica Timișoara, cărora le apreciez străduința, munca și perseverența de care au dat dovadă spre a-mi analiza această teză, motiv pentru care imi exprim gratitudinea.

Mulțumirile mele se îndreaptă și spre colegul și colaboratorul meu din departament, Ș. L. Dr. Ing. Iovanovici Alexandru, căruia îi mulțumesc pentru sprijinul și munca în echipă și a cărei experiență în domeniu m-a determinat să obțin rezultatele prezentate în această lucrare, oferindu-mi orice suport informațional necesar cercetării. Îi mulțumesc pentru observațiile adecvate care m-au făcut să ating obiectivele propuse.

Le aduc mulțumirile mele și celor două cadre didactice universitare cu o bogată experiență în domeniul statisticii și economiei și anume Prof. Univ. Dr. Ing. Voia Marcel-Cristian, Laboratoire d'Économie d'Orléans, Co-Director Centre for Monetary and Financial Economics(CMFE) precum și domnului Conf. Dr. Ing. Țăran Nicolae, de la Facultatea de Economie și de Administrare a Afacerilor, care mi-au oferit suport informațional în domeniul economic, atât de necesar în realizarea tezei.

Mulțumiri se cuvin și colegului meu informatician Inașel Marius-Traian precum și altor colegi, nemenționați, însă care m-au sprijinit.

Chiar dacă în ultimele rânduri, le mulțumesc, în mod cu totul special, partenerului meu și membrilor familiei mele care mi-au înțeles temerile și nevoile și care m-au sprijinit și au crezut întotdeauna în munca mea.

Familiei mele și părinților mei

Boar, Renata-Graziela

Rețele complexe cu aplicabilitate în analiza financiară și economică

Teze de doctorat ale UPT, Seria 14, Nr 40, Editura Politehnica, 2019, 142 pagini, 62 figuri, 16 tabele.

ISSN:2069-8216

ISSN-L:2069-8216

ISBN:978-606-35-0258-3

Cuvinte cheie: algoritm, matrice, graf, rețele complexe, corelații, metrică, PIB, piețe financiare, riscuri, import, export

Rezumat,

În această teză se introduce, în mod original, legătura dintre domeniul rețelelor complexe și anumite probleme ce apar în sistemele macroeconomice, adăugând noi metode care să evidențieze valoarea unui nod al rețelei în cadrul topologiei globale. Totodată se evidențiază conceptul de structură a unor comunități, specific rețelelor complexe, adaptat pentru domeniul rețelelor de schimb economic. Se realizează o nouă **metrică de centralitate CORREAL** și se dezvoltă **patru studii de caz** cu rol de aplicații demonstrative care susțin metodologia. Tot în cadrul cercetării se elaborează și se prezintă, ca elemente de noutate, **trei algoritmi**, denumiți și metodologiile **PIBGRA, CORGRA, IMEXGRA** și care permit **reprezentări într-un spațiu multidimensional** a informațiilor selectate din domeniul economic, pentru expertul care va reuși să extragă cu ușurință informații din seturi mari de date.

CUPRINS

Abrevieri și cuvinte cheie	7
Lista de figuri	8
Lista de formule de calcul	9
Lista de tabele	10
1 INTRODUCERE	11
1.1 Viziune de ansamblu asupra utilizării rețelelor complexe	11
1.2 Motivație	13
1.3 Obiectivele tezei	14
2 STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII ÎN TEMATICA TEZEI	16
2.1 Rețele complexe. Scurt istoric și principalele noțiuni	16
2.2 Fundamente matematice și formule de calcul utilizate	26
2.3 Perspectiva economică	33
2.4 Tehnici de detecție a comunităților	37
2.4.1 Tehnici clasice de detecție a comunităților	39
2.4.2 Tehnici de detecție a comunităților prin suprapunere	39
2.4.3 Tehnici de detecție a comunităților prin metode de optimizare a modularității	40
2.4.4 Tehnici dinamice de detecție a comunităților	43
2.5 Sinteza bazată pe bibliografia consultată	43
3 REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN PIB-ROMÂNIA	49
3.1 Elemente definitorii cu privire la PIB	49
3.2 Determinarea coeficientului corelației Pearson, vizualizarea și interpretarea rezultatelor cu privire la PIB	50
3.3 Calcularea grafului bazat pe corelație cu privire la PIB	53
3.4 Algoritmul PIBGRA	57
3.5 Concluzii referitoare la prima direcție de cercetare	59
4 REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN PIEȚELE FINANCIARE	61
4.1 Elemente definitorii cu privire la analiza structurii piețelor financiare	61
4.2 Determinarea coeficientului corelației Pearson, vizualizarea și interpretarea rezultatelor cu privire la analiza structurii piețelor financiare	63
4.3 Determinarea rețelei bazate pe corelație și reprezentarea acesteia cu privire la analiza structurii piețelor financiare	69
4.4 Algoritmul CORGRA	81
4.5 Concluzii referitoare la a doua direcție de cercetare	82
5 REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN IMPORT-EXPORT EU-28	84
5.1 Elemente definitorii cu privire la folosirea rețelelor complexe în operațiuni de import-export EU-28	84
5.2 Obținerea rețelei bazate pe corelație și reprezentarea ei spațială cu privire la operațiuni de import-export EU-28	88
5.3 Determinarea rețelei bazate pe corelație și reprezentarea acesteia cu privire la import export 2007 în Austria. Studiu de caz.	100
5.4 Algoritmul IMEXGRA	102
5.5 Concluzii referitoare la a treia direcție de cercetare	103
6 REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN PIEȚELE BURSIERE	105
6.1 Elemente definitorii cu privire la folosirea rețelelor complexe asupra piețelor bursiere	105

6.2 Determinarea coeficientului corelației Pearson și a rețelei bazate pe corelație.....	107
Reprezentarea, vizualizarea și interpretarea rezultatelor cu privire la analiza structurii piețelor bursiere.....	107
6.3 Concluzii referitoare la a patra direcție de cercetare	110
7 CENTRALITATE ÎN REȚELE ECONOMICE	112
7.1 Definiție metrică de centralitate- CORREAL	112
7.2 APLICABILITATE METRICĂ DE CENTRALITATE- CORREAL	113
8 CONCLUZII, CONTRIBUȚII, DIRECȚII, DISEMINARE REZULTATE	116
8.1 Concluzii generale.....	116
8.2 Concluzii asupra celor patru studii de caz	119
8.3 Contribuții.....	121
8.4 Direcții noi de cercetare.....	122
8.5 Diseminarea rezultatelor	123
ACKNOWLEDGEMENTS	124
BIBLIOGRAFIE	125
BIBLIOGRAFIE	126
ANEXA 1.....	132
ANEXA1(a).....	132
ANEXA1(b).....	132
ANEXA 2(a).....	132
ANEXA 2(b)	133
ANEXA 3(a).....	134
ANEXA3(b)	136
ANEXA3(c)	137
ANEXA 4(a)	138
ANEXA 4(b)	139
ANEXA4(b).....	139
ANEXA 4(c).....	140

Abrevieri și cuvinte cheie

Abrevieri

- **PIB-Produs intern brut**
- **EU-28 Uniunea Europeană**
- **SUA-Statele Unite ale Americii**
- **FMI-Fondul Monetar Internațional**
- **ONU-Organizația Națiunilor Unite**
- **OCDE-Organizație de Cooperare și Dezvoltare Economică**
- **Intra-EU-Legături între țările din Uniunea Europeană**
- **Extra-EU-Legături între țările aflate în afara Uniunii Europene**
- **INSE- Institutul Național de Statistică**
- **BNR- Banca Națională a României**
- **EUROSTAT- Comisia Europeană de Statistică**

Cuvinte cheie

- **algoritm**
- **analiză**
- **corelații**
- **dectecție**
- **export**
- **graf**
- **grafic**
- **import**
- **indice bursier**
- **investiții**
- **matrice**
- **metrică**
- **modelare**
- **rate de schimb valutar**
- **relații**
- **resurse**
- **rețele**
- **riscuri**
- **optimizare**
- **performanțe**
- **piețe financiare**
- **produs intern brut**
- **volum**

Lista de figuri

Figura 2.1.1 Reprezentare cele șapte poduri din Königsberg [5]	17
Figura 2.1.2 Model al unei rețele colaborative [10]	19
Figura 2.1.3 Model al unei rețele sociale(relațiile de prietenie într-o școală) [24]	20
Figura 2.1.4 Model al unei rețele sociale densă (rețea de persoane vorbind la telefon) [25]	21
Figura 2.1.5 Model al unei rețele organizaționale [26]	21
Figura 2.1.6 Model al unei rețele sociale nivel de bază [27]	22
Figura 2.1.7 Model al unei rețele neuronale [28]	22
Figura 2.1.8 Modele ale unor grafuri neorientate [29]	23
Figura 2.1.9 Modele ale unor grafuri orientate cu forme de reprezentare[29]	23
Figura 2.1.10 Modele ale unor rețele complexe [30]	24
Figura 2.1.11 Modele ale unor rețele aleatorii în creștere [30]	24
Figura 2.1.12 Modele ale unor rețele de echilibru [31]	24
Figura 2.2.1 Layout pentru diferite tipuri de forță[151].....	32
Figura 2.2.2 ForceAtlas2 cu scalare la 1, 2 și 10[151]	32
Figura 2.4.1. Schema de prezentare a unor tehnici detecție grupuri	38
Figura 2.4.3.1 Aplicarea metodei bazate pe vectori proprii[145] la rețeaua club de Karate [136],[137]	41
Figura 3.2.1 Histograma corelației Pearson	51
Figura 3.2.2 Corelograma dintre sectoarele PIB-ului	52
Figura 3.3.1 Graful complet de corelație al sectoarelor PIB-ului	54
Figura 3.3.2 Graful de corelație al sectoarelor PIB-ului	55
Figura 3.3.3 Graful de corelație cu muchiile având corelația < 0.3 înlăturate	55
Figura 3.3.4 Distribuția gradelor sectoarelor PIB după filtrare graf complet	56
Figura 4.2.1 Histograma distribuției datelor	64
Figura 4.2.2 Corelograma a 23 de seturi de date de schimb valutar.....	65
Figura 4.2.3. Distribuția corelației dinamicii ratei de schimb	67
Figura 4.2.4. Corelograma a 31 de valute selectate	69
Figura 4.3.1 Forme de reprezentare graf pentru rate schimb valutar.....	71
Figura 4.3.2 Graful de corelație cu muchiile filtrate	72
Figura 4.3.3 Graf filtrat cu algoritmul de detecție a comunităților	73
Figura 4.3.4 Distribuție normală rețea	75
Figura 4.3.5 Graf complet legat de dinamica financiară a 31 de valute	77
Figura 4.3.6. Rețea finală filtrată cu algoritm detecție comunități	78
Figura 4.3.7. Rețea de corelație cu indicii de corelație mai mari decât 0.3.	79
Figura 4.3.8. Rețeaua de corelație cu indicii cor > 0.7	80
Figura 5.2.1 Import EU-28 2007 fără etichete	89
Figura 5.2.2 Import EU-28 2007 cu etichete	91
Figura 5.2.3 Graf parțial Import EU-28 2007	92
Figura 5.2.4 Subgraf Import EU-28 2007	93
Figura 5.2.5 Modularitate Import EU-28 2007	93
Figura 5.2.6 Modularitate Import EU-28 2008	94
Figura 5.2.7 Import EU-28 2008 cu etichete	95
Figura 5.2.8 Graf filtrat cu indice corelație r Import EU-28	96
Figura 5.2.9 Import EU-28 2008	97
Figura 5.2.10 Export EU-28 2008	97

Figura 5.2.11 Graf complet Export EU-28 2007	98
Figura 5.2.12 Graf complet Export EU-28 2008	99
Figura 5.3.1.Rețea de corelație import - export Austria	101
Figura 6.2.1.(a) Matricea de corelație pentru principalii 7 indici din perioada 01.01.2008 și 30.06.2011	107
Figura 6.2.1.(b) Matricea de corelație pentru principalii 7 indici din perioada 01.07.2011 și 21.02.2018	108
Figura 6.2.1.(c). Matricea de corelație a 7 indici bursieri 2011-2018.....	108
Figura 6.2.2 Corelograma de corelație a indicilor bursieri.....	109
Figura 6.2.3. Rețeaua de corelație indici bursieri.....	110
Figura 7.1.1 Aplicare metrică nouă CORREAL asupra celor 14 sectoare selectate din PIB.....	113
Figura 7.1.2 Aplicare metrică nouă CORREAL asupra celor 23 valute selectate din Tabel 4.1.1	114
Figura 7.1.3. Aplicare metrică nouă CORREAL asupra operațiunii import-	115
Figura 8.2.1. Schema comparativă reprezentare metodologii	120
Figura 8.3.1 Schema realizării contribuțiilor reflectate în publicații.....	121

Lista de formule de calcul

Formula serie cronologică 2.2.1.....	25
Formula serie de moment 2.2.2.....	25
Formula serie interval de timp 2.2.3.....	26
Formula lungime intervale de timp 2.2.4.....;	26
Formula determinare valoare măsură interval de timp analizat 2.2.5.....	26
Formula de calcul a mediei unei serii de timp 2.2.6.....	26
Formula de calcul a dispersiei, probe eşantion 2.2.7.....	26
Formula de calcul coeficient de asimetrie distribuție 2.2.8.....	26
Formula de calcul coeficient deviație standard 2.2.9.....	27
Formula de calcul înălțime distribuție 2.2.10.....	27
Formă a matricei de corelație 2.2.11.....	28
Formule de calcul, forme ale corelației Pearson 2.2.12, 2.2.13, 2.2.14....	28
Formă a matricei de corelație 2.2.15.....	28
Forme a matricei centrate și scalare diagonală 2.2.16.....	28
Formă a matricei standard 2.2.17.....	29
Formă derivată a relației Cauchy-Schwarz 2.2.18.....	29
Forme inegalități corelație Pearson 2.2.19.....	29
Formula de calcul a modularității GN 2.2.20.....	30
Formula de calcul a modularității ER 2.2.21.....	30
Formula PIB 2.3.1	35
Formula PIB metoda de producție 2.3.2.....	35
Formula PIB metoda cheltuielilor 2.3.3.....	35
Formula de calcul a corelației Pearson 3.2.1.....	50

Lista de tabele

Tabel 2.4.3.1	Comparație rezultate optimizare modularitate.....	40
Tabelul 3.1.1	Structura datelor anumitelor sectoare din PIB	49
Tabelul 3.3.1	Corelația clusterelor și marcarea culorilor după eliminare cor<0.3.....	52
Tabelul 3.3.2.	Aplicare măsurători asupra nodurilor reprezentând sectoare PIB.....	56
Tabelul 4.1.1	Codurile monetare și țările corespunzătoare	61
Tabelul 4.3.1	Codurile monetare și abrevierile utilizate a celor 31 de țări selectate.....	65
Tabelul 4.3.2.	Corelația clusterelor și codificarea cromatică monede după eliminare prag 0.3.....	75
Tabelul 5.1.1	Structura datelor la import-export UE-28 cu abrevieri standard	85
Tabelul 5. 1 2	(Anexa 3(a)) Valoarea export din EU(Austria)/MS (EURO) 2007,2008.....	132
Tabelul 5.1 3	(Anexa 3(b)) Valoarea import în EU(Austria)/MS (EURO) 2007,2008	133
Tabelul 5. 1.4	(Anexa 3(c)) Comparația valorilor din import și export 2007 Austria-UE28	134
Tabelul 7.1.1	(Anexa 4(a))Date statistice PIB- metrica centralitate-Correal.....	135
Tabelul 7.1.2	(Anexa 4(b)) Tabel date statistice piețe financiare- metrica centralitate-Correal.....	136
Tabelul 7.1.3	(Anexa 4(c)) Tabel date statistice import 2007- metrica centralitate-Correal.....	137

1 INTRODUCERE

În acest prim capitol se prezintă câteva aspecte legate de modul în care se aplică rețelele complexe în general dar și asupra cercetării, motivele care au stat la baza alegerii temei de cercetare precum și obiectivele urmărite în teză.

1.1 Viziune de ansamblu asupra utilizării rețelelor complexe

Sistemele complexe, la ora actuală, au devenit o rutină în toate domeniile de activitate. Găsirea trăsăturilor de bază ale acestora, a condus, până în momentul de față, atât la dezvoltarea sistemelor în timp cât și la crearea unor modele spațiale, cu anumite caracteristici, care să permită extinderea acțiunilor acestora în viitor.

În matematică Euler are foarte multe intervenții cum ar fi de exemplu, în teoria numerelor din algebra, în analiza matematică, în geometrie și trigonometrie, toate acestea, din punct de vedere istoric, fiind determinate de necesitatea folosirii calculului în agricultură, a relațiilor de origine economică ori din dorința analizării unor fenomene fizice, astronomice sau de altă natură[1].

Conceptul de **algoritm**, ca noțiune primară, este evidențiat pentru prima dată și sistematizat de AL-KHWARIZMI MUHAMMED IBN MUSA, în lucrarea "Scurtă carte despre calculul algebric"[2]. În studiu se folosesc noțiuni care permit folosirea operațiilor aritmetice de bază, pentru a realiza diverse transformări și calcule.

Cu referire la matematica actuală, noțiunea de algoritm primește diverse definiții, considerate echivalente, cum este spre exemplu algoritmul normal al lui A. A. Markov, procesele Markov fiind utilizate și actualmente în statistica matematică și în teoria probabilităților, sau algoritmul operațional al lui A.M. Lyapunov.

Dezvoltarea informaticii, a calculatoarelor de înaltă tehnologie, folosirea cunoștințelor de programare și a unor algoritmi corespunzători, au permis și permit studierea și folosirea sistemelor complexe la cel mai înalt nivel.

În ceea ce privește numărul mare de informații referitoare la un sistem, trăsăturile acestora și modul în care interacționează acestea, sunt necesare baze de date cu o capacitate foarte mare care să permită conectarea elementelor în sistem.

Observăm că societatea modernă nu mai poate evolua, fără o bună intervenție din domeniul tehnologiei informației, dar mai ales cu ajutorul rețelelor.

Elementele din rețea permit o bună colaborare, între toți participanții. Prin aceste colaborări se pot oferi soluții, mult mai rapid, la anumite probleme care intervin între ele.

Componentele din rețele pot fi reprezentate prin intermediul grafurilor, cu ajutorul unor noduri sau vârfuri care sunt conectate prin ceea ce numim muchii sau arce.

Problema celor șapte poduri din Königsberg stă însă la **baza teoriei grafurilor**. Grafurile au aplicabilitate în toate sferile de activitate.

Un domeniu de bază este ingineria, în care, spre exemplu, se pot evidenția rețelele de transport, menționând în principal transportul energiei, dar și transportul rutier, cel feroviar ori naval.

În sectorul informaticii sunt creați și folosiți algoritmi eficienți, pentru diferite ramuri de activitate dar sunt concepute și diverse rețele informatice.

Există câteva elemente comune, în anumite tipuri de rețele, cum ar fi de exemplu serverele, clienții și modul în care acestea comunică.

În ceea ce privește latura economică, putem afirma că **economiile** moderne sunt **sisteme puternic interconectate**, foarte dinamice, dominate de schimburi financiare, cu stări caracterizate de o cantitate mare de parametri, cu multe incertitudini, aflate într-o stare de echilibru precar.

Pornind de la dinamica social-economică mondială, continuând cu cea a fiecărui continent, și nu în ultimul rând a fiecărei națiuni, toate pot fi supuse analizei performanței dar și riscurilor ce pot apărea, de aceea o analiză atentă asupra seriilor de date, în diferite perioade, este absolut necesară, aceasta reflectând dinamica entităților supuse investigării, aspecte ce pot fi identificate cu multă ușurință prin intermediul rețelelor complexe.

Astfel, folosind **rețele complexe**, putem gestiona și manipula volume mari de date cu ușurință, putând, în acest mod, să vedem decalajele apărute, spre a le putea remedia sau să observăm eficiența din anumite sectoare de activitate, la orice nivel, prin introducerea unor termeni comparabili.

În același timp cu creșterea puterii de calcul, dezvoltării înaltei tehnologii și a disponibilității aplicațiilor specializate pentru analize financiare, a devenit disponibilă și infrastructura necesară pentru realizarea unor investigații complexe, într-un timp cât mai scurt, căutându-se noi perspective de dezvoltare pentru acestea.

De la rețele sociale, rețele neuronale, tranzacții financiare, rețele de telefonie și alte tipuri de rețele, cunoscute și folosite la ora actuală, toate sunt marcate printr-o anumită topologie. Complexitatea acestora este evidențiată prin numărul foarte mare de noduri, conectate între ele prin legături dar și prin modul în care sunt organizate elementele și felul în care acestea se comportă însă și de evoluția lor în timp.

În ultimii ani au fost dezvoltate rețele complexe, menționez [78], cu aplicabilitate, de exemplu, în medicină [106], biologie [107], economie [108] și alte domenii, având caracter interdisciplinar.

Este de remarcat dinamica acestor rețele și faptul că ele pot fi modelate stabilind și respectând anumite proprietăți structurale.

Aplicarea unor tehnici de modelare se poate face cu ajutorul grafurilor iar folosirea unor **metode de predicție** în economie este necesară pentru a putea prezice funcționarea unui sistem complex care să prevină anumite situații ce pot apărea și să ofere posibilitatea dezvoltării celor existente.

Sub aceste aspecte rezultatele cercetărilor permit o analiză corectă a fenomenelor economice, exemple de astfel de rețele fiind dezvoltate în [109],[110], dar și crearea de modele precum în [111].

Astfel, acest domeniu al rețelelor complexe, favorizează dezvoltarea economiei atât la nivel național cât și la nivel global.

Cercetarea mea se referă la **determinarea și utilizarea unor tehnici** aflate la intersecția dintre teoria grafurilor, rețele complexe, econometrie, statistică și teoria probabilităților, pentru îmbunătățirea instrumentelor de analiză a factorilor cheie care influențează starea economiei naționale, în primă etapă văzută prin indicatorul macroeconomic PIB, iar mai apoi, la nivel mondial, prin evoluția ratelor

de schimb valutar ale unor țări însă continuând și prin găsirea unor corelații între anumite operațiuni comerciale ce vizează importul și exportul la nivelul Uniunii Europene EU-28 dar și modul în care se corelează anumiți indici bursieri.

1.2 Motivație

Studierea și dezvoltarea sistemelor complexe ne marchează în permanență viața și contribuie, în mare măsură, la dezvoltarea puternică a unor sisteme precum cele economice, sociale, medicale, financiare și multe altele nementionate, prin înalta tehnologie care există la ora actuală și care este într-un continuu progres.

O primă motivație pentru abordarea temei de cercetare "Rețele complexe cu aplicabilitate în analiza financiară și economică" este determinată și fundamentată de **interesul crescut pentru domeniul rețelelor complexe** și multă literatură de specialitate în domeniul precum informatica și economia, mai precis în rețele, statistică, teoria probabilităților, teoria grafurilor, econometrie și prin faptul că există foarte multe seturi de date brute care pot fi prelucrate.

Un alt motiv pentru care se tratează tematica rețelelor complexe în economie este legat și de faptul că în lucrarea sa, Barabasi[1] susținea și demonstra că putem modela și reprezenta tot ceea ce putem exprima ca o relație între entități, aspecte care au la baza teoria grafurilor, cu proprietățile lor.

O altă idee de selecționare a studiului legat de domeniul rețelelor complexe o constituie cercetarea pe care am realizat-o, legată de optimizarea stochastică și de modelarea cu rețele Petri. Modelarea acestor rețele Petri este prezentată pe larg în [3] de către autorii C. GIRALD, R. VALK, rețelele fiind folosite pentru studiul comunicării cu automatele. Acestea permit modelarea sistemelor cu evenimente discrete.

În domeniul macroeconomiei, văzută ca reprezentare abstractă a funcționării economiei statelor, există un interes major atât în analiza relațiilor dintre cursul de schimb valutar al diferitelor entități dar și în privința modului în care evoluează piața bursieră.

În [112], autorul CARAIANI P. investighează, prin intermediul rețelelor complexe, randamentul piețelor bursiere din Europa, și determină, printre altele, gradul de distribuție pentru indici, dar folosește și analiza multifractală.

Un motiv pentru care se pot utiliza rețelele complexe este legat de **volumul** mare de tranzacționări care pot fi făcute la un moment dat. Pentru indicele Nasdaq 100, un stoc este inclus într-un index numai atunci când tranzacțiile sunt efectuate pentru o cantitate mare, de aproximativ 100.000 de acțiuni.

De multe ori se impune ca stocul inclus într-un index să aibă o capitalizare de piață cât mai mare posibil, de exemplu, pentru Dow-Jones sau Nikkei, acestea au o rată de capitalizare de 90% din capitalizarea totală a piețelor bursiere.

În urma aplicării unor metodologii specifice rețelelor complexe și a topologiilor acestora putem obține informații și în ceea ce privește atât comerțul internațional, important pentru dezvoltarea națiunilor dar și într-un domeniu răspândit cum este cel bursier.

Perfecționarea unor instrumente de analiza financiară derivate permite modelarea unor rețele de procese economice.

Informațiile economice sunt găsite în acest mod cu ușurință și sunt interesante, datorită proprietăților topologice ale rețelelor de corelații care validează metodologia.

Toate abordările din cercetare se bazează pe **statistici reale**, puse la dispoziție de diverse organisme interne și internaționale, în scopul realizării studiilor.

1.3 Obiectivele tezei

Tema de cercetare a acestei teze de doctorat este legată de **dezvoltarea unor metode și tehnici** precum și găsierea unor **algoritmi** care să permită modelarea anumitor sisteme economico-financiare reale, cu referire la produsul intern brut al României, piețe financiare și bursiere globale precum și operațiuni de import-export în Uniunea Europeană, folosind rețele complexe.

Definesc tema de cercetare prin stabilirea a **patru studii de caz** și conturez obiectivele generale și cele specifice legate de "Rețele complexe cu aplicabilitate în analiza financiară și economică".

Un prim obiectiv al tezei îl constituie **stabilirea unor legături** dintre domeniul rețelilor complexe și sistemele macroeconomice. Se identifică unele **tipuri de date**, importante în dinamica financiară, prin raportare cu alte studii din domeniu precum în [110], [111]. Selectarea datelor se face cu referire la serii de timp, din baze de date specializate precum INSE, BNR, EUROSTAT sau FRED@Economic Data [95]. Aceste date le prelucrez și modelez cu ajutorul rețelilor complexe, folosind relații dintre entități, stabilind patru mari direcții de cercetare.

O primă abordare este caracterizată de **descompunerea** sectoarelor cheie ale **PIB**-ului și **construirea** unor reprezentări spațiale ale relațiilor dintre ele sub forma unor grafuri, folosind proprietăți ale rețelilor complexe.

O a doua abordare este legată de **analiza structurii piețelor financiare** globale prin determinarea și aplicarea unor metodologii din domeniul analizei rețelilor complexe asupra seturilor de date, referitoare la evoluția ratelor de schimb valutar a 23 de monede principale în raport cu dolarul pe parcursul a 14 ani, și, mai apoi, asupra a 31 de monede.

Direcția a treia de cercetare privește găsierea unor tehnici și utilizarea rețelilor complexe în operațiuni de **import-export** propriu-zise în EU-28, cu analogii dar și diferențieri între economiile acestor state, noutatea abordării fiind legată de utilizarea unor legături, folosind **grafuri orientate**, prin noi procedee.

A patra abordare în această cercetare, permite utilizarea rețelilor complexe într-un domeniu, de multe ori greu accesibil ca putere de înțelegere pentru publicul larg și anume, **piața bursieră**. Prin intermediul teoriei grafurilor, aplicată asupra unor indici bursieri, se poate urmări evoluția în ansamblu a acestora.

Al doilea obiectiv al tezei este legat de **conceperea unei noi metrici** și **construirea de noi grafuri** corespunzătoare rețelilor complexe prin găsierea de noi corelații între diferitele tipuri de date și **reprezentarea lor într-un spațiu multidimensional**.

Obiectivul al treilea se referă la **identificarea de structuri ale comunității** din rețele complexe cu privire la schimburi economice pe diferite ramuri.

Cel de-al patrulea obiectiv îl constituie **realizarea unei analize** bazate pe econometrie și pe teoria rețelilor complexe, spre a putea interpreta datele economice, atât din punct de vedere calitativ cât și cantitativ.

Un al cincilea obiectiv specific constă în **descoperirea și aplicarea unor algoritmi** care să permită realizarea intersecției dintre teoria grafurilor și econometrie pentru cele patru studii abordate care să permită **extragerea cu ușurință a unor informații** pentru experți utilizând diverși indicatori de performanță, oferind posibilități pentru a putea realiza o cât mai bună interpretare a datelor obținute dar și în analizarea fiabilității soluției propuse.

2 STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII ÎN TEMATICA TEZEI

În această secțiune se introduc câteva elemente de generalitate, începând cu istoricul teoriei grafurilor, algoritmilor, rețelelor, inclusiv rețelelor complexe, pentru o mai bună înțelegere a modului în care sunt utilizate rețelele complexe.

Se formulează definiții și noțiuni fundamentale, utilizate în cercetare, necesare pentru o mai bună cunoaștere a modului în care se asociază tehnologiile folosite în domeniul rețelelor complexe cu mediul economico-financiar.

Evidențierea unor fundamente matematice, proprietăți, tehnici de rețea, modele și algoritmi de detecție comunități existenți, fac să fie accesibile noțiunile și metodologiile determinate în cadrul cercetării.

Se prezintă o analiză asupra unor categorii de algoritmi de detecție a comunităților pornind cu unii din algoritmi clasici, continuând cu cei ce utilizează suprapuneri, apoi cu o serie din cei bazați pe optimizarea modularității și, în final, cu o parte din cei de detecție a comunităților în mod dinamic dar se realizează și un studiu comparativ asupra unor algoritmi de optimizare a modularității.

2.1 Rețele complexe. Scurt istoric și principalele noțiuni

Încă din 1735, Leonhard Euler a studiat rețelele, rezolvând o primă problemă de drumuri în rețea și anume **problema celor șapte poduri din Königsberg**, fiind considerată una din problemele care stau la baza teoriei grafurilor.

Omul de știință Leonhard Euler a mai determinat și demonstrat numeroase relații precum „formula lui Euler”, pe care R. FEYNMAN, în lucrarea sa [4], a mai numit-o și „bijuteria noastră” precum și „cea mai remarcabilă formulă din matematică”.

Vechiul oraș Königsberg, fondat în 1255 de către germani, în care au activat oameni de știință cu renume, precum filozoful Immanuel Kant sau astronomul Friedrich Bessel, a devenit, după al doilea război mondial, enclavă rusească, fiind populat cu cetățeni ruși, germanii fiind expatriați în Germania, începând cu anul 1945 și până la finele anului 1947.

În anul 1946 orașul Königsberg primește o altă denumire, și anume Kaliningrad, în amintirea lui Mihail Kalinin, un colaborator al conducătorului sovietic stalinist din acea vreme, Iosif-Vissarionovici Stalin.

Orașul Königsberg, străbătut de râul Pregel, avea două insule care se legau de maluri prin intermediul celor șapte poduri (Figura 2.1.1). Astfel a apărut problema plecării de pe un mal a uneia sau mai multor persoane, care să traverseze toate acele poduri, o singură dată și să revină în locul de plecare, pe același mal.

În anul 1735, Euler descoperă trei cazuri pe care le analizează, conform cerinței problemei, aspecte pe care le cuprinde în [6], lucrare cu titlul „Soluția unei probleme privind geometria poziției”, lucrare transmisă Academiei de Științe din Sankt Petersburg. Din cele douăzecișiunu de diviziuni ale lucrării, nouă fac referire

la poduri iar restul se referă la modul în care pot fi rearanjate podurile, respectiv malurile.

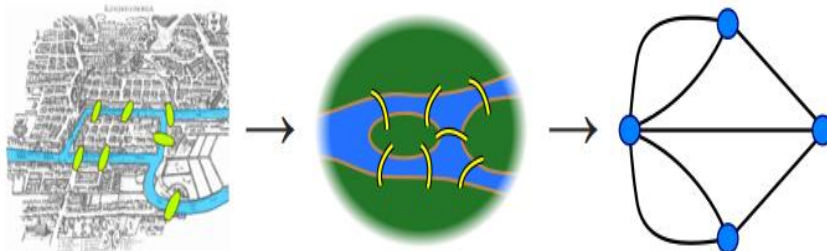


Figura 2.1.1 Reprezentare cele șapte poduri din Königsberg [5]

Pentru a găsi o soluție la problema celor șapte poduri, amintită anterior, Euler a folosit litere și secvențe de litere adiacente, corespunzătoare malurilor, respectiv podurilor iar pe baza unor metode de numărare a demonstrat că nu există o soluție.

Acesta a evidențiat trei situații, motivând euristic și rezultatul invers, dar nedemonstrându-l.

Astfel, Leonhard Euler a concluzionat că:

- traversarea este imposibilă când există mai mult de 2 maluri spre care să ducă un număr impar de poduri;
- traversarea este posibilă dacă pentru exact două maluri numărul de poduri este impar, parcurgerea fiind posibilă pornind de la oricare din maluri;
- traversarea este posibilă, începând cu orice mal, dacă nu există nici un mal spre care să ducă un număr impar de poduri.

Această problemă, a celor șapte poduri, a condus la apariția și dezvoltarea unei noi teorii și anume „**Teoria grafurilor**”. Prin abstractizare, podurile pot fi considerate ca muchii ale unui graf neorientat iar malurile ca fiind nodurile grafului iar problema respectivă se reduce la găsirea unui ciclu care să conțină toate muchiile grafului.

Structurile de date de tip arbore sunt folosite de multe ori, în mod eficient, în lucrul cu bazele de date.

În teoria grafurilor, termenul de “arbore” a fost introdus de un matematician pe nume Arthur Cayley, prin asemănarea făcută de acesta cu un copac, el fiind interesat de aplicabilitatea structurilor arborescente în diferite domenii ale științelor exacte, chiar și în chimie, fiind preocupat de așa zisele “grafuri chimice”.

O definiție a lui Knuth se referă la **noțiunea de arbore** și anume, “Fiind dată o mulțime M de elemente denumite noduri sau vârfuri, vom numi arbore un set finit de noduri astfel încât:

- a) există un nod cu destinație specială, numit rădăcina arborelui;
- b) celelalte noduri sunt repartizate în $m \geq 0$ seturi disjuncte A_1, A_2, \dots, A_m , fiecare set A_i constituind la rândul său un arbore” [11].

Rețelele de calculatoare sunt sisteme interconectate cu ajutorul echipamentelor de rețea pentru a putea realiza transmisia datelor folosind anumite medii de transmisie și partajarea resurselor.

Transmisia datelor și administrarea acestora în rețea se face în mod grupat, respectând anumite protocoale, în care sunt stabilite modalitățile de transfer a datelor, asigurându-se securitatea acestora prin metode și tehnici bine conturate, datele fiind salvate într-un anumit loc.

Rețelele oferă și permisiunea comunicării între utilizatori, aflați chiar la distanțe foarte mari.

Aplicațiile folosite în cadrul rețelelor, pot fi foarte ușor actualizate, ceea ce reprezintă costuri reduse pentru cei care folosesc rețelele respective.

Resursele hardware sunt limitate, în funcție de necesitățile celor care lucrează în rețeaua respectivă, iar configurarea sistemului poate ridica anumite probleme.

Începând cu anul 1960, au început să se dezvolte teorii precum cea a haosului sau a sistemelor complexe. Astfel sistemul complex, numit și "marginie-haos" este un domeniu în care s-a demonstrat și se dezvoltă, în continuare, că mici modificări în sistem pot conduce la soluții absolut divergente, de exemplu, aproximarea printr-o rotunjire a valorilor.

Alegerea tipului de structură de date în mod nepotrivit poate genera soluții ineficiente. Spre exemplu, utilizând o listă cu implementare statică, având un număr mare de elemente, timpul de execuție pentru realizarea unor operații permise cu aceasta, poate crește mult comparativ cu folosirea unei liste implementate dinamic.

Un tip de structură de date simplă este și graful. Acesta e format dintr-o pereche ordonată de mulțimi, prima mulțime fiind reprezentată de un număr finit de noduri, numite și vârfuri iar a doua mulțime este constituită din perechi de elemente aparținând primei mulțimi. Aceste perechi pot fi neordonate, când le numim muchii, sau ordonate, când le numim arce, ele făcând legătura dintre nodurile grafului respectiv. Când utilizăm muchii, considerăm că referirea se face la un graf neorientat, iar când folosim arce, ne vom referi la graful orientat.

O definiție a grafului este dată și de R. SEDGEWICK[12] „Graphs. A graph is a set of vertices and a collection of edges that each connect a pair of vertices. We use the names 0 through V-1 for the vertices in a V-vertex graph.”

Cu referire la cadrul general al tezei, rețelele complexe reprezintă unul din punctele cheie în tehnologia atât de dezvoltată la ora actuală și în care noutățile apar cu o mare rapiditate. Însăși rețelele complexe și teoria grafurilor permit, în condiții mult mai eficiente, obținerea unor analize de o valoare superioară, la care metodele clasice nu reușesc să le mai facă față.

Interesul cercetătorilor din toate domeniile științifice, pornind cu biologia, fizica, chimia, continuând cu științele sociale și nu în ultimul rând cu economia a crescut, deoarece fenomenele reale care apar, pot fi evidențiate cu multă ușurință, scoțând în evidență proprietăți care nu pot fi observate prea simplu în alte situații.

Rețelele complexe conțin un număr mare de elemente, distincte, care sunt legate între ele și în care se pot monitoriza anumite tipuri de interacțiuni. Modul în care relaționează anumite componente ale rețelei este aleator, conexiunile putând fi influențate de anumiți factori, ce pot fi chiar foarte diferiți iar distribuția spațială, în general, nu este omogenă și poate fi caracterizată de la restrânsă la foarte extinsă

Definiții în rețeaua complexă aș spune că sunt două aspecte, unul legat de **găsirea unei noi identități colective**, când vorbim de fenomenul de centralitate în rețeaua complexă, iar un al doilea se referă la **structurarea grupurilor**.

Cu ajutorul acestor sisteme complexe putem realiza modele care să reflecte realități, putem observa anumite proprietăți specifice a unei comunități din rețea.

Entitățile care relaționează în rețelele complexe pot reprezenta neuroni, persoane, cristale, diferite organizații, unele de natură economică, politică sau socială dar și alte categorii din diferite domenii științifice, culturale, sociale sau altele. Elementele rețelei pot fi selecționate și prelucrate în funcție de anumite particularități, de aici decurgând caracterul determinist al acestora.

În egală măsură pot fi studiate elementele rețelelor în anumite perioade, sub forma unor serii de timp însă ele se pot și influența bilateral.

Pornind încă de la L. Euler, în 1735, când acesta a căutat o soluție privind problema celor șapte poduri, cu referire la găsirea unor drumuri într-o rețea, P. Erdos și A. Renyi au căutat să contribuie la evoluția teoriei rețelelor complexe prin construirea, în 1960, a unui model pentru rețele complexe aleatoare.

Cercetările pe care le-am făcut prin prisma rețelelor complexe mi-au permis să obțin anumite soluții, unele prin analogie, în ceea ce privește dinamica financiară și economică din țara noastră dar și la nivel mondial, acestea fiind relatate în [13],[14],[15].

Întâlnim o anumită **clasificare**, ținând cont de anumite **topologii**, dar unele dintre ele nu pot fi considerate nici uniforme și nici aleatoare, ci ele dețin anumite particularități.

O clasificare este pusă în evidență în [16], [17]. Ea face referire la rețelele lumii mici dar și la cele libere de scală.

Putem astfel aduce în discuție un model al expunerii în timp a rețelelor complexe, studiind particularitățile acestora, pornind cu modelul lui Erdos-Renyi, al rețelelor aleatoare și continuând cu cel al rețelelor mici dar și ale celor de scală liberă[18].

Dacă facem referire la rețele mici[19], numite și "small-world" atunci se intervine în dinamica fenomenelor care au loc în rețelele respective. Aici se poate discuta de teoria celor "șase grade de separare". Putem exemplifica prin rețelele colaborative[10] din Figura 2.1.2.

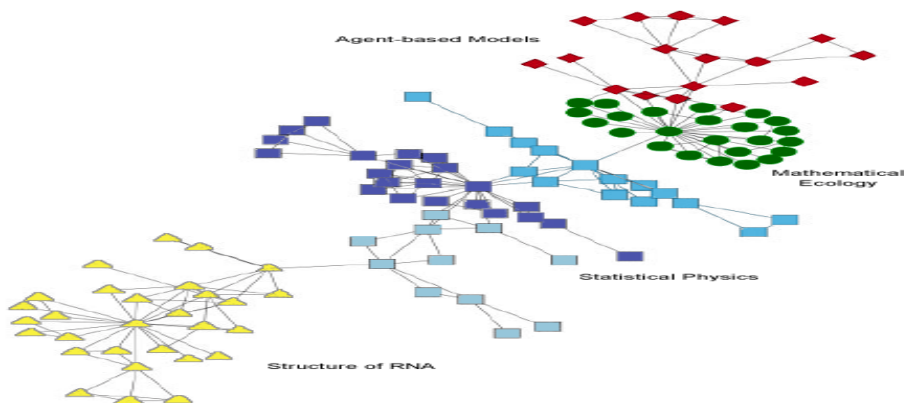


Figura 2.1.2 Model al unei rețele colaborative [10]

În ceea ce privește rețelele libere de scală, numite și "scale-free", A. BARABASI și colaboratorii au inițiat anumite cercetări cu privire la cartografierea rețelelor informaționale de tip „www”, spre a identifica anumite particularități.

Aceștia au observat că rețelele de acest tip au o anumită asemănare legată de distribuția gradelor, acest aspect fiind relatat și în [21], [22].

De aici putem desprinde o altă clasificare care privește natura rețelelor complexe și ne vom referi la rețelele informaționale, sociale, tehnologice și biologice.

Atunci când analizăm o rețea informațională știm că ea reprezintă o rețea de cunoaștere, cum este rețeaua de pagini web "World Wide Web". Și rețelele de citări fac parte tot din categoria acestor tipuri de rețele informaționale. Există și alte tipuri de rețele informaționale, unele se referă la semantici de limbaj.

În publicația [23] F. VEGA-REDONDO oferă un punct de vedere realizând o cercetare teoretică, aflată la intersecția dintre studiul de rețele complexe și analiza de rețele sociale. În cea mai mare parte cercetarea este o descriere matematică a proceselor inspirate de fenomene sociale care au loc în rețele.

Rețelele sociale se constituie în funcție de interesele anumitor grupuri de persoane, acestea fiind de natură științifică, organizațională, prietenie sau altele.

În Figura 2.1.3 avem un model de rețea complexă socială, ce reprezintă relațiile de prietenie dintr-o școală.

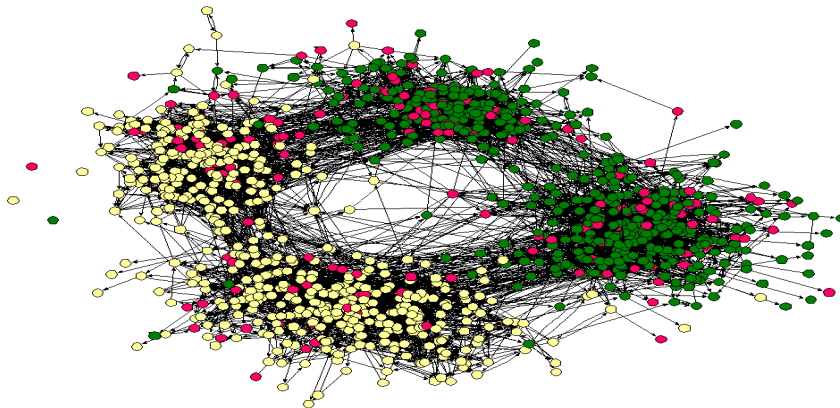


Figura 2.1.3 Model al unei rețele sociale(relațiile de prietenie într-o școală) [24]

Vizualizarea statică a unui model de rețea socială a unor persoane vorbind prin telefon (300.000 de clienți) este dat în Figura 2.1.4 de mai jos. Fiecare cerc este un client și fiecare linie este un apel între doi clienți. Rețeaua este foarte densă, o reflectare a lumii mici de rețele sociale[25].

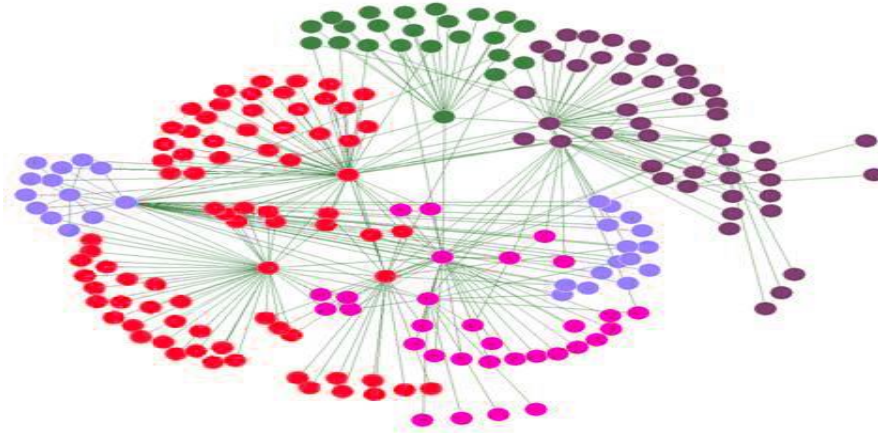


Figura 2.1.6 Model al unei rețele sociale nivel de bază [27]

În cazul rețelelor tehnologice putem aminti una din cele mai celebre rețele și anume rețeaua Internet. Tot în această categorie putem include rețeaua de drumuri a unei țări, rețeaua de transport comun a unui oraș și alte sisteme de această natură.

Atunci când analizăm natura umană, și nu doar aceasta, putem utiliza o rețea biologică știind că ea are strânsă legătură cu domeniul de cercetare al biologiei, deci cu toate laturile ei.

Este clar că vorbim de rețele cu aplicabilitate în diverse ramuri, precum cele din genetică (ele conținând anumite coduri genetice), sau rețelele în care putem determina anumite moduri de relaționare între neuronii sistemului nervos, ori când ne referim la mediu putem vorbi și despre rețelele ecologice, însă referirea poate fi făcută la orice alte sisteme corespunzătoare. Astfel în Figura 2.1.7, este dat un model ce desemnează o rețea neuronală.

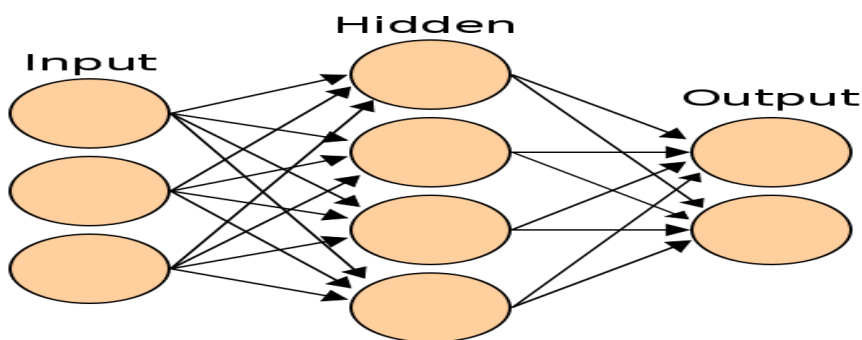


Figura 2.1.7 Model al unei rețele neuronale [28]

Dacă ne referim la o altă disciplină tehnică, precum chimia, putem utiliza și analiza rețele cristaline, precum cele atomice, cu deplasări statice sau variabile ale atomilor, având anumite tipuri de imperfecțiuni.

În ceea ce privește domeniul ales al cercetării, el sprijină partea de economie prin faptul că permite realizarea cu mare ușurință a unor analize afirmând astfel că avem rețele complexe economice, ele fiind exemplificate în partea de cercetare a acestei teze, unele din modele fiind cele din Figura 3.3.1 și Figura 3.3.2. [13].

Într-o publicație referitoare la teoria grafurilor și modele ale unor rețele economice, autorii M. D. KÖNIG și S. BATTISTON [29] ne oferă câteva exemple de grafuri neorientate din care am selectat și le citez pe cele cuprinse în Figura 2.1.8 a, Figura 2.1.8 b, Figura 2.1.8 c, fiecare cu câte 5 noduri, având un anumit tip, specificat în figura corespunzătoare dar și o reprezentare a unui graf orientat, cel din Figura 2.1.9 a, cu o reprezentare sub forma unei matrice de adiacență având 4 linii și 4 coloane iar graful orientat din Figura 2.1.9 b având 4 noduri și 5 arce. Autorii lucrării [29] fac referire și la un model de graf special numit graful Poisson, $G(n,p)$ din Figura 2.1.10, cu reprezentarea a două modele corespunzătoare.

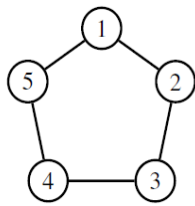


Figura 2.1.8 a-ciclu C5

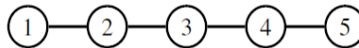


Figura 2.1.8 b-cale

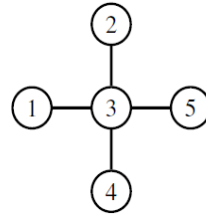


Figura 2.1.8 c-K1,4

Figura 2.1.8 Modele ale unor grafuri neorientate [29]

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Figura 2.1.9 a

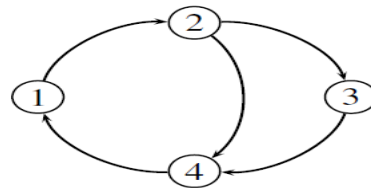


Figura 2.1.9 b

Figura 2.1.9 Modele ale unor grafuri orientate cu forme de reprezentare[29]

Găsim **literatură de specialitate** în așa zisa „noua știință a rețelelor” [19], în foarte multe domenii de activitate, lucrarea lui **R. ALBERT și A.-L. BARABÁSI**

atrăgând atenția asupra faptului că putem să modelăm și să reprezentăm, orice poate fi reprezentat ca o relație dintre entități. Relațiile sunt descrise, în teoria rețelelor complexe, cu ajutorul grafurilor, prin legăturile care există între nodurile din rețea. În loc să analizăm doar un set de numere, putem vizualiza relațiile dintre date și, în același timp, aplicând noi măsurători propuse, putem obține o perspectivă mai bună a influenței nodurilor variate asupra întregii rețele.

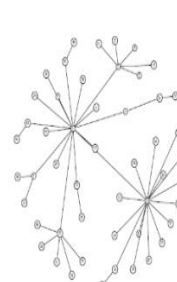
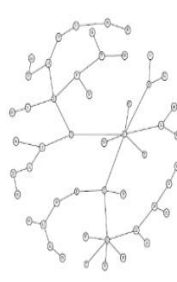
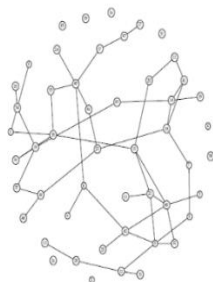
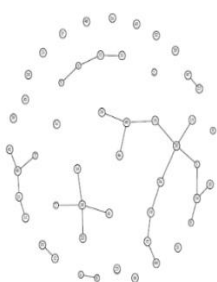


Figura 2.1.10 Modele ale unor rețele complexe [30]

Figura 2.1.11 Modele ale unor rețele aleatorii în creștere [30]

Un model al unor rețele aleatorii în creștere este cel din Figura 2.1.10, cu $n = 50$ de noduri având conexiuni uniformă (stânga) și cel din Figura 2.1.11 având conexiuni preferențială (dreapta). La acest model de rețea face referire M. GEIPEL [30].

Rețele de echilibru din Figura 2.1.12 sunt reprezentate pentru $n = 50$ agenți (fără îndepărtarea legăturilor în procesul de formare al rețelelor) în funcție de costuri. Sunt figurate rețele cu un cost mic $c = 0.1$ (stânga), cost intermediar $c = 0.2$ (mijloc) și cost ridicat $c = 0.5$ (dreapta). Acest model este preluat din M. D. KÖNIG, S. BATTISTON, S. NAPOLETANO, F. SCHWEITZER [31]. Ei au concluzionat că rețelele de echilibru sunt cu atât mai grupate dar mai sporadice cu cât costul c este mai mare.

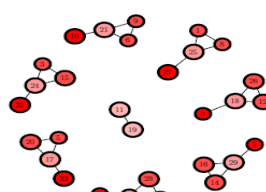
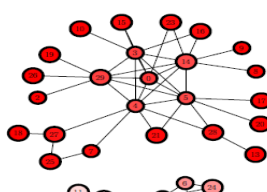
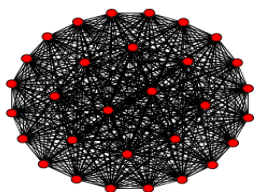


Figura 2.1.12 Modele ale unor rețele de echilibru [31]

O altă clasificare este legată de centralitate, putând să ne referim la modul în care sunt distribuite nodurile în rețea. Evident vom porni, ca un fel de unitate de măsură, cu poziția centrală, un exemplu în acest sens fiind dat în [32]. Analizăm situația din mai multe perspective. Una e dată prin ceea ce numim gradul de

centralitate, dat de numărul de conexiuni cu nodul în cauză, iar alta e dată prin influența pe care o exercită un nod asupra altor noduri[33]. Apropierea de poziția de centralitate e pusă în valoare în [34] iar influența nodurilor în rețea e pusă în valoare și de [35]. Am putea deduce două caracteristici și anume una legată de fluxul din rețea și una legată de fluența acesteia.

O altă împărțire privește felul în care sunt structurate comunitățile.

Identificarea structurii unei comunități este un domeniu complex de cercetare și de actualitate, iar autorii [122] consideră esențială localizarea informațiilor privind comunitatea. Ei aduc în discuție analiza scientometrică prin care reușesc să evidențieze tendințele actuale. Analiza scientometrică ne informează cu privire la categoriile de subiecte notabile, număr mare pentru citări autori sau la cele mai importante articole sau publicații. Unul din indicatorii scientometrici folosit este indexul de activitate. Folosirea unor **tehnici de rețea** ajută la găsirea evoluției domeniului iar relevantă este **determinarea celor mai influente noduri**.

Astfel, autorii din lucrarea [122] observă că M. Newman este cel mai citat autor în domeniul rețelelor iar un autor de referință, care studiază centralitatea, este Y. Wang, însă originea publicațiilor în domeniu este deținută de SUA. În privința detecției comunității ei susțin că rețelele actuale cresc exponențial în mărime, varietate și complexitate.

În [123] autorii afirmă că grupurile de noduri, care reprezintă comunitățile de noduri din rețea, sunt puternic conectate comparativ cu restul nodurilor din aceasta iar [124] susțin că nu se poate defini, în mod universal, structura comunității iar pentru rețelele de scală largă această problemă pare imposibilă.

2.2 Fundamente matematice și formule de calcul utilizate

Multitudinea evenimentelor care se desfășoară cu repeziciune în scena politică a întregii lumi are consecințe economice fundamentale în dezvoltarea tuturor statelor.

Într-o largă măsură, până la ora actuală, interpretările referitoare la date economice sunt rezultatul folosirii analizei matematice și a statisticii. Întregul domeniu al econometriei este plasat la intersecția dintre economie și matematică, în special statistica.

Studiul meu îmbină tehnologia rețelelor complexe cu elemente financiare care pot influența relațiile economice existente atât la nivelul țării noastre cât și la nivelul actual între țările lumii și în mod special pe cele aflate în interiorul Uniunii Europene.

Previzionarea unor rezultate, prin intermediul rețelelor complexe, asupra unor serii de timp, în cazul meu asupra indicatorului macroeconomic PIB, privind starea unei națiuni, a ratelor de schimb a unor monede din toată lumea, a operațiunilor de import-export din UE precum și a unor indicatori ai unor piețe bursiere cotați ca fiind de mare însemnătate, s-a făcut și încă se face și în aceste momente cu mare dificultate.

În foarte mare parte această previziune este realizată și la momentul de față prin instrumente și metode destinate analizelor statistice însă prin intermediul rețelelor complexe prelucrările se realizează cu mare ușurință.

Anticiparea viitorului e unul din obiectivele omenirii iar în cazul nostru, are o și mai mare importanță, fiind factorul determinant dintre bogăție sau pierdere.

În ceea ce privește seriile de timp sau dinamice dar și cronologice, în capitolul 11 din [97] sunt prezentate o serie de informații cu privire la acestea.

Astfel, prin fundamentare matematică, **seriile de timp** sunt considerate variabile aleatoare, în care anumiți factori reacționează neprevăzut și ele conțin valorile unor indicatori pe succesiuni de interval sau momente în funcție de o anumită scală.

Se prezintă forma generală a unei astfel de serii:

$$y_t = f(t), f: T \rightarrow S,$$

2.2.1

unde T reprezintă o înșiruire a intervalelor/momentelor, S reprezintă spațiul valorilor elementului supus analizei, iar f reprezintă o funcție care asociază fiecărui element supus analizei $t \in T$ o valoare din S , elementele selectate având aceeași unitate de referință.

Autorii din [97] fac și o clasificare a indicatorilor unor serii dinamice, aceștia putând fi considerați ca absoluți, derivați și medii.

Tot în [97] se face referire la serii de moment sau de stoc în care mulțimea momentelor este data de $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ și nu putem obține ceva semnificativ, ele fiind caracterizate ca o sumă a unor valori repetate astfel:

$$y_i = f(t_i), i = 1, \dots, n$$

2.2.2

Prin referire la seriile de interval de timp sau serii de flux, [97] consideră timpul T are forma:

$$T = \cup_{i=1}^n d_i \quad \mathbf{2.2.3}$$

unde d_i , cu $i = 1, \dots, n$, reprezintă anumite intervale de timp cu o lungime constantă notată $l(d_i)$ astfel că

$$l(T) = \sum_{i=1}^n l(d_i) \quad \mathbf{2.2.4}$$

iar pentru fiecare interval de timp d_i obținem o valoare ce reprezintă fenomenul analizat prin

$$y_i = f(d_i), i = 1, \dots, n \quad \mathbf{2.2.5}$$

În [100] seria de timp se definește ca o variabilă aleatoare care conține secvențe de valori reținute într-o anumită perioadă de timp, urmărind variația variabilei.

Autorii [100] și [101] aduc în discuție sau folosesc aspecte legate de unele caracteristici ale seriilor de timp ce conduc la realizarea unor analize econometrice. Amintim aici, frecvența, eșantionul, momentele și staționaritatea seriei de timp.

Frecvența se realizează din perspectiva periodicității urmărind aspecte zilnice, lunare, trimestriale sau anuale. În cazul în care se produc anumite ciclicități avem seriile sezoniere.

Eșantionul este o caracteristică a seriei de timp ce conține monstre ale acestei variabile aleatoare.

Se evidențiază 4 momente ale seriei de timp, mai exact **media**, **deviația standard**, **coeficientul de asimetrie** dar și **înălțimea distribuției**.

Considerăm că avem un număr de n probe p_i , cu $i = 1, \dots, n$ atunci media seriei se calculează prin formula:

$$\mathbf{Media} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad \mathbf{2.2.6}$$

iar dacă vom considera valoarea medie a eșantionului notată cu vm atunci vom avea o formulă a dispersiei probelor (dp):

$$dp = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - vm) * (p_i - vm)}{n-1}} \quad \mathbf{2.2.7}$$

Asimetria distribuției dp față de media sa vm se determină prin formula de calcul a coeficientului de asimetrie ca având forma următoare:

$$ca = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{(p_i - vm)}{ds} \right)^3 \quad \mathbf{2.2.8}$$

unde ds este coeficientul ce estimează deviația standard care se calculează prin următoarea formulă:

$$ds = dp \sqrt{\frac{n-1}{n}} \quad \mathbf{2.2.9}$$

Dacă avem o distribuție normală atunci $ca=0$.

În ceea ce privește cel de-al patrulea moment al seriei, mai precis înălțimea distribuției, pe care [100] o numește și Kurtotica, aceasta se determină prin formula:

$$h_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i - vm}{ds} \right)^4 \quad \mathbf{2.2.10}$$

Tot în [100] se afirmă că, în principiu, pentru date financiare, înălțimea distribuției este $h_s > 3$.

Dacă ne referim la o altă caracteristică, anume cea de staționaritate, adică de "șoc" a momentului, atunci variația seriei este constantă pe acea perioadă, la fel și media ei, ca de exemplu în cazul ratei inflației sau a PIB-ului dintr-o anumită perioadă.

Pe lângă noțiunile prezentate anterior mai există și alte elemente definitorii sau instrumente de analiză necesare pentru cercetare.

Corelația reprezintă o formă de măsurare a unor legături statistice între anumite variabile calitative, cantitative sau combinații ale acestora. Cu alte cuvinte putem afirma despre corelație că este o măsură a covarianței a două variabile împărțită la produsul deviațiilor lor standard.

Corelația poate fi privită sub **trei aspecte** și anume: **forma** sa liniară sau neliniară, **direcția** sa ce poate fi negativă sau pozitivă precum și **gradul de asociere** a variabilelor, cu valori în intervalul $[-1; 1]$, în funcție de aceasta asocierea fiind slabă sau puternică.

Coefficientul de corelație liniară Pearson determină gradul de asociere dintre două variabile cantitative continue sau discrete și exprimă astfel forța asocierii acestora.

Ținând cont de dicționarul de statistici [98] se obțin următoarele două definiții statistice legate de noțiunile de histogramă dar și de densitate, graficele oferind un câmp vizual puternic.

În prima definiție se precizează că "O **histogramă** este o diagramă care rezumă distribuția datelor. Pornind de la o împărțire în intervale de clase, histograma este o mulțime de dreptunghiuri având ca baze intervalele de clase și ariile proporționale cu numărul de observații aparținând intervalelor de clasă. Astfel, înălțimea unui dreptunghi este calculată ca raportul dintre numărul de observații din intervalul de clasă și lungimea respectivului interval. Axa verticală a unei histogramme este astfel o scală de densitate. În construcția unei histogramme".

În definirea scalei găsim în [98] că "Gradațiile axei verticale a unei reprezentări grafice (histogramă) sunt procentaje pe unitate de axă orizontală. Aceasta este denumită scală de densitate și măsoară cât de dense sunt observațiile în fiecare interval X."

Conform [94], histograma este definită ca fiind un grafic care conține dreptunghiuri ce simbolizează o distribuție statistică.

Tot în [94] este definită corelograma ca o modalitate de „reprezentare grafică a corelației dintre valorile variabile ale unui fenomen”.

În [99] M. FRIENDLY susține că există multiple instrumente statistice și tehnici clasice de evidențiere a relațiilor dintre variabile însă prea puține care permit o explorare vizuală. Autorul descrie două tehnici cu referire la **corelogramă**

evidențind valoarea și amploarea unor corelații. Găsirea valorii unei corelații se face pentru a determina semnul și magnitudinea acesteia iar reordonarea valorilor variabilelor, sub forma unei matrici de corelație, se face cu poziționarea lor adiacentă, observând simetria și schimbând percepția iar variabilele "similare" să fie poziționate în apropiere.

Cercetarea mea este determinată și de rezultatele studiilor obținute de R. N. MANTEGNA [56]. Acesta a realizat construirea unei **matrici de corelație** bazată pe comerțul de acțiuni și tranzacții. Metodologia lui a permis construirea de grafuri corespunzătoare, cu referire la interacțiuni comerciale pe care le-a calculat cu "minimum spanning tree".

În [105], cercetătorul N.E. HELWIG, face referire la simetria valorilor elementelor din matricea corelațiilor, aceasta fiind o matrice care are valoarea 1 pe diagonala principală.

Matricea corelațiilor are forma de mai jos:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1c} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2c} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{c1} & r_{c2} & r_{c3} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{2.2.11}$$

iar formula de calcul a corelației Pearson este dată de :

$$r_{tp} = \frac{S_{tp}}{S_t * S_p} = \text{COR}(x_t, x_p) \quad \mathbf{2.2.12}$$

Sub o altă formă, cu mt și mp fiind valori medii eșantion, avem formula corelației dată sub forma:

$$\text{COR}(x_t, x_p) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{it} - mt)(x_{ip} - mp)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{it} - mt)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ip} - mp)^2}} \quad \mathbf{2.2.13}$$

iar valoarea corelației Pearson între variabilele x_t și x_p este :

$$\text{COR}(x_t, x_p) = \begin{cases} 1, & \text{dacă } t = p \\ r_{tp}, & \text{dacă } t \neq p \end{cases} \quad \mathbf{2.2.14}$$

Pentru a calcula matricea de corelații [105] folosește formula:

$$\mathbf{R} = \frac{1}{n} * \mathbf{X}'_s * \mathbf{X}_s, \text{ unde } \mathbf{X}_s = \mathbf{MC} * \mathbf{X} * \mathbf{D}^{-1} \quad \mathbf{2.2.15}$$

unde n reprezintă numărul de linii a lui \mathbf{X} , \mathbf{MC} denotă o matrice centrată iar \mathbf{D} este o matrice cu scalare diagonală determinate prin:

$$\mathbf{MC} = \mathbf{I}_n - n^{-1} * \mathbf{1}_n * \mathbf{1}'_n \text{ iar } \mathbf{D} = \text{diag}(S_1, S_2, \dots, S_c) \quad \mathbf{2.2.16}$$

iar matricea standard, cu m_{x_i} , valoarea medie a unui eșantion i , unde $i=1, \dots, n$ are forma următoare:

$$\mathbf{X}_s = \begin{pmatrix} (x_{11} - mx_1)/s_1 & (x_{12} - mx_2)/s_2 & \dots & (x_{1c} - mx_c)/s_c \\ (x_{21} - mx_1)/s_1 & (x_{22} - mx_2)/s_2 & \dots & (x_{2c} - mx_c)/s_c \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (x_{n1} - mx_1)/s_1 & (x_{n2} - mx_2)/s_2 & \dots & (x_{nc} - mx_c)/s_c \end{pmatrix} \quad \mathbf{2.2.17}$$

Exprimându-ne conform relației Cauchy-Schwarz avem inegalitatea

$$S_{tp}^2 \leq S_t^2 * S_p^2 \quad \mathbf{2.2.18}$$

inegalitate pe care o transform și care va conduce la următoarele forme:

$$\frac{S_{tp}^2}{S_t^2 * S_p^2} \leq 1 \Rightarrow r_{tp}^2 \leq 1 \Rightarrow |r_{tp}| \leq 1 \quad \mathbf{2.2.19}$$

Continuarea cercetării este realizată și prezentată de M. TUMMINELLO, T. ASTE, T. DI MATTEO, R. N. MANTEGNA [57]. Aceasta a implicat generarea unui **graf planar maximal**, care oferă cercetătorilor din domeniu mai multă informație.

Factorul cel mai relevant în construirea grafului este marcat de găsirea corelației dintre seturi de informații diferite.

Considerând problemele corelației standard, autorii D. Y. KENETT, M. TUMMINELLO, A. MADI, G. GUR-GERSHGOREN, R. N. MANTEGNA, E. BEN-JACOB [58] prezintă o modalitate de construire a unor matrici de corelație bazate pe o corelație parțială.

Se utilizează un element remarcant din lucrarea celor menționați anterior, și anume, un așa numit "prag" pentru a elimina datele necorelate sau cele care sunt corelate într-o foarte mică măsură dar și pentru a găsi o reală explicație în privința celor necorelate.

Cercetarea autorilor menționați anterior se bazează pe un volum mare de date, văzut ca o foarte bună platformă de testare, mai ales pentru că există un număr mare de observații și, în același timp, pentru că acestea sunt considerate o corectă reprezentare a unei stări economice.

Un alt fenomen care apare este legat de fenomenul de **modularitate** pe care îl întâlnim în detecția comunităților.

În [125] se consideră că modularitatea măsoară puterea divizării rețelei în comunități. Modularitatea se aplică optim pentru a găsi structura unor comunități din rețele. Dacă valoarea modularității este mare atunci există conexiuni dense între nodurile comunității, un exemplu în acest sens constituindu-l rețelele biologice.

Modularitatea este definită în [125] ca fiind secvența de muchii care se încadrează în grupurile de date mai puțin muchiile ale căror distribuție este aleatorie.

Există diferite modalități de calcul pentru modularitate, aceasta având valori în intervalul [-1;1] iar dacă numărul de muchii din grupare depășește o valoare previzionată atunci ea este pozitivă.

Tot în [125] modularitatea Q este definită ca o fracțiune de muchii care se încadrează în comunitatea numerotată cu 1 sau cea numerotată cu 2, mai puțin numărul așteptat de muchii aleatoare din graf, cu aceeași distribuție a gradului fiecărui nod ca cel al rețelei date.

Prima formulă folosită de Girvan și Newman în 2004 este evidențiată și în [122](2.2.20) care prezintă și alte formule de calcul ale modularității precum cea a lui Erdos și Renyi(2.2.21).

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{ij} - \frac{x_i x_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j) \quad GN \quad 2.2.20$$

unde m reprezintă numărul de muchii, A_{ij} este 1 dacă există legătură între vârfurile i și j , x_i este gradul vârfului i , x_j este gradul vârfului j , C_i este comunitatea vârfului i , C_j este comunitatea vârfului j , iar $\delta(C_i, C_j)$ are valoarea 1 dacă i și j sunt din aceeași comunitate, respectiv 0 în caz contrar.

În cazul Erdos-Renyi avem formula 2.2.21:

$$Q = \frac{1}{2W} \sum_{i,j} \left[w_{ij} - \frac{K_i^{OUT} K_j^{IN}}{W} \right] \delta(c_i, c_j) \quad ER \quad 2.2.21$$

unde w reprezintă greutatea totală a tuturor legăturilor din rețea, w_{ij} reprezintă greutatea legăturilor dintre nodurile i și j iar K_i^{in} este gradul interior al vârfului i și K_i^{out} este gradul exterior al vârfului i . iar $\delta(C_i, C_j)$ are valoarea 1 dacă i și j sunt din aceeași comunitate, respectiv 0 în caz contrar.

Cu referire la algoritmi de modularitate în rețea se evidențiază multe studii precum cele realizate în [151], [152].

Astfel, în [151], autorii susțin că ei, ca parte din realizatori ai software-ului Gephi, au dezvoltat un algoritm pentru Gephi, numit Force Atlas2, care să îmbunătățească cercetarea în ce privește transformarea rețelei în forme de reprezentare spațială, precum hărțile, referindu-se în mod special la rețele fără scală, având un număr de 10 noduri minim și 10000 noduri maxim.

Lucrarea se adresează atât utilizatorilor Gephi cât și cercetătorilor.

Structura algoritmului Force Atlas2 este un "layout" care se bazează pe forță dar are și constrângeri. Autorii din [151], propun un punct de referință, denumit și "benchmark", care să fie ca o concesie între caracteristicile de calitate și performanță. Aceștia simulează un sistem fizic având drept scop structurarea rețelei. Nodurile din rețea se resping reciproc în timp ce muchiile își atrag nodurile. Ca o măsură, nodurile vor fi poziționate în funcție de celelalte noduri ținând cont de legături dar neținând cont de alte atribute. Aceste forțe duc la o mișcare care se dorește a fi echilibrată. Configurația finală prezintă un avantaj precum cel de asigurare a unei noi modalități de interpretare a datelor. Apar și anumite dezavantaje precum faptul că rezultatul este variabil, depinzând de starea inițială, poziția nodului putând fi interpretată doar comparativ cu cea a altor noduri și se poate ajunge la blocaje în rețea, generate de un minim local, procesul fiind nedeterminist.

În [77] NEWMAN propune o măsură imparțială a acestor tipuri de grupări numită modularitate.

Revenind la [151], Algoritm de forță Force Atlas2 se bazează pe formule de calcul, atât pentru determinarea forței de atracție cât și pentru a forței de respingere, iar acestea implică găsirea distanței geometrice dintre noduri (și în cazul altor algoritmi precum cel al lui Fruchterman-Rheingold), forțele depinzând astfel de distanțele dintre nodurile care interacționează (Figura 2.2.1).

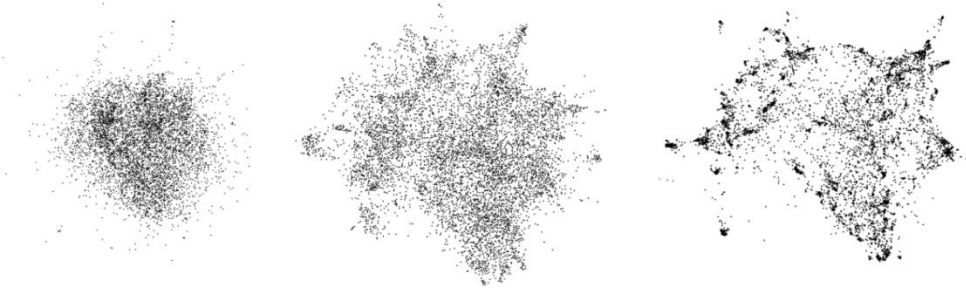


Figura 2.2.1 Layout pentru diferite tipuri de forță[151]
(Fruchterman-Rheingold[153] ($a-r=3$), ForceAtlas2 ($a-r=2$) and the LinLog[154] mode of ForceAtlas2 ($a-r=1$).)

Metoda scalării este bazată tot pe forțe de atracție, aici intervenind constantele de atracție k_a , ce scad forma de reprezentare spațială, respectiv constanta de respingere k_r , ce crește forma de reprezentare spațială autorii constatând că ar fi util doar un parametru. Scalarea nu mărește imaginea dar afectează distanța și dimensiunea dintre componente(Figura 2.2.2) [151].

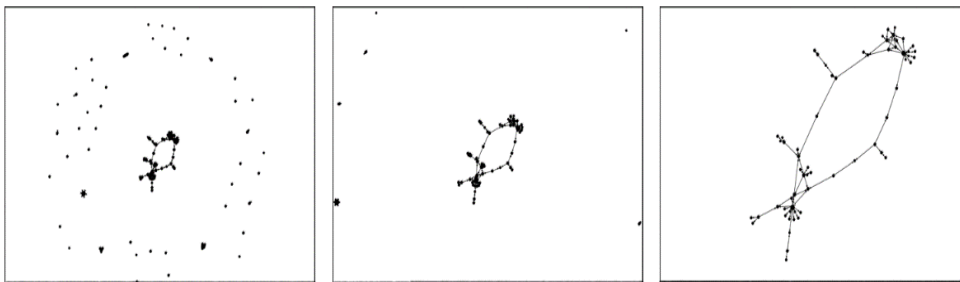


Figura 2.2.2 ForceAtlas2 cu scalare la 1, 2 și 10[151]

Perioada actuală, prin evoluția noii tehnologii, impune, implicarea tot mai dinamică, a rețelelor complexe[73],[74], în dezvoltarea mondială, pornind de la relații, de orice natură, ce se pot construi, între diversele țări, grupări sau orice entități, de un anumit nivel.

Pornind de la matematici discrete, elemente de algebra liniară, teoria probabilităților, statistică și ecuații diferențiale, continuând cu teoria grafurilor și implementarea unor algoritmi în anumite limbaje de programare, toate aceste elemente permit progresul și dezvoltarea.

Importanța rețelelor este marcată și în [75],[76] fiind de o mare însemnătate și în ceea ce privește latura economică [78], [81].

Noutatea cercetării este evidențiată mai ales de folosirea rețelelor complexe, reprezentate de această dată, prin grafuri orientate, creând noi tehnici și modele ce permit dezvoltarea relațiilor în ceea ce privește comerțul internațional, de la importuri și până la exporturi în Uniunea Europeană, datele prelucrate permițând o clasificare și comparații din diverse țări și economiile lor, în funcție de structura rețelelor.

2.3 Perspectiva economică

Într-o lume modernă societatea nu poate supraviețui fără o strânsă legătură între tehnologii și economie.

Economia are un rol decizional în viața cotidiană. Orice facem și oricum alegem să ne trăim viața, trebuie să luăm în considerare toate aspectele economice care intervin în societate. De la cumpărăturile de zi cu zi și până la începerea unei afaceri, orice decizie pe care o luăm este influențată de economie.

Multe aspecte legate de economie, pornind cu cea agrară și continuând cu cea de la finanțe și prețuri, de la prognoze și cercetări economice, atât la nivel național cât și la nivel mondial sunt cuprinse în [36].

O mare preocupare există, la ora actuală, pentru felul în care funcționează economia mondială, cea europeană dar și cea națională. Modalitatea în care este realizată diviziunea mondială a muncii, felul în care sunt dezvoltate relațiile economice, atât la nivel internațional cât și național, maniera în care este dezvoltată cercetarea științifică, sunt de o reală și maximă importanță.

Economia mondială are la bază **piața**, aflată într-o permanentă schimbare și o reală expansiune.

Încă de la începuturile istoriei este evidențiat comerțul, chiar și la distanțe mai mari, prin schimburile și tranzacțiile care se făceau, mai ales la nivel microeconomic.

Revoluțiile burgheze dintre secolele XVII-XIX, dar în mod special revoluția industrială din Anglia, de la sfârșitul secolului al XVIII-lea, au creat premise pentru desfășurarea unor activități la nivel macroeconomic, acestea conducând pentru prima dată la formarea economiilor naționale.

În acea perioadă au fost puse în valoare primele schimburi internaționale și au fost dezvoltate politici economice care să promoveze schimbul liber.

Au existat mai multe etape care au permis mondializarea economiei.

O primă etapă se consideră a fi cea a apariției economiei internaționale, rezultate din comerțul exterior și echilibrarea balanței comerciale a statelor implicate.

O altă etapă se remarcă din modul în care s-au făcut investițiile externe de capital pentru a stabili balanța de plăți externe, impunându-se totodată anumite politici economice.

Este creată astfel o organizație productivă, ce cuprinde țările mai puternic dezvoltate, majoritatea din Europa, foarte puține din America de Nord, Asia și doar una din Africa.

Această Organizație de Cooperare și Dezvoltare Economică, numită și OCDE, are ca obiective să păstreze o stabilitate financiară în grup și să promoveze diversele politici economice menite să ducă la o reală creștere economică. Se promovează o economie bazată pe dezvoltarea și aplicarea tehnologiei informației, în toate ramurile ce cuprind activitățile care se impun.

Educația în aceste țări OCDE este promovată la cel mai înalt nivel, produsele de consum au o mare calitate, la fel ca și cele care sunt exportate.

SUA este considerată ca având cea mai mare putere economică mondială, aceasta având foarte multe resurse naturale, urmată fiind de Japonia, o țară care își păstrează tradițiile cu mare atenție.

Este constituit un grup de țări puternic industrializate "G-7", din care, pe lângă cele două state amintite anterior, au mai fost asociate Germania, Marea

Britanie, Franța, Italia, Canada, însă SUA avea cel mai mare PIB, comparativ cu celelalte state din grup, Japonia fiind afectată de criza ce a cuprins Asia.

Apoi grupul se extinde la "G-8", fiind inclusă și Rusia în grup, datorită politicilor, în special militare, pe care aceasta le-a dus de-a lungul vremii, dar și pentru că acest stat deține numeroase resurse naturale.

Toate țările lumii funcționează într-o piață internațională, considerându-se că globalizarea este absolut necesară, deși există păreri pentru, dar și împotriva acestei internaționalizări. Totuși, schimburile de idei, care se fac cu rezeziune, inovațiile, serviciile, ofertele de muncă care se găsesc pe tot mapamondul, consumul, activitățile din sfera producției, legăturile comerciale, schimburile economice, uneori imprezibile, ne fac să înțelegem importanța acestui fenomen, în dezvoltarea unei națiuni, care nu poate supraviețui fără a avea legături cu celelalte state ale lumii.

Perspectiva acumulată a acestui sistem economic, în mare parte abstract, este observabilă la cel mai înalt nivel prin intermediul macroeconomiei, o relatare în acest sens fiind susținută în [37] de către P. DORMAN.

Entitățile juridice și fizice, implicate în majoritatea activităților economice, se găsesc, în permanență, într-o reală concurență, de aceea este necesară o analiză economico-financiară de o complexitate crescută, referitoare la mediul economic, având în vedere dinamismul acestuia.

O **analiză economico-financiară** trebuie să conțină diferite noțiuni, tehnici și instrumente care să permită investigarea stării economice, observând nivelul calitativ în condiții de piață.

Se impun câțiva pași în conceperea unei analize de acest tip. Se pornește de la un set de informații care trebuie prelucrate, încercând să se determine cauzele interne și externe care au generat fenomenul, urmând să se stabilească un plan de acțiune care va fi aplicat și în urma căruia se vor urmări rezultatele și se vor trata erorile apărute.

Analiza poate fi făcută în mai multe moduri.

Dacă urmărim evoluția fenomenelor economico-financiare într-o perioadă de timp atunci putem realiza atât o analiză statică cât și una dinamică.

Dacă ne referim la nivelul unei entități atunci putem realiza o analiză microeconomică sau macroeconomică.

Indiferent de tipul de analiză pe care o alegem trebuie să ținem cont de un sistem de indicatori care ne permit să o realizăm. Aceștia țin de resurse și de consum, de rezultate și de eficiență.

Un proces de analiză permite comparația cu un etalon de referință și construiește un model aplicabil căruia îi dă o anumită formă de reprezentare.

O analiză macroeconomică oferă posibilitatea aflării relațiilor dintre diverșii jucători cheie în schimburi economice și, mai ales, influențele transversale cauzate de acești jucători pe scară largă. Există soluții clasice la aceste probleme în literatura de specialitate iar acestea se bazează, de cele mai multe ori, pe statistici.

Macroeconomia este privită de economiștii STIGLITZ și WALSH[38] ca un ansamblu care se reflectă în economie, pe de o parte, prin efectele politicilor guvernamentale iar pe de altă parte prin studiul șomajului și al prețurilor dar și al angajării tuturor celor ce îndeplinesc condițiile de a reprezenta forța de muncă.

Fenomenele economice au ajuns la o scară ce depășește puterea de înțelegere și analiză a unui individ, chiar dacă individul este preocupat și încearcă să își dezvolte o cultură în ceea ce privește educația economică și mai ales cea financiară.

Aceste fenomene pot fi investigate, într-un timp mult mai scurt, prin intermediul rețelelor complexe, evoluția societății fiind marcată de schimbări radicale, atât în domeniul științei calculatoarelor cât și în plan economic, astfel încât suntem martori, în ultimele decenii, ai unei integrări din ce în ce mai puternice a mijloacelor IT.

Dezvoltarea este determinată de volumul mare de date cu care se confruntă societatea la ora actuală, la toate nivelurile, nu numai economice, dar și de numărul mare de parametri care intervin în aceste fenomene.

Este necesară cunoașterea, în aceeași măsură, a trăsăturilor și caracteristicilor de bază ale țărilor cu o economie bine dezvoltată dar și politicile majore prin care sunt guvernate aceste țări, cu un potențial economic ridicat.

Economiile naționale pot fi privite ca subsecvențe ale economiei mondiale.

Modul în care oscilează și evoluează factorii de producție, progresul pe care încearcă să îl facă atât entitățile juridice cât și cele fizice ale unei națiuni, schimburile de piață care se realizează, respectând reguli comune, provocările care apar prin folosirea investițiilor de capital, toate acestea conduc la creșterea echilibrului economic și politic internațional. Acest echilibru, prin influența diversilor factori, uneori contradictorii, este relativ și dinamic în același timp.

Acest ansamblu de activități umane, desfășurat în sfera producției, serviciilor, distribuției și consumului, numit economie, încearcă să maximizeze rezultatele, atât la nivel microeconomic, aplicând o teorie bugetară a producției și a prețurilor la nivel de individ, cât și la nivel macroeconomic, când comportamentul economic este privit ca un întreg, care încearcă să găsească explicații referitoare la oscilațiile care apar, de exemplu în rata inflației, venitul total, creșterea sau descreșterea economică, gradul de ocupare și productivitate a forței de muncă precum și alte mărimi macroeconomice.

Teoriile economice au ca scop îndeplinirea tuturor exigențelor economice, la cel mai înalt nivel, chiar dacă majoritatea fenomenele economice au un caracter dinamic și reprezintă consecințe ale acțiunii umane.

În **procesele economice** intervine avantajul comparativ. Astfel, dacă un producător realizează, în modul cel mai eficient, un bun de calitate, la un preț cât mai mic, și îl pune la dispoziția unui alt producător de bunuri de altă natură, care realizează produse conform acelorași principii, bunuri necesare primului producător, atunci există un avantaj în ambele direcții.

Producătorii se aleg în funcție de soluțiile optime pe care le oferă.

Fluctuația prețurilor are însă efecte și asupra volumului producției.

Așa cum producătorul urmărește să obțină un profit maxim, la fel și consumatorul dorește să își crească activitatea de consum, de aici generându-se o teorie a profitabilității economice.

În cazul fenomenelor economice este importantă previziunea și analiza factorilor care le influențează. Majoritatea deciziilor și acțiunilor noastre sunt influențate de diverși factori economici, cu un accent foarte mare pe indicatorii economici.

Macroeconomia folosește elemente care permit funcționarea ei în ansamblu. Aceste mărimi stau la baza formării **indicatorilor economici**, a modelelor, și intervin în evoluția proceselor economice. Se pot evidenția câteva elemente esențiale precum venitul, consumul, de la cel intermediar la cel final, cererile și ofertele bunurilor și serviciilor, acestea fiind considerate ca obiecte ale consumului, prețurile, capitalul, investițiile, balanța comercială prin importurile și exporturile ce se realizează.

Principalii indicatori macroeconomici sunt exprimați valoric prin ceea ce se numește valoare monetară.

Cel mai important indicator macroeconomic pentru o națiune este produsul intern brut **PIB**. Acesta reprezintă valoarea economică totală obținută într-un an ce conține toate bunurile și serviciile produse.

El reprezintă valoarea de piață obținută din toate mărfurile și serviciile vizibile în consumul final care se realizează în economia unei țări, în general pe o perioadă de un an.

O formulă în acest sens ar fi:

$$PIB = C + I + EX - IM, \quad 2.3.1$$

unde C reprezintă consumul, care începând cu Keynes este considerat a fi format din suma dintre consumul privat și cel din sectorul public, I reprezintă investițiile unui stat, iar EX și IM reprezintă exporturile și importurile unui stat în perioada considerată, implicit un an.

O altă referire la produsul intern brut PIB, este dată și în [114]. În acest sens o definiție și două metode de calcul ale acestuia sunt: "Produsul intern brut trimestrial la preț de piață (PIBT), principalul agregat macroeconomic al contabilității naționale, reprezintă rezultatul final al activității de producție al unităților productive rezidente, în decursul unei perioade, respectiv un trimestru. Produsul intern brut trimestrial la preț de piață se estimează prin două metode:

a) metoda de producție:

$$PIBT = VAB + IP - SP, \quad 2.3.2$$

unde: VAB = valoarea adăugată brută la preț de bază, IP = impozitele pe produs, SP = subvențiile pe produs

b) metoda cheltuielilor:

$$PIBT = CF + FBC + E - I, \quad 2.3.3$$

unde: CF = consumul final efectiv, FBC = forma brută de capital, E = exportul de bunuri și servicii, I = importul de bunuri și servicii."

Este de un real interes să poată fi făcută o analiză cât mai precisă asupra structurii piețelor financiare globale care să permită funcționarea cât mai eficientă a acestora.

Cei mai importanți factori care influențează piața sunt cei economici, politici, sociali dar și cei naturali.

Referindu-mă la o serie de factori naturali știm că războaiele, calamitățile naturale, atentatele impun de multe ori costuri uriașe prin refacerea infrastructurii dar conduc și la deprecierea monedei țărilor respective, acești factori fiind numiți și factori de forță majoră.

Activitatea economică poate fi perturbată și prin declarații politice, discursuri și ședințe, crize geopolitice, schimbări de regim, aceste elemente aducând de cele mai multe ori instabilitate.

Piața financiară, compusă atât din piața monetară cât și din piața de capital utilizează activele comerciale respectiv activele financiare. În acest mod capitalurile sunt direcționate spre modernizarea economiei naționale dar folosește și tehnici moderne când transferă și realocă fonduri bănești.

Aplicând diverse tehnici, aflate la intersecția dintre econometrie, statistică, teoria probabilităților, teoria grafurilor și rețelele complexe, în ansamblul lor, putem contribui la **îmbunătățirea instrumentelor de analiză financiară** ale unor factori cheie, sistemele fiind dinamice, însă cu un echilibru instabil, datorat numărului mare de parametri.

România a introdus procedee și concepte noi, utilizate în țările care au o economie de piață avansată și cu toate acestea, economia țării noastre nu își găsește echilibrul financiar, concluzionând astfel că nu a luat în calcul toate elementele specifice necesare propriei dezvoltări, cu particularitățile ei.

Prin dezvoltarea rețelelor complexe se poate îndrepta atenția și asupra problemelor economice.

Aplicând anumiți algoritmi se pot observa, cu mare ușurință, atât aspecte negative ale diferitelor economii dar și cele pozitive, urmărindu-le cu mare atenție și oferind posibilități de corecție, în ce le privește pe cele negative, realizând comparații prin înlănțuirea cauzelor și efectelor acestor economii.

Schimbările de activități, reprezentând bunuri și servicii, ale unei țări, cu alte țări, reprezintă ceea ce numim comerțul internațional. Acesta poate fi privit din două perspective și anume, comerțul propriu-zis dar și așa numitul comerț invizibil.

Prima formă cuprinde operațiuni comerciale propriu-zise, prin vânzarea și cumpărarea de produse, aceasta reprezentând la noi circa 80% din totalitatea fluxurilor comerciale.

Comerțul invizibil este realizat prin operațiuni de cooperare economică dar și tehnico-științifică, în fapt depozitându-se mărfuri, sau asigurări de asistență tehnică, turism și altele, toate acestea constituind restul fluxurilor.

În această categorie intră și acele descoperiri ne brevetate încă, numitele secrete "know-how", referirea făcându-se la contractele încheiate care sunt ocrotite de lege, aceste contracte reprezentând taine financiare, taine de fabricație sau management și nu numai, aspecte confidențiale ce privesc statul de drept.

2.4 Tehnici de detecție a comunităților

În rezolvarea problemelor de rețea intervin două categorii mari de **algoritmi**, cei **determiniști** și cei **probabiliști**.

Algoritmii determiniști pot să fie exacti, adică să ofere o soluție precisă, sau pot fi euristici, când soluția oferită este aproximativă.

În cazul tehnicilor probabiliste scopul aplicării lor este de a găsi modele probabiliste adică distribuții de probabilitate, datele fiind generate printr-un proces stohastic, o distribuție de probabilitate conținând o grupare.

Se disting algoritmi bazați pe modele probabiliste cum este cel cunoscut sub denumirea "EM-Expectation Maximization" [143]. Pentru metoda EM selecția datelor generate cu o distribuție de probabilitate se face cu o anumită probabilitate.

La ora actuală, una din marile probleme care apar în rețelele complexe o constituie însă detecția grupurilor de noduri, care reprezintă comunități ce au caracteristici comune. Dacă grupările nu sunt corect definite atunci este foarte dificilă identificarea lor.

Cu toate că există tehnici de detecție și algoritmi care să găsească aceste comunități, aceasta se face cu dificultate, optimizările făcându-se greu, câteva din aceste metode de detecție fiind prezentate mai jos și sunt rezumate în Figura 2.4.1.

Validarea unui **algoritm de detecție de comunități**, conform[126], înseamnă analizarea unui set de rețele(din lumea reală sau generate de un algoritm) având o structură de comunități deja cunoscută (setul de referință) în vederea obținerii unei descompuneri pe comunități. Unul dintre cele mai cunoscute "benchmark-uri" este GN (Girvan și Newman), care este un caz special de partiționare a unei rețele cu 128 de noduri și comunități de mărime egală. Atunci când numărul de legături dintre un nod și alte noduri din grupuri diferite este mai mic de 8, cele patru grupuri sunt comunități "puternic definite". În aceste condiții validarea algoritmului presupune identificarea acelor comunități în mod fidel.

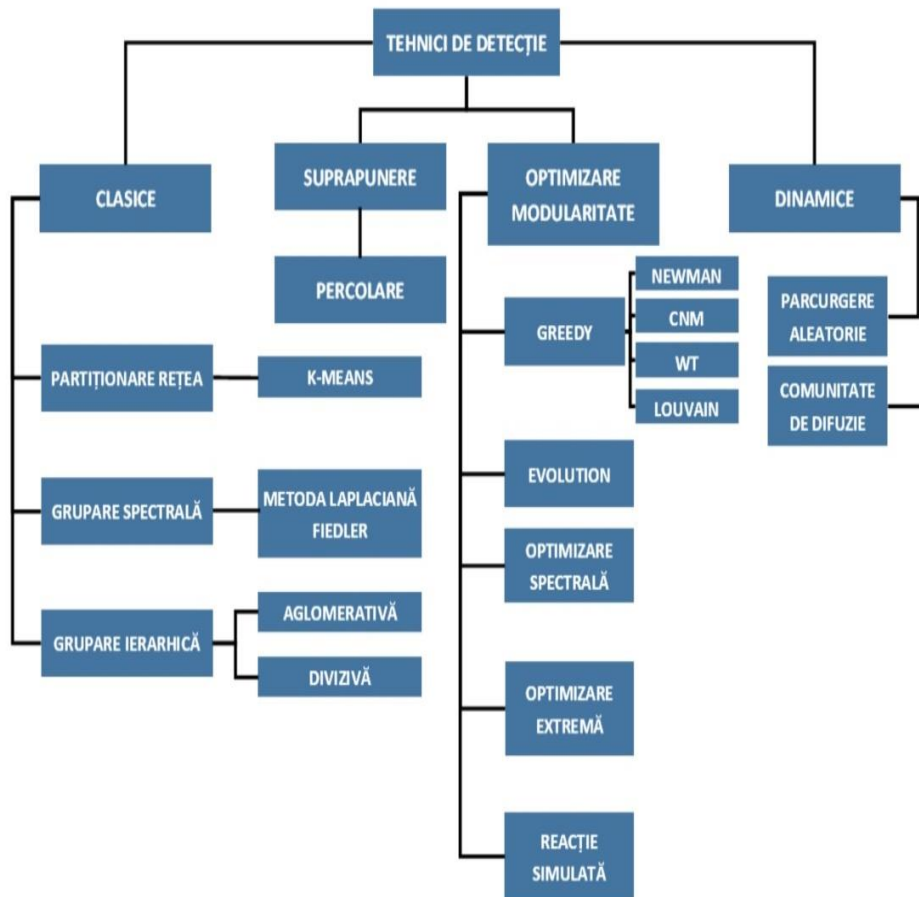


Figura 2.4.1. Schema de prezentare a unor tehnici detecție grupuri

2.4.1 Tehnici clasice de detecție a comunităților

Dacă ne referim la **tehnicile de detecție clasice**, consacrate, putem evidenția modalități precum partiționarea grafului, grupările spectrale sau cele ierarhice dar și algoritmi aglomerativi și divizivi .

- Partiționarea grafului presupune divizarea acestuia în grupuri cu dimensiuni predefinite, astfel încât numărul de legături dintr-un grup să fie mai dens decât numărul de muchii dintre comunități[119].

Algoritmii bazați pe partiții necesită însă cunoașterea, de la început, a numărului de grupări, aceasta reprezentând o limitare. Unul din algoritmi partiționali destul de cunoscuți este K-Means[128], bazat pe prototipuri ce minimizează suma pătratelor erorilor. Acesta elimină grupările mici, descompune grupările cu mare variabilitate și reunește grupări apropiate. Complexitatea lui este $O(nra \cdot nrd \cdot K \cdot nr \text{iterații})$, unde nra reprezintă numărul de atribute, nrd semnifică numărul de date iar K numărul de grupări. Există însă limitări atunci când datele nu sunt destul de bine separate sau au forme "sferice" iar în aceste cazuri se recomandă aplicarea unor algoritmi specifici grupărilor bazate pe densitate iar aici problema constă în estimarea densității. O altă limitare este dată și de faptul că pot exista date care au erori sau care sunt neobișnuite, caz în care în rezultat pot apărea mici deviații față de cel corect.

- Gruparea spectrală include tehnicile ce utilizează vectori proprii ai matricelor în scopul divizării setului de puncte de date bazate pe similaritatea dintre ele [119]. Un exemplu în acest sens îl constituie metoda laplaciiană de partiționare spectrală a lui FIEDLER [127].

- Dacă fiecare comunitate conține o colecție de mici grupări la diferite nivele atunci graful poate conține o structură ierarhică iar gruparea se numește ierarhică [129]. În grupările ierarhice tehnicile de detecție se bazează pe măsura de similaritate a vârfurilor.

În algoritmi ierarhici se construiesc ierarhii de partiții. Se disting două tipuri de algoritmi, mai precis, cei aglomerativi și cei divizivi.

Cu privire la metoda aglomerativă se pleacă de la o singură dată din partiția de grupări apoi se reunesc, în mod repetitiv, grupurile cu aceeași similaritate până se formează un singur grup[119],[129].

Când algoritmul ierarhic este diviziv se pleacă de la o partiție ce cuprinde un singur grup dar care are toate datele și folosește o tehnică partițională (spre exemplu metoda K-Means) asupra grupurilor mari, repetitiv, până se formează grupări ce dețin câte o singură dată. Un alt exemplu de astfel de algoritm este și Girvan-Newman[10] unde muchiile sunt eliminate în mod iterativ, în funcție de un punctaj intermediar și tehnica lui Radicchi și colaboratorii, se menționează în [130].

2.4.2 Tehnici de detecție a comunităților prin suprapunere

O tehnică mai puțin obișnuită de detecție a comunităților o constituie **suprapunerea** care nu poate fi realizată prin tehnici tradiționale, susțin [122]. Percolarea clicii e una din cele mai folosite tehnici de suprapunere și pornește de la ideea că sunt șanse mai mari de formare a clicilor din muchiile interioare care sunt

mult mai dense decât cele exterioare, acestea din urmă fiind slab conectate. Comunitățile sunt formate din k-clici, conținând subgrafuri cu k noduri care sunt complete.

Alte exemple din această categorie includ grupări de vârfuri ale grafului [131].

2.4.3 Tehnici de detecție a comunităților prin metode de optimizare a modularității

Aceste tehnici permit **găsirea comunităților** prin intermediul unor algoritmi de **modularitate** care sunt optimizați spre a fi mai eficienți.

Putem evidenția algoritmi de tip Greedy, evolutivi, de optimizare spectrală sau cei de optimizare extremă.

- **Algoritmii de tip Greedy**

a) Algoritm de detecție "greedy" a lui NEWMAN [132], este primul care sugerează optimizarea modularității.

Este un algoritm aglomerativ, iar pentru rețelele restrânse, cu mai puține legături decât maximul posibil, complexitatea este $O(n^3)$ concluzionând că este ineficient.

În algoritm se pleacă de la ideea că fiecare nod din rețea, aparține unui modul distinct și apoi, printr-un proces iterativ, în funcție de creșterea în modularitate, aceste noduri se grupează.

b) Un alt algoritm de detecție "greedy" mai rapid, abrevierea autorilor fiind CNM [134], este o versiune îmbunătățită, deci mai eficientă, a celui anterior, printre coautori fiind și NEWMAN [132]. Complexitatea lui ajunge, în cazul rețelelor restrânse, la $O(n \log^2 n)$.

Algoritm este limitativ, la aproximativ 400000 de noduri și 2000000 muchii și găsește structura comunității în rețele sociale dar comunitățile se reunesc în mod dezordonat. Aplicarea lui scoate în evidență obiceiurile de cumpărare a clienților.

Pentru a-i crește eficiența, autorii [135], cu abrevierea WT, realizează o îmbunătățire a algoritmului prezentat anterior și aduc un echilibru prin dimensionarea comunităților care se grupează. Autorii aplică algoritmul asupra a trei seturi de valori aparținând unor rețele sociale de dimensiune mare.

Metodologia vizează mai întâi primul set de 500000 de noduri, autorii [135] constatând că obțin un timp de aproape 7 ori mai mic decât [134], iar apoi un număr de un milion de noduri unde obțin un timp mai redus cu 5 minute iar la ultimul set de 4 milioane de noduri obțin un timp redus cu 35 minute. Astfel, modularitatea a fost îmbunătățită pentru rețele care au un număr foarte mare de noduri.

c) Algoritm Louvain a lui BLONDEL ș.a.[133], este un algoritm greedy euristic care se bazează pe optimizarea modularității spre a detecta comunități complexe ponderate în rețele. Complexitatea algoritmului ajunge la $O(n \log n)$.

În cazul metodei Louvain[133] se găsesc mai întâi comunități mici prin optimizarea modularității la nivel local, pentru toate nodurile, dar în mod repetat, fiecare comunitate mică fiind grupată într-un singur nod. Similară cu metoda realizată de CNM, această tehnică leagă comunități ale căror amestecare a nodurilor eterogene, disparate, produc cea mai mare creștere a modularității. Se realizează un **studiu comparativ** care măsoară performanțele diferiților **algoritmi de**

detecție comunități prezentați în [133], [134], [135] aplicați pentru diferite dimensiuni ale unor rețele (Tabel 2.4.3.1). Pentru fiecare rețea selectată se determină **modularitatea și timpul de calcul**.

Tabel 2.4.3.1 Comparație rezultate optimizare modularitate

Algoritm/Rețea	Karate	Arxiv	Internet	TelefonMobil
Noduri/legături	34/77	9k/24k	70k/351k	2.6M/6.3M
CNM	.38/0s	.772/3.6s	.692/799s	-/-
WT	.42/0s	.761/0.7s	.667/62s	.56/464s
Louvain	.42/0s	.813/0s	.781/0.7s	.769/134s

Se observă că metoda lui WT [135] are performanțe pentru telefonul mobil, în rețeaua telefonică, autorii construind comunități echilibrate pe când în algoritmul Louvain [133] comunitățile prezintă dezechilibru.

Rețeaua de Karate [136],[137] este o rețea mică, de prietenie, pe parcursul a 34 de ani, a unui club de karate de la o universitate americană, descrisă de W. ZACHARY în 1977, aceasta fiind un model de flux de informații pentru fisiune și conflicte în grupuri mici (Figura 2.4.3.1), performanța fiind vizibilă în algoritmul [134] cu autorii CNM. Linia punctată reprezintă împărțirea făcută de algoritmul lui Newman [145] care sunt corespunzătoare fracțiunilor.

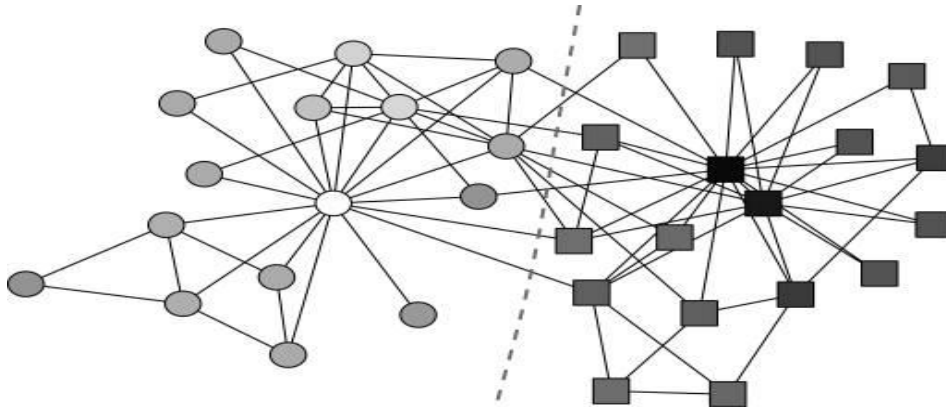


Figura 2.4.3.1 Aplicarea metodei bazate pe vectori proprii [145] la rețeaua club de Karate [136],[137]

Rețeaua Arxiv conține în experiment 9000 de publicații cu citări, folosită din [138] iar o subrețea a Internetului e utilizată din [139].

Algoritmul Louvain obține însă cele mai bune performanțe la timp, acest aspect fiind vizibil, în mod special, în rețelele de mari dimensiuni.

- **Algoritmii evolutivi**

Aceștia urmează un proces al evoluției naturale. Abreviați EA, ei se bazează pe inteligența artificială și sunt numiți și algoritmi de optimizare metaeuristică [122]. Metodele evolutive conțin algoritmi genetici și oferă posibilitatea de învățare eficientă. Algoritmii se bazează pe două tipuri de optimizări, cea unică sau cea multi-obiectiv. Optimizarea înseamnă în fapt satisfacerea necesităților funcției obiectiv.

a) Optimizarea unică este folosită în [140]. Algoritmii memetic denumit MLAMA-Net, este unul evolutiv, în care cromozomul este o parte a soluției iar întreaga populație este soluția. Populația de cromozomi este rețeaua de cromozomi izomorfă cu cea de intrare. Fiecare nod conține un cromozom, care reprezintă comunitatea nodului, dar conține și automatul de învățare. Fiecare cromozom evoluează local, prin operatori evolutivi și se îmbunătățește prin căutare locală. Astfel se determină eficient structura comunității în rețeaua complexă și se rezolvă limitarea rezoluției în optimizarea modularității.

b) Strategia fundamentală în cadrul optimizării multi-obiectiv se bazează pe o metodă de descompunere simplă, numită și MOEA/D (Multi-Objective Evolutionary Algorithm) în [141]. Autorii propun un algoritm evolutiv bazat pe acest tip de descompunere și realizează descompunerea problemei în subprobleme de optimizare scalară pe care le optimizează în același timp. Fiecare subproblemă este optimizată doar pe baza informațiilor de la subproblemele vecine, obținându-se o complexitate mai mică cu fiecare generație.

Un exemplu în acest sens este relatat și în [142], care prezintă un algoritm genetic pentru evaluare vectorială. Complexitatea crește simultan cu acuratețea și precizia soluțiilor.

- **Optimizarea spectrală**

În cadrul acestui tip de optimizare, modularitatea poate fi optimizată folosind vectori și valori proprii ai matricei modularității [119]. Autorii [122] fac afirmația ca tehnica este destul de rapidă. Un exemplu în acest sens este oferit de NEWMAN [145].

- **Optimizarea extremă**

Acest tip de optimizare este adus în discuție de [119] este o tehnică euristică propusă de BOETTCHER și PERCUS [144] cu performanță la timpul de execuție comparativ cu o altă tehnică de optimizare a modularității "annealing simulated". Această tehnică se bazează pe optimizarea variabilelor locale, ce exprimă contribuția fiecărei unități a sistemului la funcția globală.

- **Reacția simulată**

Această metodă reprezintă o tratare a unei tehnici stochastice discrete folosită pentru a optimiza global o funcție obiectiv dată [122]. Un astfel de studiu a fost realizat, de exemplu, în [146], unde autorii au folosit tehnica modularității bazată pe simularea unui lanț de reacții care la început a descompus rețeaua în partiții aleatorii.

Întregul proces de optimizare s-a realizat prin mișcări locale și globale în rețea.

În cazul mișcărilor locale, un nod oarecare dintr-o partiție, se deplasează în altă partiție, în funcție de creșterea în modularitate iar în mișcările globale, partițiile se divizează și apoi fuzionează.

2.4.4 Tehnici dinamice de detecție a comunităților

Subcapitolul acesta face referire la **tehnici de detecție a comunităților din rețelele dinamice**, cu fluxuri mari de date. Dintre cele mai cunoscute astfel de rețele amintim LinkedIn, Facebook, YouTube, Wikipedia. Se vor prezenta informații cu privire la algoritmi de parcurgere aleatorie și la cei de comunitate de difuzie.

- **Parcurgere aleatorie**

Scopul acestei tehnici este de a identifica comunități într-o plimbare aleatorie prin rețea[147]. În cadrul parcurgerii se pleacă din interiorul unei comunități, de la un nod, care se mută la fiecare moment de timp la un nod învecinat selectat aleatoriu și uniform. Procesul de parcurgere este de lungă durată în cadrul comunităților dense cu multe legături. Un astfel de exemplu găsim și în parcurgerea hărților[148]

- **Comunitate de difuzie**

Autorii [149] susțin că într-o rețea complexă comunitatea de difuzie este reprezentată printr-un set de noduri care sunt grupate împreună cu propagarea aceleiași proprietăți, acțiuni sau informații în rețea. Un exemplu în acest sens îl constituie algoritmul de propagare a etichetei[150].

2.5 Sintează bazată pe bibliografia consultată

În momentul de față, **rețelele complexe** ajută la obținerea unor analize mai precise a datelor, prin intermediul grafurilor, constituite din noduri care au legături între ele, acestea permițând prelucrarea unor volume mari de date.

Rețelele au la bază teoria grafurilor inițiată de L.EULER în secolul al XVIII-lea și fundamentată de R. ALBERT and A.-L. BARABÁSI [19].

Evoluția tehnologică a ultimilor ani în domeniul calculatoarelor și nevoia de comunicare au contribuit la dezvoltarea rețelelor de calculatoare. În [39], tot A.-L. BARABÁSI și R. ALBERT fac referire la rețele cu topologie complexă fiind convinși că redundanța unei rețele determină performanțele acesteia. **Tipurile de topologii de rețea**, privite ca grafuri, diferă după felul în care sunt amplasate nodurile și arcele care le leagă. Chiar dacă sistemele sunt diverse, făcând referire atât la rețelele genetice cât și la rețele World Wide Web, acestea au o proprietate comună-conectivitatea nodurilor, ca o consecință a două mecanisme.

Un prim mecanism este legat de **aparitia a noi noduri** care vor fi adăugate iar cel de-al doilea face referire la **distribuția acestor noduri**, preferențial, rețelelor deja bine conectate. Un model cu privire la cele două aspecte scoate în evidență faptul că dezvoltarea rețelelor mari respectă caracteristici bine definite.

Autorul S. FORTUNATO[119] aduce în discuție, în privința **sistemelor complexe**, felul în care sunt acestea **grupate în comunități**, în cadrul rețelei, uneori cu o **densitate mare a nodurilor** în comunitate dar cu o **slabă legătură** între comunități. Subgrafurile sau așa numitele comunități sunt importante prin modul în care sunt organizate și funcțiile pe care le dețin.

S. H. STROGATZ [40] susține că rețelele au implicații în toate domeniile științei, respectând anumite principii, ce stau la baza topologiei lor. Autorul consideră că **topologiile** ne ajută să înțelegem sistemele complexe prin vizualizare dar și prin analizarea evoluției în timp a caracteristicilor acestora.

R. ALBERT, H. JEONG and A.L. BARABASI [41] fac referire la **rețelele de scală** cu un anumit grad de toleranță față de întreruperile ce pot apărea, punctele slabe topologice putând fi exploatate de cei care doresc să deterioreze aceste sisteme. Întreruperile în rețele, cum ar fi de exemplu cele de comunicații, pot produce pagube la nivel mondial.

Tot ca o rețea poate fi văzut și transferul de material genetic al celulelor, prin transducția semnalelor extracelulare și intracelulare, folosind strategii de comunicare între acestea. Înțelegerea mecanismelor globale de semnalizare a celulelor poate duce la controlarea și combaterea bolilor. Ca instrument de modelare, autorii R. ALBERT, R. ROBEVA[42] folosesc rețelele booleene. Acestea pot reproduce comportamente complexe precum adaptarea și multistabilitatea, autorii scoțând în evidență calitatea dinamicii transducției de semnal. Metoda folosită are capacitatea de a înmagazina lacune de informații în topologia rețelei pornind de la condițiile inițiale iar prin intermediul anumitor modalități de interacțiune poate realiza sincronizări în cadrul rețelei. Întregul capitol dezvoltat de autori face referire la modele booleene asincrone de transducție a semnalului.

R. ALBERT, A. SAADATPOUR[43] realizează un tutorial metodologic legat de etapele fundamentale ale modelării booleene ale rețelelor cu proprietăți și caracteristici din domeniul biologiei. Pornind de la date experimentale, disponibile în domeniul geneticii, autorii deduc un model de rețea boolean. Cu ajutorul teoriei grafurilor ei dezvoltă un model dinamic predictiv, analizând diferitele situații ce pot apărea și cum ar putea fi evitate acestea. Ilustrarea pașilor au făcut-o folosind o rețea de jucărie ("a toy network") ținând cont de polaritatea segmentului "Drosophila melanogaster" a rețelei genetice.

A.-L. BARABASI, E. RAVASZA, T. VICSEK[44] construiesc un **model** simplu care generează o **rețea ierarhică, fără scală** în mod determinist. Autorii pornesc de la un singur nod, numit rădăcină a grafului apoi adaugă două sau mai multe noduri pe care le conectează cu rădăcina. În următoarea etapă adaugă câte două unități identice de trei noduri pe care le leagă la rețeaua creată anterior și fiecare din nodurile de jos, conectate de aceste două unități vor fi legate cu rădăcina, algoritmul continuând cu adăugarea de unități cu mai multe noduri după același raționament precizat mai sus. Aceste tipuri de rețele, având o topologie fără scală, stohastice, le întâlnim foarte mult în societate, nodurile fiind conectate întâmplător.

Despre frecvența apariției numerelor în rețelele de calculatoare "WWW" și modul în care acestea sunt distribuite în diverse documente ale acestora ne informează autorii S. N. DOROGVTSEV, J. F. F. MENDES, J.G. OLIVEIRA[45]. Această distribuție a numerelor este influențată atât de factori naturali dar și diverși factori umani, elementele aflându-se într-o anumită dependență, inegală, a puterii. Statisticile realizate arată că anul 2004 reprezintă un punct critic, singular. Așa cum puterile lui zece au apărut cu mare frecvență, numerele "non-rotunde" au apărut mult mai limitat. Autorii constată astfel că sistemul este foarte neomogen și neechilibrat din punctul de vedere al utilizării numerelor de către om, problemă care studiată în modul cel mai serios ar putea conduce la găsirea unor explicații legate de amplitudinea fenomenelor psihologice care generează și fenomene sociale de mare anvergură.

Fenomenele critice care pot să apară în mod dramatic, în rețele sunt relatate de S.N. DOROGVTSEV, A. V. GOLTSEV, and J. F. F. MENDES [46]. Ei

consideră mai ales două clase strâns legate de aceste **fenomene critice** și anume tranzițiile în fază structurală în arhitecturile de rețea dar și cele legate de cooperare. Autorii analizează sistemele în cazul cărora rețeaua și nodurile care interacționează cu ea se influențează reciproc.

În ceea ce privește distribuția lungimilor celor mai scurte căi (distanțele intervertex) autorii S. N. DOROGVTSEV, J. F. F. MENDES, A.N. SAMUKHINA [47] calculează aceste distribuții cu lungimea celor mai scurte căi, cu un număr aferent de caracteristici care au distribuții variate ale gradelor, ei aducând clarificări și asupra buclilor dintr-o rețea. Ei demonstrează că media distanței între noduri crește odată cu creșterea dimensiunii rețelei. O rețea mare, dar limitată, are o distribuție de distanță intervertex îngustă și cu o lățime finită, această distanță mărindu-se odată cu creșterea limitelor rețelei.

Referitor la rețelele aleatorii, cu spectre de valori proprii, S. N. DOROGVTSEV, A. V. GOLTSEV, J. F. F. MENDES, A.N. SAMUKHINA [48] analizează, pentru anumite grafuri, aleator alese, dar cu structură arborescentă, spectrele referitoare la aceste tipuri de rețele. Autorii folosesc ecuațiile specifice ale spectrelor rețelilor alese cu structură de arbore, propunând o aproximare simplă și apoi ajungând la o aproximare medie eficientă și calculează analitic spectrele de grafice diferite. În acest mod ei demonstrează că spectrele grafurilor de arbore local, aleatorii, conduc la o adevărată descriere a proprietăților spectrale ale rețelilor reale cum este rețeaua Internet.

S. N. DOROGVTSEV, J. F. F. MENDES, A.N. SAMUKHINA [49] dezvoltă o abordare mecanică statistică cu privire la **rețelele aleatorii** care au nodurile necorelate. Aceștia construiesc ansambluri de echilibru statistic pentru rețele, determinând funcțiile de partiție și principalele caracteristici ale acestora. Ei utilizează anumite proceduri de construcție dinamică, care generează grafuri necorelate, aleatorii, având o distribuție arbitrară a gradelor nodurilor din rețele. Este evidențiat faptul că în rețelele necorelate de echilibru, pot exista distribuții de grad de un anumit tip doar pornind de la un număr critic, mediu, de conexiuni ale unui nod, într-o fază de condensare a muchiilor.

A. E. MOTTER [50] face referire la rețelele complexe cu o **distribuție eterogenă a sarcinilor**. Ele pot suferi o reacție în lanț datorată deficiențelor de sarcină, acesta alegând să elimine nodurile și muchiile supraîncărcate, datorate atacului sau unor erori. O problemă fundamentală privește posibilele strategii de apărare pentru prevenirea propagării reacției în întreaga rețea. Autorul introduce o strategie necostisitoare, de apărare, bazată pe îndepărtarea selectivă a nodurilor și muchiilor imediat după atac.

R. COHEN, S. HAVLIN [51] se referă la **rețele de scală mică și foarte mică**, cum sunt cele de difuzie și transport iar M. ABDULLA [52] explorează geometria spațială a rețelilor fără fir pentru a asigura o conectivitate îmbunătățită a lor și a utiliza eficient resursele.

Autorii H. CIOCARLIE, D. PESCARU, C. ISTIN, A. DOBOLI [53] înțeleg importanța localizării în folosirea rețelilor de senzori. Aceștia folosesc modele computerizate imitative, analizând procese care au loc în sisteme rețelizate dar realizând și implementări concrete.

R.-E. PRECUP, S. KOVÁCS, S. PREITL, EMIL M. PETRIU, C.-B. CHIRILĂ [54] folosesc un arbore pentru **măsurarea calității** unui sistem software pe baza analizei statice a mai multor produse open-source.

Rețelele complexe modelează sisteme în care, pornind de la o entitate individuală, permit studiul tuturor entităților care interacționează în ansamblu.

Studiul și analiza unor astfel de sisteme complexe se face pe baza unor date experimentale, colectate din baze de date credibile.

La ora actuală, cu ajutorul mijloacelor informatice, putem analiza și modela fenomenele financiare F. ALLEN and A. BABUS [55], iar pentru aceasta trebuie să găsim algoritmi corespunzători, care să vină în sprijinul creșterii performanțelor în economie.

După **criza financiară** din perioada 2007-2010, autorii D. Y. KENETT, T. PREIS, G. GUR-GERSHGOREN, and E. BEN-JACOB [61] au început o cercetare în domeniul financiar analizând dinamica acțiunilor între anii 1999 și 2010, pentru a putea găsi cauzele care au dus la această criză. Ei au propus o nouă metrică numită "forța coezivă de index", despre care se spune că ar fi capabilă să prezică o nouă prăbușire a pieței.

O altă cercetare interesantă și de un real sprijin este făcută tot de KENNET și echipa sa și prezentată în D. Y. KENETT, Y. SHAPIRA, A. MADI, S. BRANSBURG-ZABARY, G. GUR-GERSHGOREN, E. BEN-JACOB [62] în care ei se referă la comerțul cu acțiuni. Folosind indicele Dow Jones Industrial Average, unul din cei mai cunoscuți indici bursieri din lume, determinat și folosit prima dată în 1896 în SUA, care urmărește evoluția primelor 30 din cele mai profitabile companii, văzut ca matrice de dependență, autorii au reușit să identifice câteva momente ale crizei.

Reluând studiul meu, reflectat în această direcție de cercetare, există un număr similar de inițiative prezentate de R. KALI, J. REYES [63], K.-M. LEE, J.-S. YANG, G. KIM, J. LEE, K.-I. GOH, I.-M. KIM [64] și P. CARAIANI [65], care folosesc rețele complexe pentru modelarea și reprezentarea rețelelor financiare globale.

Tot R. KALI și J. REYES [66] s-au concentrat pe utilizarea datelor legate de comerțul internațional și prin metodele și tehnicile folosite au reușit să determine și să explice anumite cauze care au generat crizele financiare, găsind o „legătură contagioasă” între crizele locale din Mexic, Rusia și Asia.

Problema crizei financiare globale este subiectul unui alt studiu interesant, și anume cel al lui K.M. LEE, J.S. YANG, G. KIM, J. LEE, K.I. GOH, I.M. KIM [64]. Noutatea abordării lor este dată de legătura dintre PIB și volumul de comerț între țări, acestea fiind reprezentate cu ajutorul nodurilor din rețea. Ca urmare a acestor abordări, autorii observă o corelație puternică între mărimea PIB-ului și conectivitatea țării relatând astfel impactul crizei asupra acelei țări.

Înainte de a descrie propriile investigații, trebuie să evidențiez o importantă cercetare, ca element de noutate dar și consecințele implicării acesteia în metodologie, efectuată de C. A. HIDALGO, B. KLINGER, A.-L. BARABÁSI, R. HAUSMANN [69]. În această lucrare autorii încearcă să răspundă la întrebarea dacă produsele și bunurile exportate de o anumită țară influențează puterea economică a țării respective.

Totalitatea relațiilor de schimb realizate între diversele entități economice ale țărilor lumii alcătuiesc ceea ce numim piața mondială. Curentul din această piață se justifică prin circulația banilor, bunurilor, resurselor dar și prin fluxul diferitelor servicii desfășurate în plan mondial.

O analiză succintă a unor date, de orice natură, poate permite observarea unei creșteri economice explozive sau a unui nivel redus de dezvoltare pentru orice grupare supusă acesteia, printr-un paralelism cu alte grupări sau la nivelul unei întregi ierarhii.

Pentru a putea contracara **riscurile** la care este supusă macroeconomia unei țări, a unei anumite grupări dar și cea mondială, trebuie avute în vedere multe aspecte, printre care și cel legat de politicile publice care trebuie să introducă concepte noi spre a putea permite acțiunea în timp real și cu multă lejeritate.

La o analiză mai atentă a unor definiții legate de politicile publice, [70] apreciază că politicile publice sunt, în esență, chiar guvernul și doar acesta poate să acționeze sau să nu acționeze, spre luarea unor decizii pe când în [71] este subliniat aspectul legat de **intercorelarea deciziilor**, deoarece o singură decizie nu poate rezolva toate situațiile ce apar într-o comunitate, indiferent de natura lor. În [72] există o altă viziune asupra politicii publice prin faptul că ea descrie "relația dintre un guvern și mediul său".

În ceea ce privește Uniunea Europeană, actualmente EU-28, această entitate duce diverse politici, unele legate de guvernare, altele de natură geografică, dar și de altă natură, dintre care le-aș mai evidenția pe cele legate de latura comercială, urmărind atât aspectele pozitive ce intervin dar și pe cele de reducere și chiar eliminare a dificultăților ce se ivesc.

Cu privire la politicile monetare ale EU-28, principalele statistici financiare și monetare sunt date de Sistemul European al Băncilor Central Europene și de Banca Central Europeană. Alte statistici, care urmăresc și restul țărilor lumii provin de la alte organisme internaționale, cum ar fi FMI, ONU sau OCDE.

Există o serie de indicatori statistici necesari pentru a întocmi analize economice de calitate. Aceștia ne permit elaborarea unor previziuni de natură economico-financiară. Unele obiective din uniune sunt legate de extinderea și implementarea unor politici de vecinătate.

Totodată EU-28 monitorizează în permanență și cu mare strictețe acordurile cu toate țările Intra-EU dar și cu țările Extra-EU, întocmind rapoarte periodice și luând decizii în consecință.

De o reală importanță este realizarea unei analize legată de dinamica PIB bazată pe teoria rețelelor complexe și construirea de grafuri corespunzătoare rețelelor complexe. Importantă este și găsirea de noi corelații între diferitele tipuri de date, dar și propunerea și validarea unor metrice unificatoare, pentru reprezentarea calitativă a „stării economiei”.

Pornind de la fenomenele reale, la cele reprezentate spațial, am găsit anumite **corelații**, alături de autorii A. IOVANOVICI și H.CIOCÂRLIE[13] care au permis **analiza dinamicii PIB**-ului din diverse sectoare de activitate ale economiei României.

Stadiul actual al cercetării se sprijină și pe relațiile făcute de R. N. MANTEGNA [56], care a folosit o **matrice de corelație** bazată pe comerțul de acțiuni și tranzacții financiare. Astfel, autorul a reușit să construiască grafuri corespunzătoare, care permiteau vizualizarea cu mare precizie a interacțiunilor comerciale și reducerea prețurilor în urma tranzacțiilor.

Generarea unui graf planar, maximal, de către M. TUMMINELLO, T. ASTE, T. DI MATTEO, R. și MANTEGNA[57], a sprijinit continuarea cercetării referitoare la filtrarea unor seturi de date complexe iar D. Y. KENETT, M. TUMMINELLO, A. MADI, G. GUR-GERSHGORIN, R. N. MANTEGNA, and E. BEN-JACOB [58] au oferit o soluție privitoare la stocurile dominante ce sunt tranzacționate pe o piață de valori utilizând matricea de corelație parțială, putând astfel folosi un „prag”, în scopul renunțării la datele necorelate.

Este importantă găsirea corelației, între seturile de date diferite, iar cercetarea celor amintiți mai sus, este considerată a fi o corectă reprezentare a unei stări economice în care folosirea unui „prag”, pentru a elimina datele necorelate, este esențială.

Tot despre corelație se discută și în [102].

Continuând cercetarea și analizând literatura de specialitate atât F. ALLEN, A. BABUS [59] cât și S. AMBLER, E. CARDIA, C. ZIMMERMANN [60] folosesc

corelația Pearson pentru a găsi în ce proporție sunt legate anumite seturi de date, așadar dacă există o legătură între direcția variației unui set de date în comparație cu celălalt. O metodă grafică de reprezentare a acestei corelații este histograma.

Cercetarea în domeniu este revigorată de D. Y. KENETT, T. PREIS, G. GURGERSHGOREN, and E. BEN-JACOB [61], ca urmare a crizei financiare care a avut loc după 2008 și astfel este introdusă o nouă **metrică** numită „**forța coezivă de index**”.

D.Y. KENETT, Y. SHAPIRA, A. MADI, S. BRANSBURG-ZABARY, G. GURGERSHGOREN, and E. BEN-JACOB [62], despre care se spune că e capabilă să prezică o nouă criză financiară.

R.KALI and J. REYES [63] analizează date referitoare la comerțul internațional iar K.-M. LEE, J.-S. YANG, G. KIM, J. LEE, K.-I. GOH, and I.-M. KIM [64] și P. CARAIANI [65] caută corelații care pot avea tendințe comune chiar dacă nu pot arăta cauzalitatea. Tot KALI and J. REYES [66] încearcă să găsească o legătură “contagioasă” între unele crize locale din Asia, Mexic, Rusia construind o rețea ce reprezintă o hartă a unui sistem comercial global.

În lucrările științifice ale lui P. CARAIANI [65] și M.C.VOIA and J. S. FERRIS [67] se arată interesul crescut pentru prelucrarea unor date statistice, autorii reușind să furnizeze soluții concrete la problemele găsite .

O referire la modelarea matematică, cu ultimele evoluții din domeniu, autorii explorând simetria dar și invariația fenomenelor economice, este dată și de R.SATO, R.V. RAMACHANDRAN[68]. Autorii aduc în discuție cunoștințe din teoria grupurilor iar în ultima parte a lucrării prezintă ultimele noutăți din domeniu. Aceștia susțin că deși economiștii lucrează cu diferite tehnici de optimizare a modelelor statice și dinamice ei nu stăpânesc foarte bine **proprietățile legate de grupuri**.

3 REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN PIB-ROMÂNIA

De un real interes este posibilitatea de a investiga comportamentul unor fenomene caracterizate sub forma unor serii de timp. Datorită caracterului complex al mărimilor de intrare și al volumului mare de date ce trebuie analizate, majoritatea abordărilor de până acum au fost de natură statistică. Acestea sunt foarte bune pentru a reține proprietățile globale, făcând o „integrare” a mărimilor, dar sunt relativ incapabile de a da informații cu privire la relațiile între mărimile interconectate și tăria legăturii dintre ele.

Prelucrarea unor cantități mari de informații se poate face însă cu mare ușurință prin intermediul rețelelor complexe și al teoriei grafurilor. Ele reflectă obținerea și acceptarea unor noi abordări legate de indicatorul macroeconomic cel mai important PIB. Obținem astfel noi instrumente de analiză prin abordări metodologice asupra rețelelor complexe care permit numeroase vizualizări geometrice.

Acest capitol vizează studiul datelor financiare ale României, pe o perioadă mai lungă de timp, de peste 12 ani.

Noutatea abordării constă în realizarea unui algoritm, denumit metodologia **PIBGRA**, care să permită descompunerea principalelor sectoare ale economiei văzute prin produsul intern brut și construirea unor reprezentări spațiale ale relațiilor dintre ele.

Algoritmul va evidenția anumite comunități sub forma unor grafuri complete și a unor diagrame și grafice relevante, datele folosite în algoritm fiind selectate din baza de date aparținând Institutului Național de Statistică al României.

Referindu-mă la acest prim studiu, dezvoltat în capitolul 3, aplicând diverse metode, realizez, ca element de noutate, o reprezentare într-un spațiu multidimensional, cu mare impact vizual, a structurii și dinamicii PIB-ului României, utilizând anumite proprietăți din teoria grafurilor, cu referire la cele neorientate, dar și cu anumite caracteristici existente în diverse domenii precum econometria și statistica, economia țării având un deficit de echilibru, comparativ cu alte țări ale UE.

O parte din acest studiu este susținut în lucrarea cu titlul „A spatial approach in analyzing the structure and dynamics of the Romanian GDP” și prezentat la SACI 2014 [13].

3.1 Elemente definitorii cu privire la PIB

Cercetarea urmărește evoluția a **14 sectoare cheie din PIB**-ul României, pe o perioadă de **51 trimestre**, de la Q1/2001 până la Q3/2013.

În toate studiile cu referire la acest capitol 3 se folosesc unele seturi de date brute existente la <http://goo.gl/gMqSgu>, date aparținând Institutului Național de Statistică al țării noastre.

Tabelul 3.1.1 Structura datelor anumitor sectoare din PIB

Sectorul PIB	Abreviere construire graf	Abreviere construire corelogramă
Total valoare adăugată brută	A	a
Agricultură, silvicultură, piscicultură	B	b
Industria grea, minerit, energie	C	c
Construcții	D	d
Comerț en detail	E	e
TIC	F	f
Tranzacții financiare și asigurări	G	g
Vânzările în domeniul imobiliar	H	h
Activități profesionale și servicii	I	i
Servicii publice și sociale, educație, sănătate	J	j
Divertisment și alte servicii	K	k
Taxe pe produse	L	l
Taxe pe servicii	M	m
Subvenții pentru produse	N	n

În restul acestei prime direcții de cercetare se consideră seturile de date particulare folosite prin abrevierile lor, prezentate în Tabelul 3.1.1.

Aplicând diverse tehnici aflate la intersecția dintre econometrie, statistică și teoria probabilităților, cu ajutorul teoriei grafurilor, studiul îmbunătățește instrumentele de analiză a factorilor cheie care influențează starea economiei țării noastre văzută prin unul din principalii indicatori macroeconomici PIB

Acest set de date este investigat și este reprezentat sub forma unui graf din perspective diferite, folosind corelația Pearson, construind histograma și corelograma datelor selectate dar și reprezentarea acestuia într-un spațiu multidimensional.

Seturile de date pentru cei peste 12 ani de studiu, privind evoluția PIB, supuse prelucrării, au plecat de la formele date mai jos, o parte din seriile de timp brute CAEN rev.2, trimestriale, cu referire la indici de volum, exprimați în procente față de trimestrul corespunzător din anul precedent, fiind găsite în cele două secvențe X din ANEXA 1(a) și Y din ANEXA 1(b).

Toate calculele următoare, cu referire la această direcție de cercetare, le-am realizat folosind limbajul și mediul de programare R, versiunea 3.0.2, rulat pe Windows 7 Ultimate Edition, platforma x64.

3.2 Determinarea coeficientului corelației Pearson.

Vizualizarea și interpretarea rezultatelor cu privire la PIB

În lucrare este folosită **formula de calcul a corelației Pearson** dată în 3.2.1, o formulă care este aplicată și de P. CARAIANI [65]. Cu ajutorul formulei

menționate este calculat coeficientul de corelație liniar dintre toate perechile de seturi de date prezentate în Tabelul 3.1.1.

Menționez că " \bar{y}_i " reprezintă media setului de date dat prin y_i iar σ_j și respectiv σ_j , semnifică deviația standard a seturilor de date reținute în y_i .

$R_{ij} = \frac{\langle (y_i - \bar{y}_i) - (y_j - \bar{y}_j) \rangle}{\sigma_i \sigma_j}$	3.2.1
--	--------------

Dacă valoarea coeficientului corelației Pearson are o valoare mai mică decât 0.2 atunci există o corelație foarte slabă iar dacă valoarea lui este 0 atunci nu există corelație. Dacă obținem un coeficient negativ atunci corelația este inversă, când valoarea unei variabile crește atunci valoarea cealaltă descrește iar corelația este foarte puternică dacă avem o valoare a coeficientului de peste 0.8, toate aceste concluzii fiind date de niște reguli confirmate de aplicații practice [115], [116].

Aplicând formula din 3.2.1 pentru toate perechile de seturi de date combinate, prezentate în Tabelul 3.1.1, se obțin 91 de indici de corelație Pearson, valoare ce rezultă din calculul $14 \cdot 13 / 2$.

Deoarece metodele grafice permit cu mai multă ușurință **identificarea vizuală** a tendințelor pe care le au datele selectate, construiesc anumite tabele și realizez grafice care să evidențieze cercetarea.

Construiesc **histograma** tuturor corelațiilor din Figura 3.2.1, a celor $14 \cdot 13$ perechi de seturi de date, care îmi permite să observ cum sunt distribuite corelațiile.

Din histogramă descopăr că distribuția corelațiilor este una aproape normală, pentru mai mult de jumătate din sectoarele de date cu referire la PIB, din Tabelul 3.1.1, cu pragul impus [57], [58], [121] de valoare 0.3.

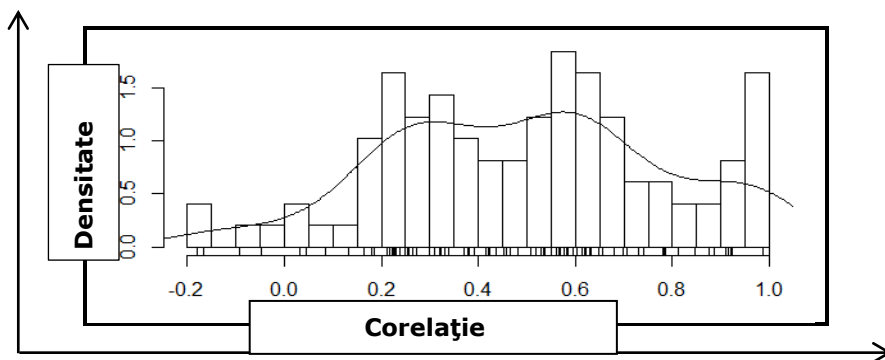


Figura 3.2.1 Histograma corelației Pearson

Trecând apoi la o nouă posibilitate de vizualizare a informațiilor construiesc o corelogramă a acestor seturi de date alese și menționate în Tabelul 3.1.1.

Această abordare, prin corelogramă, se apropie de studiul relațiilor dintre date cu ajutorul matricei de corelație, propusă inițial de M. FRIENDLY, în 2002 [79].

Construirea acestei corelograme asupra datelor, de această dată abreviate cu litere mici, pentru o mai bună vizualizare în matrice, dar cu aceeași semnificație ca și în cazul abrevierilor literelor mari, permite specialiștilor în domeniu să interpreteze rezultatul, având astfel un punct de vedere cu referire la sectoarele din PIB. Modalitatea de construire a corelogramei, relatată în [118] și implementată în mediul R, ne oferă posibilitatea interpretării acestei corelograme, menționată în Figura 3.2.2.

Corelograma poate fi privită ca o matrice pătratică, având diagonala principală răspândită cu indicii seturilor de date, abrevierile fiind făcute cu litere mici de această dată, pentru o mai bună vizibilitate a acesteia. Sub diagonala principală avem reprezentate dreptunghiuri de diferite nuanțe, **culoarea mai deschisă** indicând cea mai **slabă** corelație a datelor iar cea mai **încisă** una **ridicată**. Deasupra diagonalei principale avem aceleași informații, dar reprezentate sub formă de cercuri, existând corespondență între cantitatea umplerii și forța corelației.

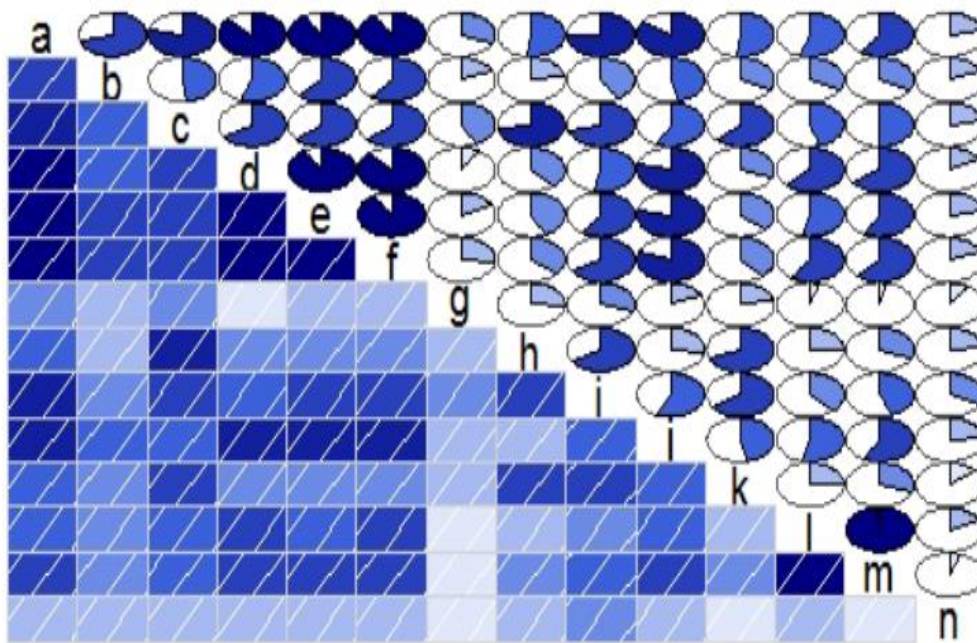


Figura 3.2.2 Corelograma dintre sectoarele PIB-ului

Vizualizând corelograma anterioară se pot da anumite interpretări economice. Astfel, se observă că există o puternică corelație între anumite sectoare ale PIB-ului țării noastre, cum ar fi, de exemplu, între taxele pe produse și cele pe servicii, construcțiile cu TVA-ul și comerțul en detail, în timp ce subvențiile pentru produse aproape că nu există, remarcând astfel și domeniile slabe ale economiei noastre.

3.3 Calcularea grafului bazat pe corelație cu privire la PIB

Următoarea abordare a primei direcții de cercetare este bazată pe **construirea unor grafuri**, folosind calcule specifice a acelorași seturi de date, care să permită o bună înțelegere a realității economice a țării noastre, văzută prin prisma produsului intern brut.

În literatura de specialitate unul din algoritmii care se aplică la construirea unor grafuri pornind de la o serie de seturi de date financiare este și algoritmul Force Atlas2 [151], prezentat în subcapitolul 2.2. O serie de tehnici de detecție a comunităților fac obiectul prezentării în subcapitolul 2.4.

O metodă destul de des implementată este cea de **utilizare a indicelui de corelație Pearson** care să permită reprezentarea sub forma unui graf.

Aplicând această metodă asupra setului celor 14 date selectate ale PIB-lui, definind un graf cu 14 noduri, corespunzătoare acestora și setul muchiilor indirecte măsurate prin indicele de corelație $r_{i,j}$ între seturile alese, construiesc astfel o matrice și obțin în acest fel un graf complet (Figura 3.3.1).

În continuare, folosind un **prag** [57],[58],[121], considerat a fi standard în literatura de specialitate, având valoarea 0.3, **filtrez** astfel seturile de date, eliminându-le pe cele necorelate. Graful e filtrat în modul la valoarea 0.3 deoarece interesul este de a găsi intensitatea corelației iar într-o corelație negativă seturile de valori variază în sens opus. În continuare, cuantific gama de indici de corelație în următoarele grupări de noduri, după cum se vede în Tabelul 3.3.1. Gamele de interval și culorile sunt adoptate din P. CARAIANI [65], pentru uniformizare cu restul studiilor

Tabelul 3.3.1 Corelația grupurilor de noduri și marcarea culorilor după eliminarea corelațiilor indicilor cu valoare mai mică decât 0.3

Indicele de corelație	Culoare
[0.3, 0.45)	Galben
0.45, 0.6)	Roșu
[0.6, 0.75)	Verde
[0.75, 0.9)	Albastru
> 0.9	Negru

În cazul în care nodurile au aceeași grosime dar arcele sunt colorate proportional cu ponderile lor obținem graful din Figura 3.3.2.

După **eliminarea muchiilor** din graful complet (Figura 3.3.1), cu indice de corelație mai mic decât valoarea de prag 0.3, se obține graful din Figura 3.3.3.

Analizând acest ultim graf menționat, putem observa o serie de aspecte. Noul graf conține doar 49 muchii, ceea ce reprezintă 53.85% din muchiile grafului inițial și nu avem arce colorate cu negru. În ceea ce privește nodurile, putem observa că **nodul N este acum izolat**, ceea ce înseamnă că toate interacțiunile lui sunt necorelate statistic, cu alte cuvinte, autoritatea publică a puterii executive a țării noastre nu

participă la acoperirea de prețuri și tarife, dovedind în acest fel că nu sprijină unul din sectoarele din PIB, mai precis cel de subvenții pe produse.

În urma calculului mediei aritmetice a celorlalte grade a sectoarelor PIB rămase în graful filtrat se observă, din Figura 3.3.4, că aceasta are valoarea distribuției medii 9.143.

Toate redările grafului prezentat în această cercetare și calculul măsurătorilor grafului le realizez folosind **Gephi 0.8.2 beta**, sursă dezvoltată de [80], acesta fiind unul dintre cele mai importante instrumente de sursă deschisă și analiză a grafurilor.

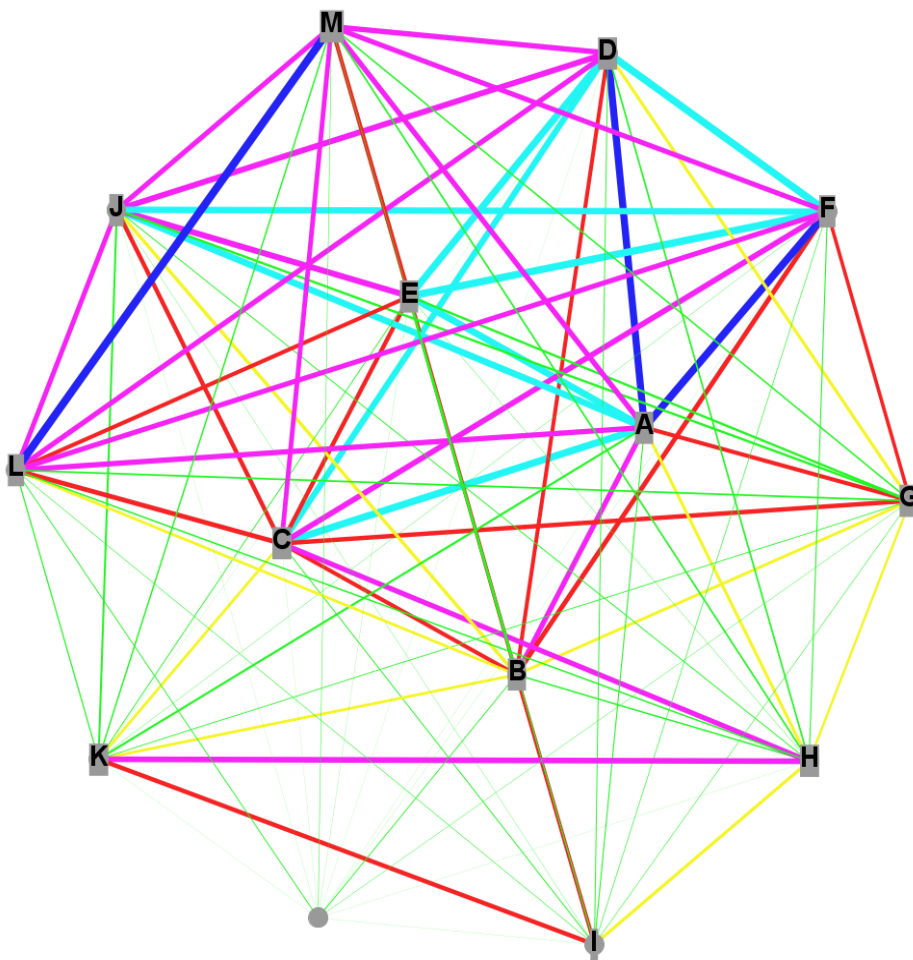


Figura 3.3.1 Graful complet de corelație al sectoarelor PIB-ului

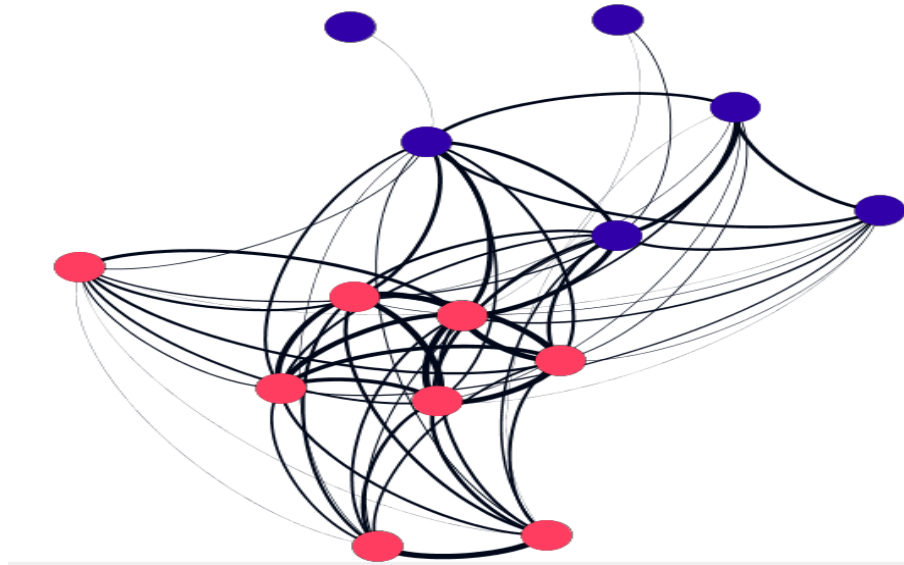


Figura 3.3.2 Graful de corelație al sectoarelor PIB-ului cu muchii de grosime proporțională cu ponderea

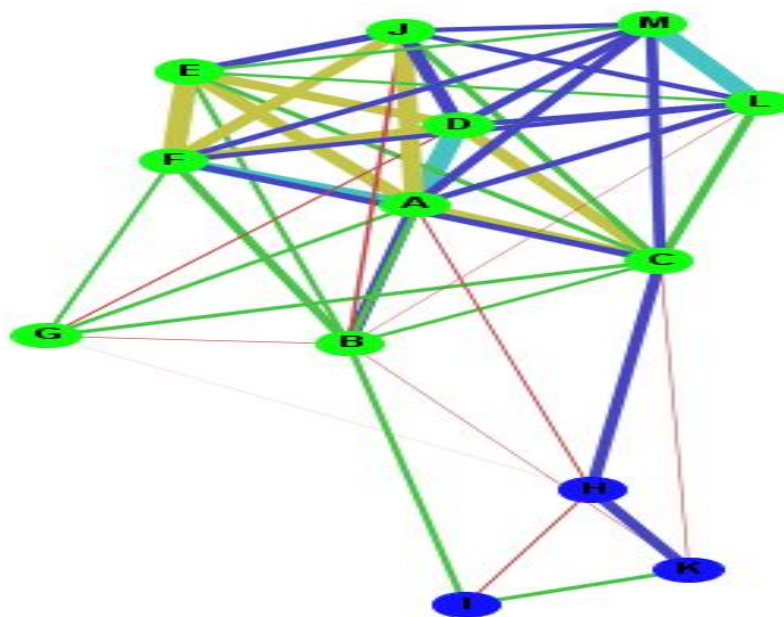


Figura 3.3.3 Graful de corelație cu muchii având corelația < 0.3 înlăturate

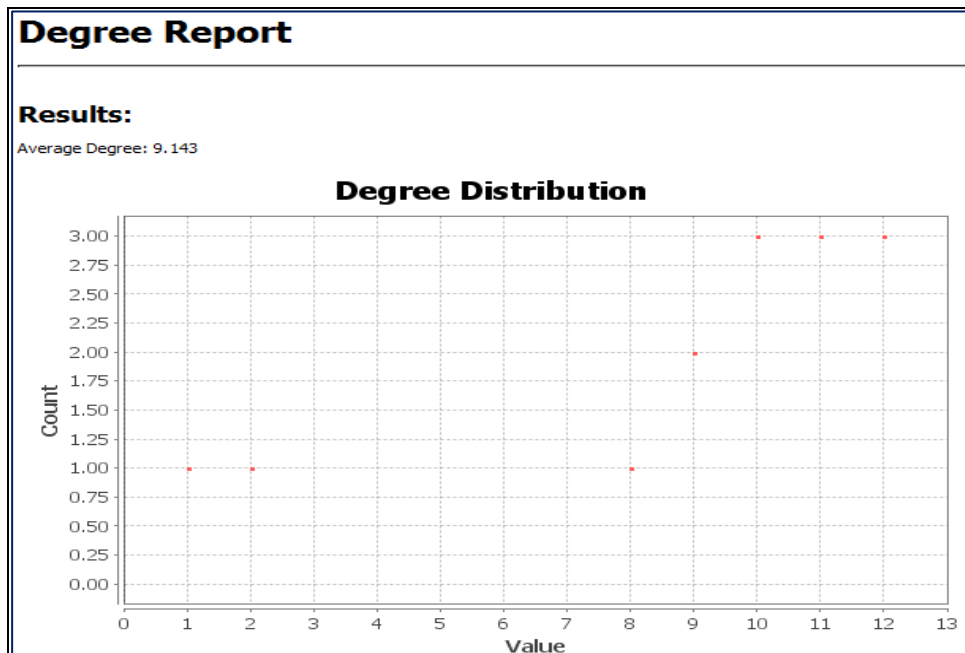


Figura 3.3.4 Distribuția gradelor sectoarelor PIB după filtrare graf complet

Se utilizează **algoritmul lui Newman de detecție a comunităților pe bază de modularitate** asupra grafului din Figura 3.3.1, o parte din tehnicile de detecție fiind evidențiate în subcapitolul 2.4. Acest algoritm se bazează pe analiza coeficientului clusterelor, folosind metrica modularității lui NEWMAN [81] pentru a detecta grupuri de noduri (subgrafuri), având caracteristici structurale similare.

În urma aplicării algoritmului menționat apar următoarele concluzii. Se evidențiază Figura 3.3.3 în care apar două comunități: una compusă din 3 noduri $C_1 = \{H, I, K\}$ și cealaltă compusă din 10 noduri $C_2 = \{A, B, C, D, E, F, G, J, L, M\}$. Nodul N nu face parte din noul graf, după cum se vede mai sus. Dacă muchiile au grosimea proporțională cu ponderea se evidențiază Figura 3.3.3.

Aceste **descompuneri în comunități** permit ca cei care analizează structurile obținute să observe care sunt tendințele comune ale nodurilor din comunitățile astfel determinate, chiar dacă nu ar putea să determine neapărat care este cauza grupărilor în acest mod. Referirea la aceste situații problematice este relatată și evidențiată chiar în literatura de specialitate și de către autorii D. Y. KENETT, T. PREIS, G. GUR-GERSHOREN, E. BEN-JACOB [61], K.M. LEE, J.S. YANG, G. KIM, J. LEE, K.I. GOH, I.M. KIM [64] și de P. CARAIANI [65].

O altă măsurătoare specifică rețelelor complexe constă în **calcularea unui coeficient de clustere**, definit de D.J.WATTS și S.H.STROGATZ [82]. privit ca „măsură a gradului în care nodurile dintr-un graf tind să se grupeze împreună”. În cazul de față coeficientul mediu de grupuri de noduri asupra sectoarelor PIB este 0.786, un rezultat apropiat de o rețea fără scală[41],[151], care este apropiat de coeficientul de grupuri de noduri din graf de valoare 0.73.

O altă măsurătoare se referă la calculul mediei aritmetice (average degree) a distribuției gradelor ce reprezintă cele 14 sectoare PIB, după filtrare graf, cu rezultatul 9.143(Figura 3.3.4).

În urma aplicării altor măsurători asupra grafului cu privire la PIB , comparând modularitățile și aplicând tehnicile de detecție a comunităților specificate în Tabelul 3.3.1, se obțin rezultatele din acesta.

Tabelul 3.3.2. Aplicare măsurători asupra nodurilor reprezentând sectoare PIB

PIB-Nodes										
id	label	modularity	erdosnumber	clustering	triangles	newclustering	eigencentrality	eccentricity	closnesscentrality	betweennesscentrality
1	A	0	2	0,7333333	33	0,73333333	0,966648052	2	1,166666667	4,05952381
2	B	0	1	0,6	27	0,6	0,899625698	2	1,166666667	10,8
3	C	0	1	0,6363636	35	0,63636364	1	2	1,083333333	8,326190476
4	D	0	1	0,8611111	31	0,86111111	0,925570298	2	1,25	1,092857143
5	E	0	1	0,9642857	27	0,96428571	0,859859052	2	1,333333333	0,242857143
6	F	0	1	0,8611111	31	0,86111111	0,925570298	2	1,25	1,092857143
7	G	0	1	0,8	12	0,8	0,610739194	2	1,5	0,866666667
8	H	1	1	0,5	5	0,5	0,372006913	2	1,583333333	2,2
9	I	1	2	0,6666667	2	0,66666667	0,19233827	3	1,833333333	0,2
10	J	0	1	0,9642857	27	0,96428571	0,859859052	2	1,333333333	0,242857143
11	K	1	2	0,6666667	4	0,66666667	0,299590912	2	1,666666667	0,633333333
12	L	0	1	0,9642857	27	0,96428571	0,859859052	2	1,333333333	0,242857143
13	M	0	1	1	21	1	0,763199166	3	1,5	0
14	N	2	0	0	0	0	0	0	0	0

3.4 Algoritmul PIBGRA

Primul algoritm, denumit Algorithm 1 Metodologia **PIBGRA**, descris în limbajul pseudocod, creația mea, urmărește să reprezinte, prin intermediul rețelelor complexe, un set de date economice, din forma lor brută, în forme cu vizualizare spațială, spre a permite economiștilor să extragă cu ușurință informații pentru analiză.

Prin intermediul **PIBGRA** se pot introduce seturi de date cu referire la produsul intern brut.

În **partea A** se selectează o secvență de seturi de date S_i a unor sectoare din PIB, considerate relevante pentru studiu, din mulțimea tuturor sectoarelor PIB, notată S , și pentru o nouă secvență S_j , de aceleași sectoare PIB(unde pentru $i, j=1, \dots, 14$ -cazul meu), dacă $S_i \neq S_j$, stabilesc corelații din cele două seturi, aplicând formula corelației Pearson(3.2.1).

A doua parte B a algoritmului **PIBGRA** construiește, în primul rând, o histogramă, cu o anumită scală de densitate, având ca bază intervale de clase și arii proporționale cu numărul de probe ce aparțin acestora.

Tot în B reprezintă grafic corelația dintre valorile variabile a sectoarelor PIB printr-o corelogramă, aceasta indicând o anumită corespondență între cantitatea umplerii și forța corelației.

În urma importării datelor, folosind Gephi, aplic algoritmul de detecție comunități pentru toate valorile selectate și gama de culori aleasă aleator și generează graful prin reprezentare într-un spațiu multidimensional și vizualizez rezultatul.

Algorithm 1 Metodologia PIBGRA

Input: Set of data regarding GDP on each relevant economical area

A: Building the graph

```
1 :FOR each  $S_i$  of set  $S$ 
2 :   FOR each  $S_j$  of set  $S$ 
3 :     IF ( $S_i \neq S_j$ ) THEN
4 :        $\text{corr}(i, j) \leftarrow \text{Pearson}(S_i, S_j)$ 
```

B: Plotting

```
10 : plot histogram(corr);
11 : plot corrgram(corr);
```

B: Visualize graph

```
12 : import data from  $S$  in Gephi;
13 :  $S = S \setminus \{S_i | \text{corr}(S_i) < 0.3\}$ 
14 : run community detection
```

Output: visual representation for S using Gephi

O parte din secvențele de cod sursă care au generat rezultate cu privire la PIB :

```
library(fUnitRoots)
library(urca)
library(vars)
library(aod)
library(zoo)
library(tseries)

#date
cof = read.csv("pib.csv")
names(cof)

#cof["date"]
x<-seq(1,51,1)
#Visualize
plot(x,cof$a,type="l",col="black",lwd=2,ylim=range(cof$b))
lines(x,cof$b,col="blue",lty=2,lwd=2)
legend("topright",c("A","B"),col=c("black","blue"),lty=c(1,2),lwd=c(2,1),
bty="n")
```

```
#test
adf.test(cof$a)
adf.test(cof$b)
kpss.test(cof$a)
kpss.test(cof$b)
```

```

adf.test(diff(cof$a,1))
adf.test(diff(cof$b,1))
kpss.test(diff(cof$a,1))
kpss.test(diff(cof$b,1))

#select lag 2 or 6
VARselect(cof[,2:3],lag=20,type="both")

#VAR model, lag=2
V.2<-VAR(cof1[,2:3],p=2,type="both")
serial.test(V.2)

#VAR model, lag=6
V.6<-VAR(cof1[,2:3],p=6,type="both")
serial.test(V.6)

V.7<-VAR(cof1[,2:3],p=7,type="both")

#lag variables
a<-zoo(cof["a"])
b<-zoo(cof["b"])

a.l<-lag(a,-(0:7),na.pad=T)
b.l<-lag(b,-(0:7),na.pad=T)

lm1<-lm(arab~arab.l[,2:8]+robu.l[,2:8]+index(arab))
lm2<-lm(robu~arab.l[,2:8]+robu.l[,2:8]+index(arab))

#test1
vcov(lm1)
wald.test(b=coef(lm1), Sigma=vcov(lm1), Terms= c(9:14),df=6)

# test2
vcov(lm2)
wald.test(b=coef(lm2), Sigma=vcov(lm2), Terms= c(2:7),df=6)

```

3.5 Concluzii referitoare la prima direcție de cercetare

În investigația prezentată cu privire la produsul intern brut, mă concentrez asupra analizei și **determinării corelațiilor** existente între seturi de serii de date de timp variate ale structurii **PIB-ului României**, cuprinzând perioada 2001-2013, modelând astfel 14 sectoare de activitate pentru o perioadă de peste 12 ani.

Se evidențiază astfel o nouă posibilitate de vizualizare prin anumite metode pentru a oferi experților **metode alternative** de a prezenta și interpreta date.

Pot face câteva **observații** pe baza indicelui de corelație Pearson. **Nodul N** (Subvenții pentru produse) este singurul necorelat cu toate celelalte seturi de date. Acest rezultat poate fi explicat prin faptul că guvernul țării noastre ajustează subvențiile specifice în mod aleatoriu, fără reguli, în afară de propria dorință.

Aplicând pragul de 0.3 al indicelui de corelație, se observă că mai mult de jumătate din nodurile grafului au muchii cu **o corelație mai mare decât pragul**. Aceasta înseamnă că mai mult de jumătate din sectoarele PIB-ului sunt conectate statistic.

În continuare aplic o analiză specifică a teoriei rețelelor complexe și efectuez niște **măsurători** specifice. **Coeficientul de grupuri de noduri** se poate folosi ca scor în descrierea structurii PIB-ului unei țări, fiind util în **compararea a două sau mai multe economii**.

Ultimul aspect al acestei direcții are legătură cu **determinarea unor comunități**, algoritmul de detecție se aplică pe graful filtrat. În acest mod găsesc posibilitatea să explorez ipoteza că există mai multe grupuri de noduri de noduri care sunt puternic interconectate în interiorul grupului, dar au conectivitate slabă cu alte comunități învecinate.

În situația în cauză, se poate observa grupul de noduri reprezentat de domeniul imobiliar (sectorul H), activitățile profesionale și serviciile (sectorul I), divertisment și alte servicii (sectorul K) considerate ca fiind primul set C1 și celălalt set, reprezentat de celelalte sectoare analizate(C2), cu excepția sectorului N.

Pentru a găsi o explicație a acestui fenomen aplic piramida lui Maslow a nevoilor și se poate observa că sectoarele din setul C1 corespund unui nivel mai înalt de nevoi decât cele din C2. Prin urmare, sectoarele din C1 și C2 vor avea tendințe similare și corelate, în funcție de direcțiile de dezvoltare ale economiei.

Cercetarea realizată reprezintă o abordare nouă a analizei relației dintre seriile de timp economice, axându-mă pe PIB, ca indicator macro-economic al calității stării economiei, dar aceeași **metodologie** se poate aplica oricărei probleme similare, munca mea reprezentând un cadru general ce poate reprezenta etapele de realizare a unui **algoritm** din acest punct de vedere.

Am ales structura PIB-ului României, ca studiu de caz, deoarece consider că, din punctul de vedere al unui expert, există mari diferențe între contextul și specificitatea unei anumite țări, iar toate acestea se reflectă în exact aceeași structură a PIB-ului.

Abordarea mea este **dinamică**, cuprinzând o perioadă de peste 12 ani, ea oferind posibilitatea înțelegerii evoluției unei anumite economii precum și a modului în care au evoluat diferite sectoare de activitate de-a lungul timpului.

Reprezentarea și vizualizarea bazată pe graf oferă un **mod puternic vizual** care prezintă relația dintre toate aceste date, și, în același timp, este cea mai bună structură de date care poate fi utilizată la aplicarea ulterioară a analizei bazată pe rețea.

4 REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN PIEȚELE FINANCIARE

Acest capitol 4 face referire la al doilea studiu din cercetare. El este legat de crearea și aplicarea unor metodologii asupra piețelor financiare, iar o utilizare a unor seturi de date brute și construirea rețelilor asociate permite realizarea unei analize ulterioare, specifică, prin vizualizări noi, pertinente.

Propunerea mea vine în sprijinul acestei probleme prin utilizarea rețelilor complexe în modelarea și prelucrarea datelor privind dinamica piețelor financiare.

Dezvoltarea unor procedee și crearea unor modele ca relații între entități o consider necesară, la fel și construirea unor reprezentări spațiale ale acestora care să permită analiza intuitivă a relațiilor precum și caracterizarea cantitativă a fenomenelor, având în vedere că economiile moderne trebuie să țină cont de foarte mulți parametri, fiind sisteme extrem de dinamice, dar cu un echilibru instabil.

Acest studiu se referă și la conceperea și aplicarea algoritmului, denumit **CORGRA**, prin folosirea unor tehnici cu ajutorul rețelilor complexe care permit o analiză a structurii piețelor financiare mondiale. Metodele sunt aplicate asupra unor seturi de date specificate în subcapitolul 4.1, folosite la nivel global, pe o perioadă de 14 ani.

O parte din studiile acestui capitol sunt susținute în lucrările și publicațiile din [14], [15].

4.1 Elemente definitorii cu privire la analiza structurii piețelor financiare

Cercetările din etapa a doua cuprind **două faze**, în acest mod putând realiza un studiu comparativ pe aceeași direcție de cercetare, și anume cea privind implementarea rețelilor complexe asupra piețelor financiare mondiale.

A. În primă fază referirea se face la **seturi de date** preluate din baza de date **Eurostat** a Comisiei Europene și concentrate pe **ratele de schimb valutar a 23 de monede principale în raport cu dolarul american**. În restul acestei direcții de cercetare se folosesc seturi de date particulare.

În prima serie de investigații selecția de date acoperă perioada din 1 ianuarie 2000 și până la 1 august 2014, cu o rezoluție de un curs pe zi. Sunt **3646** date pentru fiecare din cele **23 de monede**.

Referirea în această primă fază a etapei a doua de cercetare se raportează la monede prin abrevierea consacrată de 3 litere (Tabelul 4.1.1).

Studiul din acest prim moment al celei de-a doua direcții privește o **abordare duală**: una este cea clasică, privind evoluția temporală a datelor și vizualizarea lor prin intermediul unei corelograme, iar cealaltă, bazată pe analiza rețelilor complexe, ne va arăta distribuția într-un spațiu n-dimensional a datelor, cu accent pe grupuri de seturi puternic intercorelate.

O parte din aceste seturi de date, supuse prelucrării, au valori zecimale și se găsesc în ANEXA2.

Abrevierile din capitolul 4. sunt cele folosite de **standardul actual ISO 4217**, care utilizează trei litere.

Tabelul 4.1 1 Codurile monetare și cele 23 de țări corespunzătoare

Codul monetar	Țara	Codul monetar	Țara
AUD	Dolarul australian	LKR	Rupia srilankeză
BRL	Realul brazilian	MXN	Peso-ul mexican
CAD	Dolarul canadian	MYR	Ringgit-ul malaezian
CHF	Francul elvețian	NOK	Coroana norvegiană
CNY	Renminbi-ul chinezesc	NZD	Dolarul neo-zeelandez
DKK	Coroana daneză	SEK	Coroana suedeză
EUR	Euro	SGD	Dolarul singaporez
GBP	Lira sterlină	THB	Baht-ul thailandez
HKD	Dolarul din Hong Kong	TWD	Dolarul nou din Taiwan
INR	Rupia indiană	VEB	Bolívarul venezuelan
JPY	Yenul japonez	ZAR	Randul sud-african
KRW	Wonul sud-coreean		

B. În faza a doua a direcției de studiu, legată de structura piețelor financiare globale, accentul se pune pe **seturi de date** preluate de la **BNR**, folosind un serviciu online[86]. Acest serviciu permite realizarea unui export al datelor, în anumite intervale de timp, într-un fișier cu format Excel.

De această dată referirea se face la **ratele de schimb valutar a 31 de monede** principale, însă informațiile sunt selectate ca fiind mai apropiate de perioada actuală, cuprinzând **perioada de antecriză 2005-2007** însă și perioada care a marcat **criza** și continuând prelucrările astfel pe **o perioadă de 11 ani**. În restul acestei faze de cercetare am particularizat unele seturi de date, în funcție de anumite criterii prestabilite, spre o mai bună analiză comparativă.

Pentru cursul de schimb zilnic, se folosesc serii de date din perioada anilor 2005–2016, și sunt urmărite mai multe valute, păstrând din prima fază următoarele monede: AUD (dolarul australian), BRL (realul brazilian), CAD (dolarul canadian), CHF (francul elvețian), CNY (yuanul-renminbiul chinezesc), DKK (coroana daneză), EUR (euro), GBP (liră sterlină), INR (rupia indiană), JPY (yen japonez), KRW (wonul sud-coreean), MXN (pesos mexican), NOK (coroană norvegiană), NZD (dolar neo-zeelandez), SEK (coroană suedeză), ZAR (randul sud-african) la care am adăugat noi monede și anume: AED (dirhamul Emiratelor Arabe Unite), BGN (leva bulgărească), CZK (coroana cehească), EGP (lira egipteană), HRK (kuna croată), HUF (forintul maghiar), MDL (leul moldovenesc), PLN (zlotul polonez), RSD (dinarul sârbesc), RUB (rubla rusească), TRY (lira turcească), UAH (grivna ucrainiană), USD (dolarul american), XAU (uncia de aur), XDR (moneda Fondului Monetar Internațional) și renunțând la HKD (dolarul din Hong Kong), LKR (rupia srilankeză), MYR (ringgitul malaezian), SGD (dolarul singaporez), THB (bahtul thailandez), TWD

(dolarul nou din Taiwan) și VEB (bolívarul venezuelan). Această nouă abordare, prin adăugarea unor noi monede, majoritatea de pe continental nostru și eliminarea altora, majoritatea de pe alte continente, permite o explorare precisă a seturilor de date mari printr-o mai bună vizualizare și reprezentare într-un spațiu multidimensional a datelor dar și compararea acestora. Corelația matematică este transpusă în poziționarea 2D a nodurilor.

Atât calculele statistice cât și trasarea graficelor prezentate în această direcție de cercetare sunt realizate tot prin intermediul limbajului și mediului de programare R, versiunea 3.0.2., executat pe Windows 7 Ultimate Edition, platforma x64.

4.2 Determinarea coeficientului corelației Pearson. Vizualizarea și interpretarea rezultatelor cu privire la analiza structurii piețelor financiare

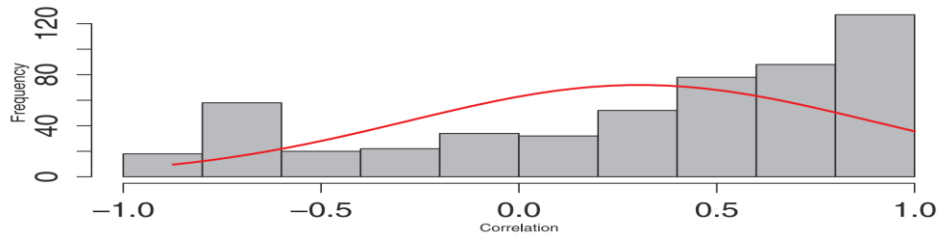
A. În prima fază a direcției a doua, cu referire la cele 23 de monede, se folosește, din P. CARAIANI [65], aceeași **formulă de calcul a corelației Pearson** dată în formula 3.2.1. Astfel este calculată corelația dintre toate perechile de seturi de date prezentate mai sus (Tabelul 4.1.1) cu referire la codurile monetare corespunzătoare țărilor specificate în tabel.

După aplicarea formulei 3.2.1 la toate seturile de date disparate se obțin $(23 \times 22) / 2 = 253$ indici de corelație pe baza cărora este realizată o **histogramă** pentru a vizualiza distribuția datelor (Figura 4.2.1 a, b).

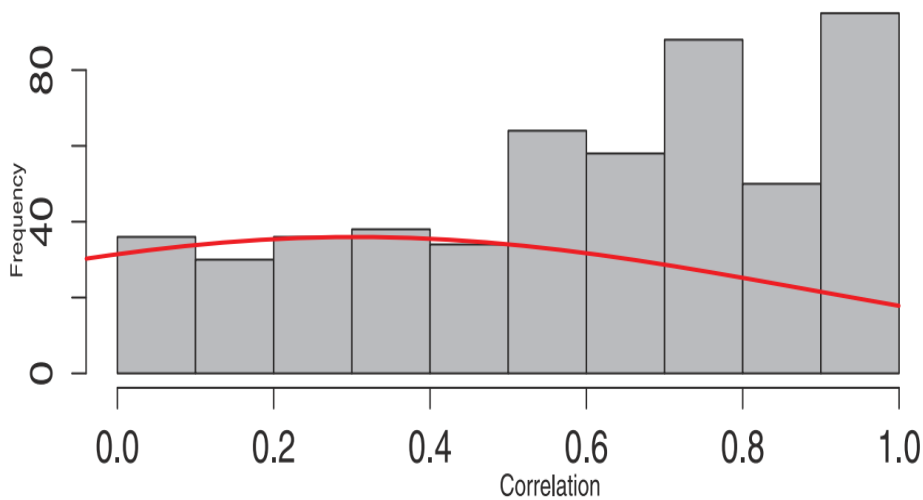
O **secvență de cod** care permite generarea histogramei a 23 monede este următoarea:

```
setwd("C:\\Users\\renata\\Documents\\phD_stuff\\Papers\\SAMI2016")
nodes_stat = read.csv("nodes_stat.csv",header=TRUE)
bet<-nodes_stat[1:23,'Betweenness.Centrality']
close<-nodes_stat[1:23,'Closeness.Centrality']
x=bet;

hist(x,breaks=10, col="grey")
xfit<-seq(min(x),max(x),length=40)
yfit<-dnorm(xfit,mean=mean(x),sd=sd(x))
yfit <- yfit*diff(h$mids[1:2])*length(x)
lines(xfit, yfit*10, col="red", lwd=2)
```



(a)Histograma indicelui de corelație cu distribuție normală



(b)Histograma valorilor absolute ale indicilor de corelație

Figura 4.2.1 Histograma distribuției datelor

După cum se observă din Figura 4.2.1, **distribuția** este una aproape normală, cu mai mult de jumătate din elemente peste pragul impus de valoare absolută de 0.3.

O interpretare economică în acest sens, cu privire la histogramele obținute, este aceea că avem multe monede care sunt corelate pozitiv.

O nouă abordare în expunerea și interpretarea matricilor de corelație este așa-numita "**corelogramă**"(Figura 4.2.2). Introdusă de M. FRIENDLY, în 2002 [79], este o alternativă la matricea brută, păstrând în același timp caracteristicile de reprezentare în spațiu ale unei matrici, dar adaugând elementele de culoare și nuanță.

Interpretarea corelogramei este următoarea: rezultatul algoritmului se poate vedea ca o matrice, având diagonala principală populată cu indicii seturilor de date date prin abrevierea cu 3 litere, elementele de sub diagonala principală sunt reprezentate cu dreptunghiuri de diferite nuanțe, culoarea mai deschisă având cea mai slabă corelație, iar cea mai închisă una ridicată, iar deasupra de diagonala

principală avem aceeași informație însă reprezentată sub formă de cercuri, existând corespondență între cantitatea umplerii și forța corelației.

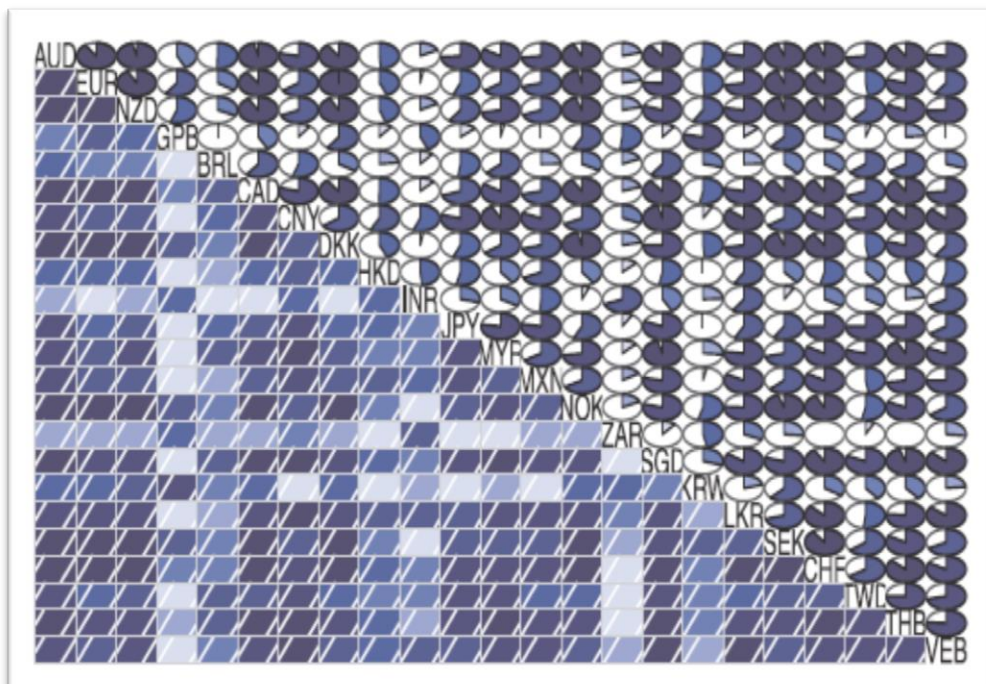


Figura 4.2.2 Corelograma a 23 de seturi de date de schimb valutar

B. Trecând apoi la **etapa a doua** a acestei noi direcții de studiu, legată de piețele financiare se realizează **o nouă modalitate de vizualizare și interpretare** a corelației Pearson pentru cel de-al doilea set format din cele 31 monede selectate.

Pentru o corectă analiză asupra evoluției cursului de schimb valutar se investighează seturile de date puse la dispoziție de pe site-ul BNR, utilizând o bază de date interactivă care permite selecția și exportul seriilor statistice[86]

În cursul de schimb al pieței valutare se **folosesc seriile zilnice** disponibile pentru **perioada de timp 2005-2016**, urmărind cursul la zi pentru 31 de monede, cu abreviere, conforme cu Tabelul 4.3.1.

Din punct de vedere pur statistic, literatura[87] folosește corelația Pearson în analiza proporției în care două seturi de date sunt legate, sau, dacă nu se specifică altfel, verifică existența unei legături între variația unui set aflat în corelație cu celălalt set. Se utilizează formula 3.2.1 luată din [65] pentru a calcula corelația dintre toate perechile de valute.

După aplicarea formulei 3.2.1 asupra tuturor seturilor de date disparate se obțin indicii de corelație $(31 \times 30) / 2 = 465$, care sunt reprezentați inițial printr-o simplă histogramă ce permite vizualizarea distribuției datelor (Figura 4.2.3).

Tabelul 4.3 1 Codurile monetare și abrevierile utilizate a celor 31 de țări selectate

Nr. crt	Moneda	Abreviere	Moneda	Abreviere	Nr. crt
1.	Dirhamul Emiratelor Arabe	CURSZ_AED	Wonul sud-coreean	CURSZ_KRW	17.
2.	Dolarul Australian	CURSZ_AUD	Leul moldovenesc	CURSZ_MDL	18.
3.	Leva bulgărească	CURSZ_BGN	Pesos mexican	CURSZ_MXN	19.
4.	Realul brazilian	CURSZ_BRL	Coroana norvegiană	CURSZ_NOK	20.
5.	Dolarul Canadian	CURSZ_CAD	Dolarul neo-zeelandez	CURSZ_NZD	21.
6.	Yuanul-renminbiul chinezesc	CURSZ_CNY	Zlotul polonez	CURSZ_PLN	22.
7.	Francul elvețian	CURSZ_CHF	Dinarul sârbesc	CURSZ_RSD	23.
8.	Coroana cehească	CURSZ_CZK	Rubla rusească	CURSZ_RUB	24.
9.	Coroana daneză	CURSZ_DKK	Coroană suedeză	CURSZ_SEK	25.
10.	Lira egipteană	CURSZ_EGP	Liră turcească	CURSZ_TRY	26.
11.	Euro	CURSZ_EUR	Grivna ucraineană	CURSZ_UAH	27.
12.	Lira sterlină	CURSZ_GBP	Dolarul SUA	CURSZ_USD	28.
13.	Kuna croată	CURSZ_HRK	Uncia de aur	CURSZ_XAU	29.
14.	Forintul ungiuresc	CURSZ_HUF	Moneda FMI	CURSZ_XDR	30.
15.	Rupia indiană	CURSZ_INR	Randul sud-african	CURSZ_ZAR	31.
16.	Yenul japonez	CURSZ_JPY			

Secvența de cod care generează această histogramă este:

```
setwd("C:\\Users\\renata\\Documents\\phD-stuff\\Papers\\SAMI2016")
exchangeRates = read.csv("cursuriValutare.csv",header=TRUE)
```

```

correlations<-cor(exchangeRates,use="complete.obs", method = "pearson")
correlations=abs(correlations);

h<-hist(correlations, breaks=10, col="grey", xlab = "Correlation",ylab="Corr
Value", main="Correlation of the exchange rate")

xfitCor<-seq(min(correlations), max(correlations), length=50)
yfitCor<-dnorm(xfitCor,mean=mean(correlations),sd=sd(correlations))

yfitCor <- yfitCor*diff(h$mids[1:2])*length(correlations)
lines(xfitCor, yfitCor, col="red", lwd=2)

```

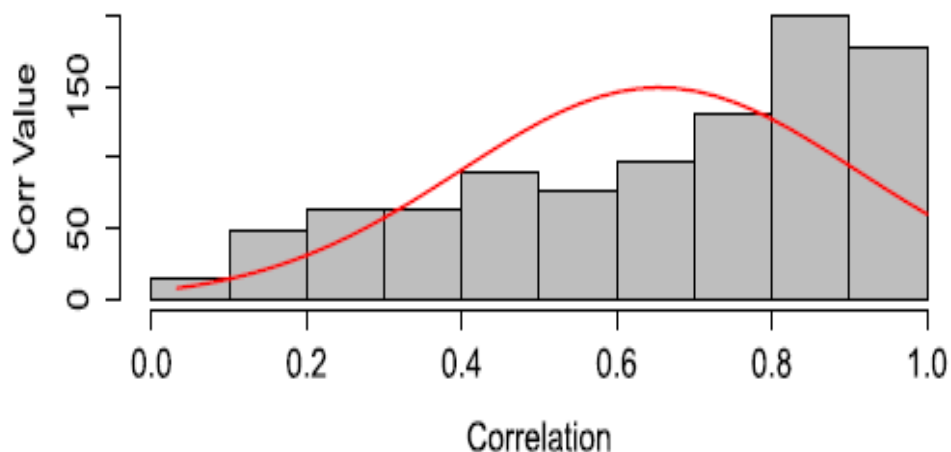


Figura 4.2.3. Distribuția corelației dinamicii ratei de schimb pentru cele 31 de valute analizate

Distribuția normală suprapusă cu roșu arată o valoare maximă.

După cum se observă, distribuția din figura anterioară este una aproape normală, cu mai mult de jumătate de eșantioane peste pragul impus de valoare absolută 0.3.

O altă abordare în cadrul aceleași etape o constituie și **reprezentarea și interpretarea matricilor de corelație**, reprezentate prin așa-numita corelogramă. Aceeași corelogramă este folosită și în cazul celor 31 de valute (Figura 4.2.4.) iar secvența care permite construirea corelogramei mele este:

```

library(corrgram)
corrgram(correlations, order = TRUE, lower.panel = panel.conf, upper.panel =
panel.pie, text.panel = panel.txt, main="Correlogram")

```

```
write.table(correlations, file="correlations.csv", sep=","
```

Introdusă de Friendly în 2002 [79], corelograma este o alternativă la matricea simplă, care însă păstrează în același timp caracteristicile spațiale ale unei matrici, dar adaugă elemente de culoare și nuanțe.

Interpretarea corelogramei este următoarea: ieșirea algoritmului se poate considera o matrice, cu diagonala principală populată cu indicii seturilor de date, colțul de jos, cu elementele aflate sub diagonala principală, este reprezentată cu valori corespunzătoare ale monedelor, de la cele mai mici valori ale corelațiilor, la cele mai mari, iar elementele aflate deasupra diagonalei principale au aceleași informații dar reprezentate sub forma unor discuri în care există o corespondență între cantitatea de umplere și puterea corelației.

Corelograma celor 31 de seturi de date ale cursurilor de schimb arată o **spațializare vizuală 2D** a corelației dintre oricare două seturi ca nuanțe de culoare și discuri umplute proporțional.

Dacă vrem să vedem **forța corelației** între două seturi din punct de vedere calitativ, trebuie să identificăm corespondența dintre cele două „celule” corespunzătoare, simetrice față de diagonala principală și să ne uităm la intersecția dintre ele în triunghiul inferior sau superior al matricii (Figura 4.2.4).

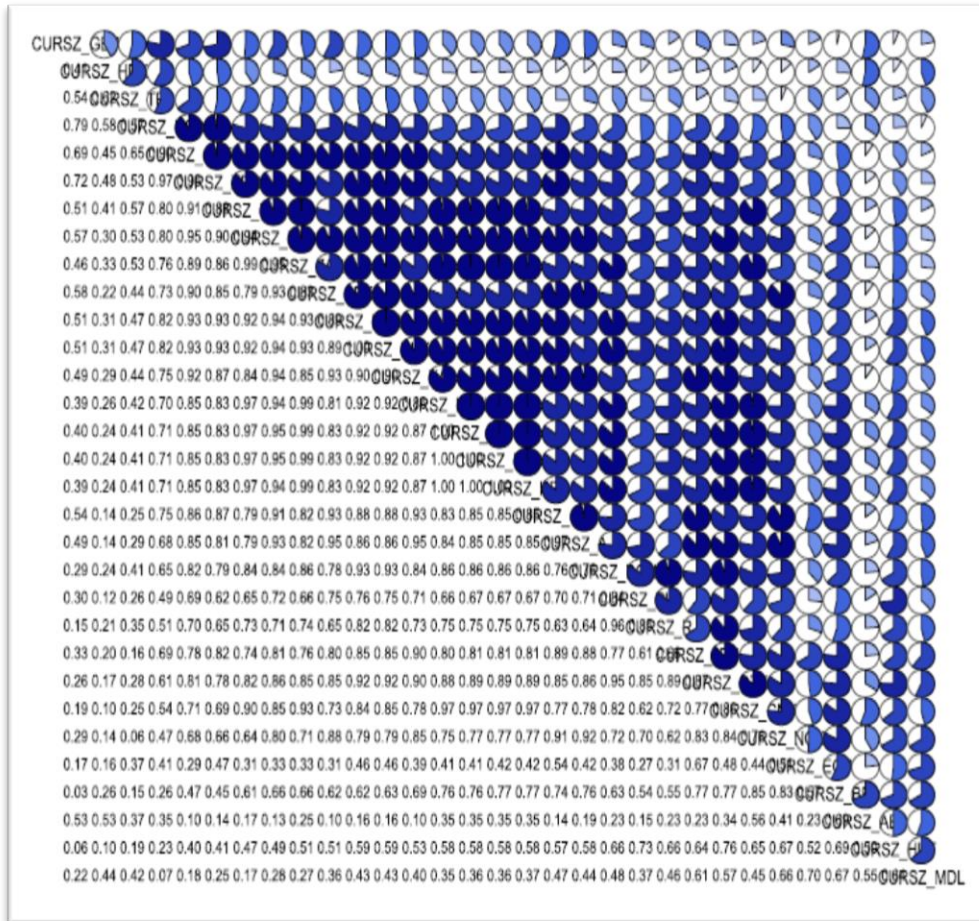


Figura 4.2.4. Corelograma a 31 de valute selectate

4.3 Determinarea rețelei bazate pe corelație. Reprezentarea acesteia cu privire la analiza structurii piețelor financiare

O altă abordare, mult mai interesantă, privind de această dată reprezentarea rețelei bazate pe corelație, legată de piețele financiare, este tot bazată pe teoria rețelelor complexe, prin care se **construiesc rețele** corespunzătoare și din care se obțin noi informații pe baza **proprietăților topologice** ale acestora, trecând în acest mod de la **reprezentarea 2D** la cea **3D**.

Una dintre cele mai folosite metode de construire a rețelilor pe baza seriilor de timp financiare este reprezentarea indicelui de corelație Pearson sub forma unui graf.

Toate reprezentările grafurilor prezentate în această direcție de cercetare și măsurătorile legate de calculele grafului sunt făcute cu ajutorul Gephi 0.8.2 beta [80], unul din instrumentele de bază open source pentru analiza rețelilor și grafurilor.

Se urmăresc aspecte legate atât de cele 23 monede selectate în prima etapă cât și privitoare la noua selecție a celor 31 valute care se prelucrează .

A. Într-o primă etapă din direcția a doua de studiu, pentru a aplica această metodă, se pornește de la definirea grafului, ca un set de 23 noduri reprezentate de ratele de schimb valutar și setul muchiilor indirecte măsurate prin indicii de corelație $r_{i,j}$. Drept consecință, se construiește o matrice.

E ușor de observat că prin această abordare se obține un graf complet, (Figura 4.3.1 (a) și Figura 4.3.1 (b)), din care, se obțin anumite interpretări dar nu, neapărat, cele mai semnificative.

Pentru a obține o mai bună interpretare legată de piețele financiare, se formează un graf incomplet, construind, din graful complet inițial, un graf parțial, eliminând anumite date obținute prin impunerea unui prag al indicelui de corelație (Figura 4.3.2).

Folosind pragul standard din literatura de specialitate de valoare absolută 0.3, printr-o filtrare a seturilor necorelate, se obține un graf corespunzător, care permite o vizualizare mult mai clară a corespondențelor dintre date.

În continuare se cuantifică gama de indici de corelație în cinci grupuri disparate, după cum se vede în Tabelul 4.3.1. Gamele de interval și culorile sunt adoptate din P. CARAIANI [65], pentru uniformizare cu restul studiilor

Toate redările grafului prezentat în această cercetare și calculul măsurătorilor grafului de computație se realizează folosind Gephi 0.8.2 beta, sursă dezvoltată de M. BASTIAN, S. HEYMANN, M. JAMCOV [80], unul dintre cele mai importante instrumente de sursă deschisă și analiză a grafurilor.

Rețeaua de corelație formată din cele 23 de abrevieri ale ratelor cursului de schimb valutar constituie un graf complet, după cum se vede în Figura 4.3.1, cu cele două forme de reprezentare (a) și (b). Fiecare nod se leagă de toate celelalte prin muchii, având indicii de corelație folosit în marcarea muchiei. Se accentuează în mod special, conexiunile din cazul monedei EUR (Figura 4.3.1(a)). Se observă diferitele grosimi și culori ale muchiilor, în funcție de importanța legăturilor dintre acestea.

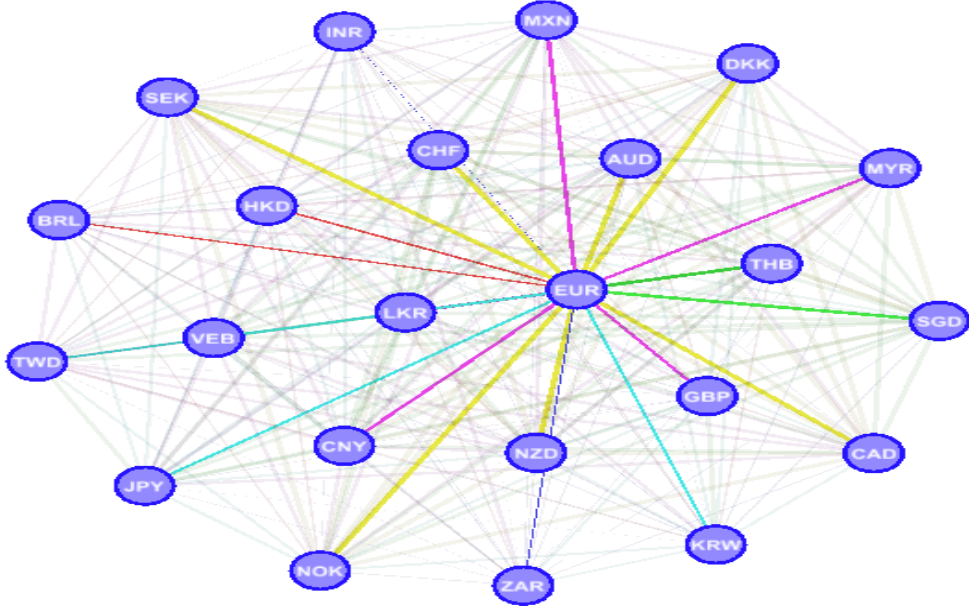


Figura 4.3.1(a) Graf complet. Accent pe EUR

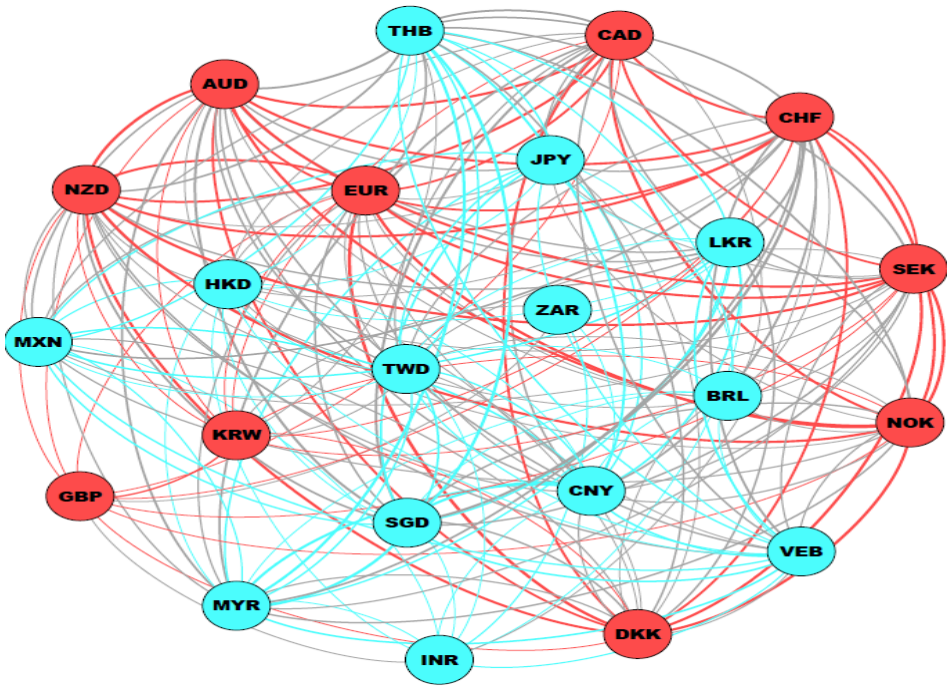


Figura 4.3.1(b) Rețeaua de corelație a 23 monede

Figura 4.3.1 Forme de reprezentare graf pentru rate schimb valutar

În Figura 4.3.2 este reprezentat **graful parțial** obținut după filtrarea muchiilor cu pragul impus de 0.3. După ce se folosește un algoritm de detecție a comunităților asupra grafului nou se observă două comunități distincte (colorate în roșu și respectiv albastru) de monede „similare”.

Figura 4.3.2 ne indică faptul că graful obținut este incomplet, după ce se elimină muchiile cu un indice de corelație mai mic de 0.3, observând că acesta a devenit un graf parțial, în care se evidențiază **două tipuri de comunități**.

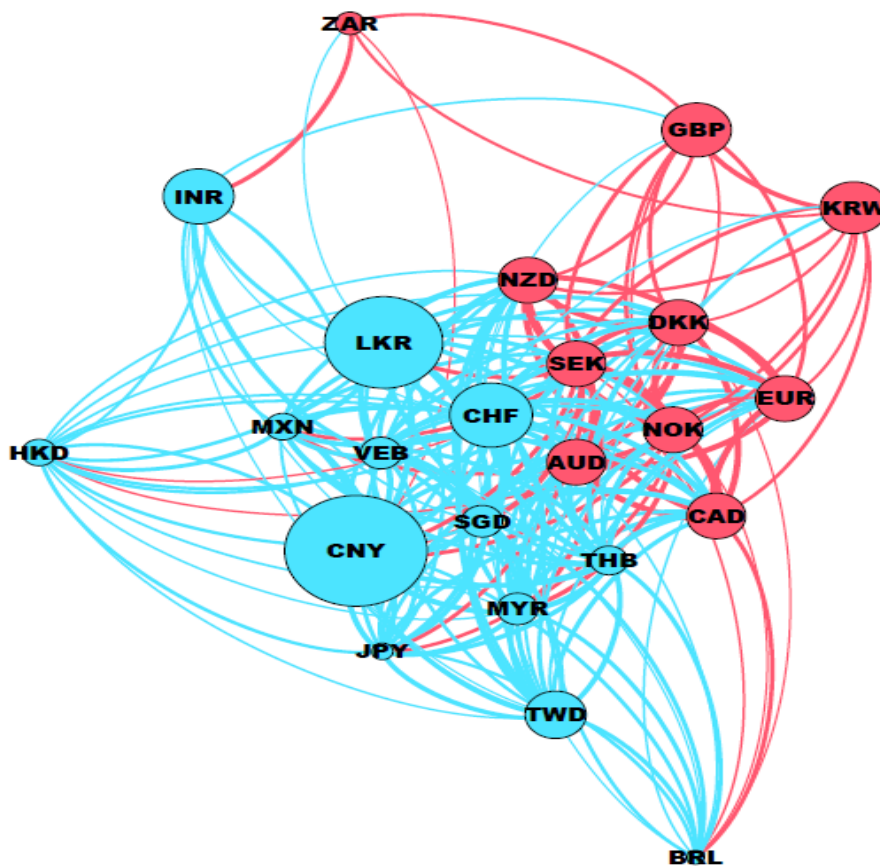


Figura 4.3.2 Graful de corelație cu muchii filtrate după eliminarea celor cu indicele de corelație < 0.3

La graful acesta se observă niște aspecte. El are doar 202 muchii, ceea ce reprezintă 79.84% din graful inițial, conform cu **distribuția corelației**.

Tot Figura 4.3.2 ne înlesnește să remarcăm că graful are gradul mediu cu valoarea exact 17.56, ceea ce este echivalent cu numărul nodurilor (monedelor), care sunt într-un fel conectate în tendințele lor.

Cercetarea nu se oprește aici, iar pentru a afla informații și mai interesante din datele selectate, se aplică iar câteva tehnici de analiză a rețelelor complexe asupra grafului.

Ca urmare a mai multor rezultate corecte obținute aplicând **algoritmul detecției comunității pe bază de modularitate**, se utilizează acest algoritm și asupra datelor ce reprezintă piețele financiare.

Algoritmul se bazează pe **analiza coeficientului clusterelor, folosind metrica modularității lui M. E. NEWMAN** [81].

Pentru a detecta grupurile de noduri, având caracteristici structurale simultane, în cazul acesta specific, având un grad mediu cu valoare mare în interiorul comunității și o slabă conectivitate cu alte comunități, aplicând algoritmul de detecție a comunităților, cu parametrul având o rezoluție de 1.0 pe graful filtrat din Figura 4.3.2, se obține subgraful din Figura 4.3.3. Se pot vedea comunitățile distincte din figura anterioară care constau în noduri roșii și albastre.

Aplicând **metodologia într-un mod recursiv** la una din comunități, se observă comportamentul ierarhic al rețelei. Se mai poate observa al doilea nivel de analiză al „comunității-roșii” din Figura 4.3.2.

Fostul grup al „monedelor majoritar europene” e subdivizat în două comunități distincte, cu o mai mare delimitare a granițelor, acestea fiind remarcate în Figura 4.3.3.

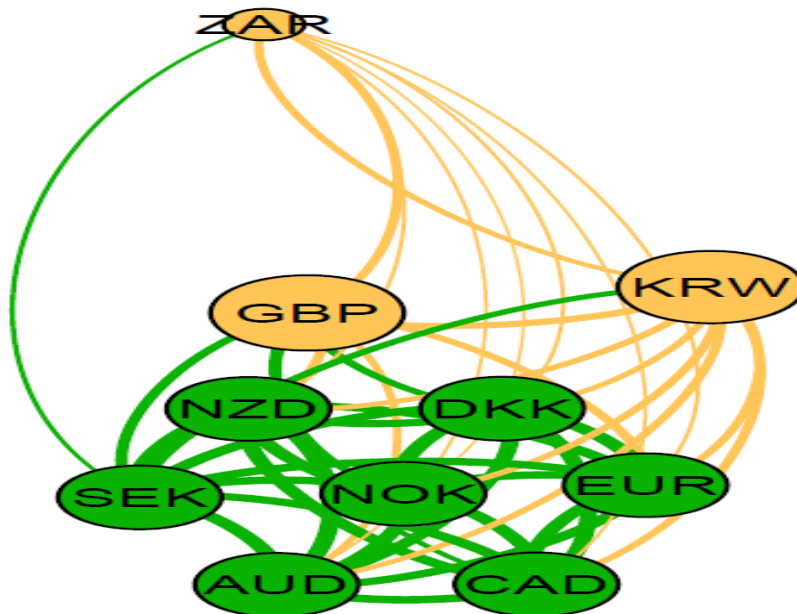


Figura 4.3.3 Graf filtrat cu algoritmul de detecție a comunităților

„Comunitatea-verde” obținută în Figura 4.3.3 în urma filtrării făcute, constă în unele legături existente între monede pur anglo-saxone, în timp ce comunitatea

portocalie constă în monedele unor țări puternice precum Marea Britanie, Coreea de Sud sau cea mai dezvoltată țară din Africa, și anume, Africa de Sud.

Următorul pas important este acela de îndreptare a atenției asupra vizualizării în mod geometric, cu reprezentare în spațiu a rețelei, folosind instrumente și algoritmi specifici.

Chiar dacă în rezultatele obținute în acest subcapitol s-a folosit algoritmul Fruchterman-Reingold, se poate observa că nu e cel mai util în analiza proprietăților structurale ale relațiilor pentru că este „dezordonat vizual”.

De un mult mai mare interes pentru cercetare este algoritmul Force Atlas 2, care este implementat ca plugin standard în Gephi.

Configurația **Force Atlas 2** se bazează pe **analogia forțelor gravitaționale** care atrag nodurile și rezolvă problema multor sisteme fizice în mecanică.

Există mai mulți parametri care pot ajusta comportamentul algoritmului, dar în cazul acesta cea mai importantă este „influența greutatei muchiei” și se bazează pe semantica datelor utilizate în parametru, cu o gamă de la 1 la 10, setarea făcându-se la valoarea 4.

Rezultatul obținut permite observarea grupării prin vizualizarea în spațiul multidimensional a celor două comunități cu doar câteva noduri izolate.

Implicațiile majore ale acestor proprietăți obținute se pot analiza și în continuare.

Coeficientul de clustere este o altă măsurătoare specifică, introdusă în cazul analizei rețelelor complexe. D. J. WATTS and S. H. STROGATZ o definește în [82] ca „măsură a gradului” iar „nodurile dintr-un graf tind să se grupeze”. Pentru rețeaua ratei de schimb valutar, coeficientul de clustere este de 0.865, apropiat de o rețea fără scală.

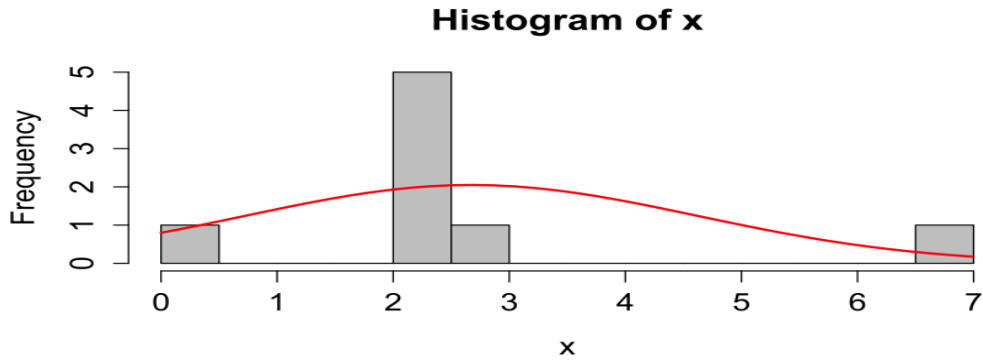
Centralitatea interioară este o măsură a centralității, definită pentru rețelele complexe, aplicată atât nodurilor cât și muchiilor. Când se aplică nodurilor, centralitatea interioară se calculează ca numărul căilor celor mai scurte care intersectează nodurile specifice. Astfel, se calculează cea mai scurtă cale dintre oricare două noduri și pentru fiecare nod se numără câte căi trec prin acel nod specific.

De asemenea, **distribuția centralității interioare** este un indicator cheie al tipului de rețea complexă. M. BASTIAN, S. HEYMANN, and M. JAMCOV [80]. Distribuția legăturilor dintre noduri este considerată de tip putere aceasta stând la baza rețelelor sociale, iar distribuția uniformă a rețelelor aleatoare este dată de M. E. NEWMAN [81]. În cazul meu se poate vedea din Figura 4.3.4 (a) o distribuție normală, conformă cu tipul rețelelor pe care le construiesc și le folosesc.

În același timp, distribuția centralității de apropiere, care e o altă măsură a centralității, bazată pe distanța topologică dintre fiecare nod și toate celelalte noduri ale rețelei, prezintă o distribuție normală similară (Figura 4.3.4 (b)).

Rețeaua de corelație a ratelor de schimb valutar este un graf complet, după cum se vede în Figura 4.3.1. Fiecare nod este legat de toate celelalte prin muchii cu indexul de corelație în loc de grosimea muchiilor. Sunt accentuate conexiunile din cazul monedei EUR. Se observă diferitele grosimi și culori ale muchiilor, în funcție de importanță.

În Figura 4.3.2 este reprezentat graful parțial obținut după filtrarea marginilor cu pragul impus de 0.3. După ce folosesc un algoritm de detecție a comunității pe graful nou se observă două comunități distincte (colorate în roșu și respectiv albastru) de monede „similare”.



(a) Distribuția centralității interioare și curba normală suprapusă

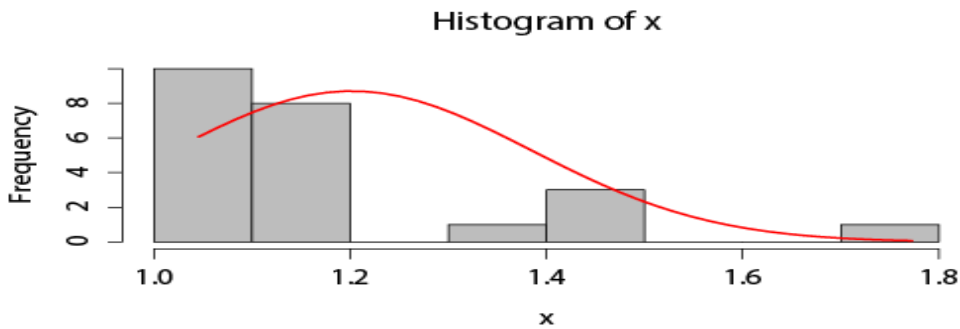
(b) Distribuția centralității de apropiere rețeaua de corelație, $c_{i,j} > 0.3$

Figura 4.3.4 Distribuție normală rețea

B. În ceea ce privește **a doua etapă**, legată de structura și dinamica piețelor financiare a **31 de monede**, se realizează **determinarea rețelei bazată pe corelații**, utilizând și de această dată, una din metodele de construire a rețelelor bazată pe **serii de timp financiare**.

Astfel se reprezintă coeficientul de corelație Pearson printr-un graf. Pentru a aplica această metodă, se definește graful, ca un set de noduri, reprezentat de ratele de schimb valutar $S_i = \{AED, AUD, BGN, BRL, \dots, ZAR\}$, $i = \overline{1, n_s}$, unde n_s este numărul seturilor (în acest caz 31), utilizând abrevieri standard ale codurilor monetare internaționale, selectate, respectând informațiile din Tabelul 4.3.1 și setul muchiilor grafului neorientat măsurate prin corelația indicelui de corelație $r_{i,j}$ între seturile S_i și S_j . În acest mod se construiește o matrice $R_{n_s \times n_s}$.

Se poate observa că se construiește **un graf complet** prin această abordare, (Figura 4.3.5) care prezintă interpretări ale geometriei spațiale din care se pot obține anumite concluzii.

Aplicând algoritmul Force Atlas2[151], de configurație a unei rețele la graful original, se obține o **structură bipolară** cu o **aglomerare foarte densă de**

clustere în jurul valutelor europene și a unora tranzitionale cum ar fi yuanul chinezesc. Lira egipteană și leul moldovenesc își mențin poziția de legătură datorită corelației lor puternice cu economia nord africană și respectiv a spațiului rusesc. Lira turcească (TRY), poate fi analizată ca exponent al economiei de legătură, influențată de contextul geopolitic, ca punct central între Europa și Orientul Mijlociu.

În continuare se cuantifică gama indicilor de corelație în cinci clustere disparate, după cum se vede în Tabelul 4.3.2. Gama și culorile de interval sunt adoptate din [65], pentru o viziune constantă în toate studiile, renunțând la elementele ale căror indice de corelație e mai mic decât valoarea 0.3.

Folosind algoritmul de detecție și grupare pe rețeaua finală filtrată se obțin **șase comunități**, fiecare din ele cuprinzând largi mase economice. Aglomerarea din mijloc este componenta majoră, reprezentată de valutele statelor Uniunii Europene (unde CAD, XAU, JPY-valutele marcate cu galben) conforme cu Figura 4.3.6.

Tabelul 4.3.2. Corelația clusterelor și codificarea cromatică monede după eliminare prag <0.3

Indicele de corelație	Culoare
[0.3, 0.45)	Galben
0.45, 0.6)	Roșu
[0.6, 0.75)	Verde
[0.75, 0.9)	Albastru
> 0.9	Negru

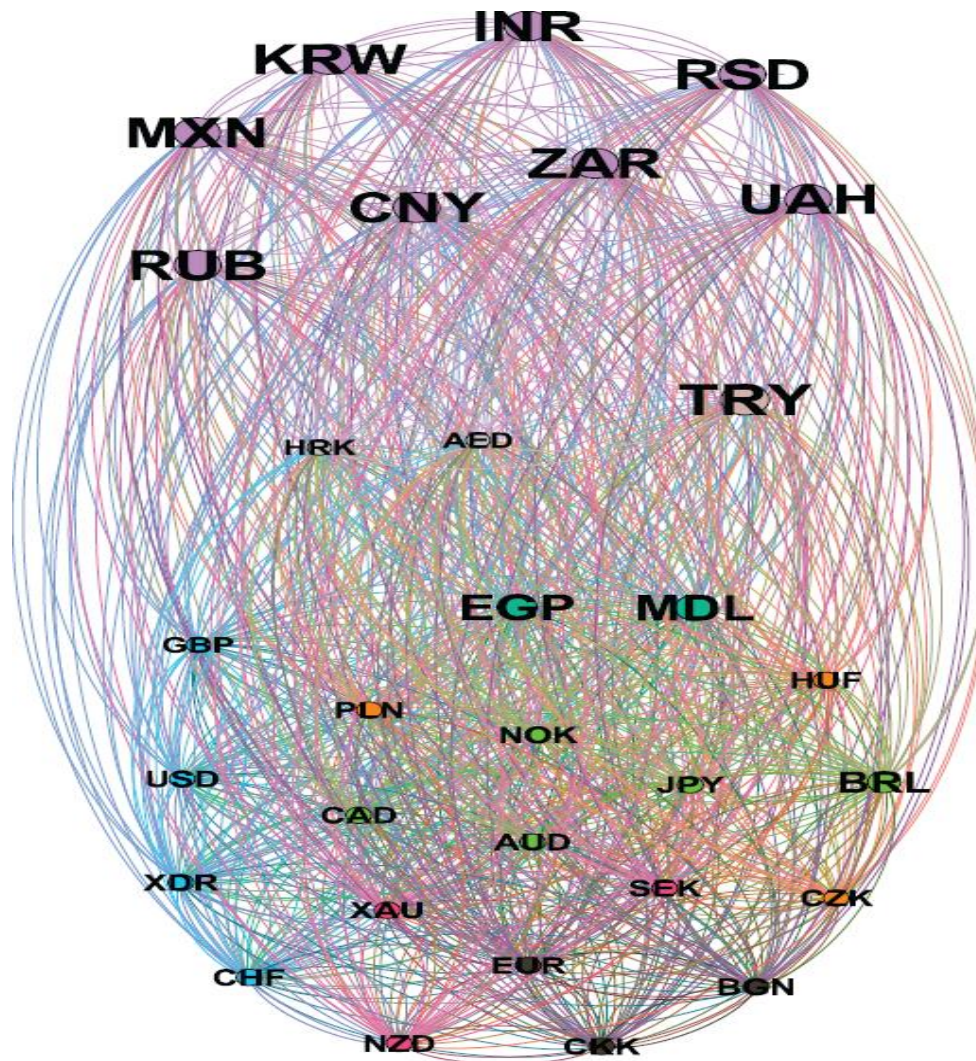


Figura 4.3.5 Graf complet legat de dinamica financiară a 31 de valute

Pentru a putea obține noi interpretări, mai precise, în ceea ce privește anumite piețe financiare, se formează un graf incomplet, folosind un **prag de valoare absolută de 0.3** pentru a filtra seturile necorelate, construind un **graf nou** din cel initial. Se realizează astfel graful din Figura 4.3.7. prin eliminarea muchiilor cu indicele de corelație < 0.3 .

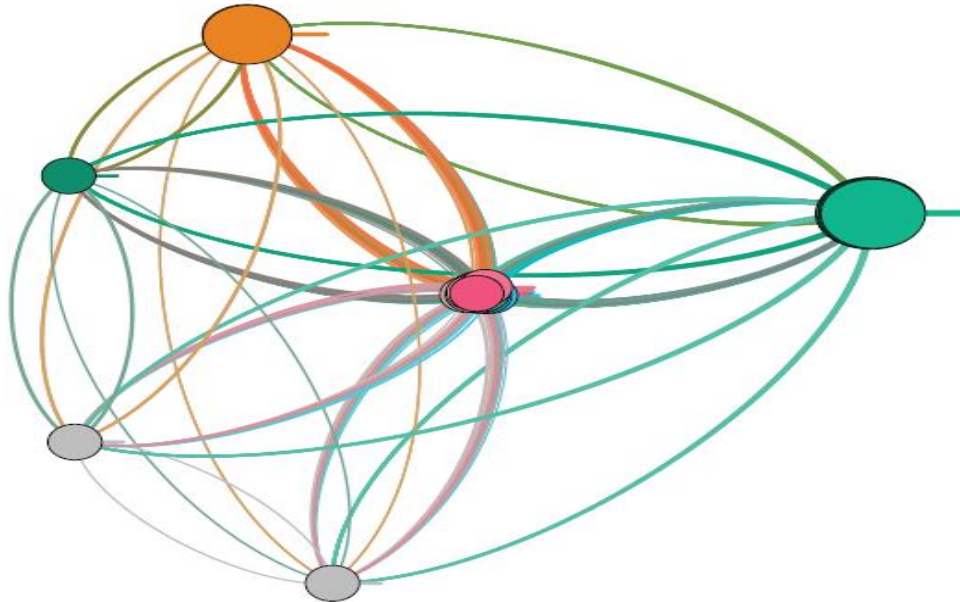


Figura 4.3.6. Rețea finală filtrată cu algoritm detecție comunități

Figura 4.3.7. arată graful după eliminarea muchiilor cu indicele de corelație mai mic decât valoarea 0.3. Se observă mai multe aspecte interesante.

Algoritm de detecție a comunităților identifică mai multe comunități distincte bazate doar pe structura topologică a rețelei. Din punct de vedere economic **există o corelație bună** între structura topologică a rețelei și comerțul real dar și schimbul existent între țări.

Din punctul de vedere al cercetării, aceasta dezvăluie niște **modele ascunse de practici economice**: comunitatea binomială compusă doar din MDL (leul moldovenesc) și EGP (lira egipteană) sunt mai în afară, dar locația lor se explică prin faptul că sunt intermediari între două subcontinente majore: Rusia și Africa de Nord.

Aceeași metodologie se aplică pentru **pragul de corelație mai mare decât valoarea 0.7**, obținând o **partiționare** mult mai **puternică a rețelei**, care, în timp, își păstrează proprietățile și considerațiile generale ale rețelei anterioare (Figura 4.3.7.). Aceasta ne oferă și o perspectivă mai bună în **poziționarea centrală a valutei europene**, care este strâns legată de valutele partenerilor majori economici din toată lumea, și în același timp, este mai puțin influențată de dinamicile valutelor din Rusia, China și America de Sud. Toate aceste aspecte sunt vizibile în Figura 4.3.8.

Studiul nu se oprește aici, iar pentru a afla o perspectivă și mai interesantă, în ceea ce privește datele selecționate, se aplică acestui graf niște tehnici de analiză a rețelelor complexe.

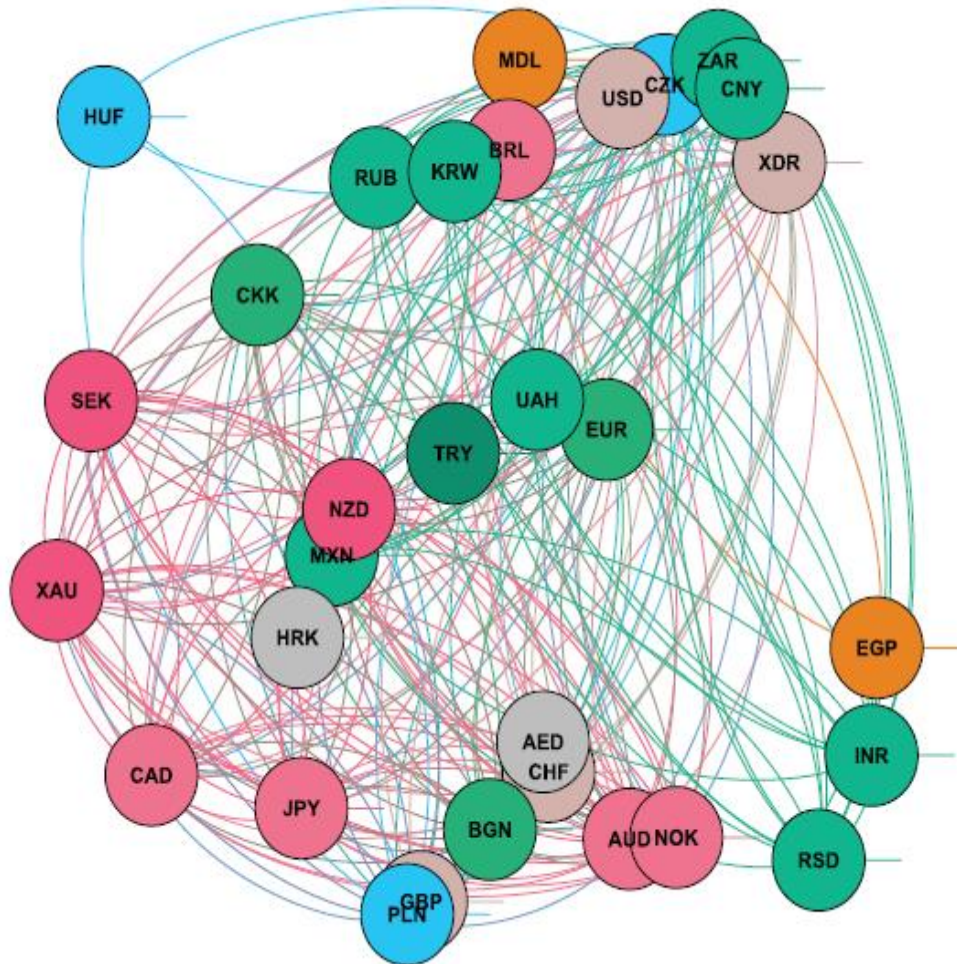


Figura 4.3.7. Rețea de corelație cu indicii de corelație mai mari decât 0.3

De o deosebită importanță și cu bune rezultate, se folosește algoritmul de detecție a comunităților, bazat pe modularitate a lui **Newman** [81] unde se observă **conectivitatea scăzută între comunități** (Figura 4.3.8).

În continuare orientarea se realizează spre vizualizarea rețelei prin alte instrumente și algoritmi specifici, cu un interes mai mare pentru investigații atente îndreptându-se spre algoritmul **Force Atlas 2**, care este implementat ca plug-in standard în Gephi. Există mai mulți parametri care pot ajusta comportamentul algoritmului, dar în cazul de față **cel mai important parametru îl reprezintă influența ponderii muchiei**. Acesta se bazează pe semanticele obținute din parametrul cu gama de 1 la 10, setată pentru această discuție la valoarea 1.0. Reprezentarea obținută se poate vedea în Figura 4.3.5.

Se păstrează rețeaua doar pentru **indicii de corelație mai mari** decât valoarea **0.7**. Se pot observa **două mari grupări** a clusterelor în cele două comunități cu doar câteva noduri „rebele” în Figura 4.3.8.

Ținând cont de un coeficient de grupare, definit în [82] pentru rețeaua cursului de schimb filtrată **coeficientul de grupare** se apropie de cel al unei rețele fără scală.

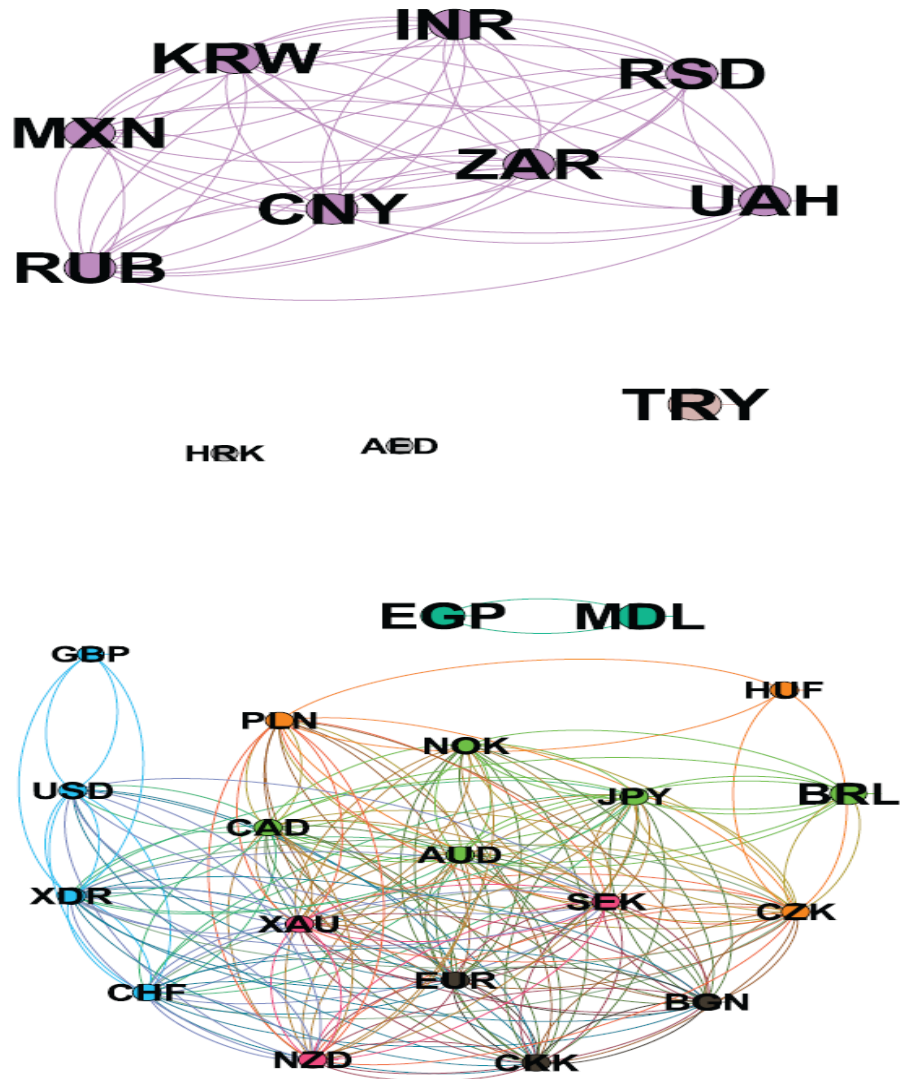


Figura 4.3.8. Rețeaua de corelație cu indiciile cor > 0.7

4.4 Algoritmul CORGRA

Algorithm 2 Metodologia CORGRA

Input: Set of 3-dimensional data $C = \text{CurrencyA}, \text{CurrencyB}, \text{Rate}$ over a timespan T

A: Building the graph

```

1 :  $G[|C|][|C|] = \{0\}$ 
2 : FOREACH  $Sample_i$  IN  $C$  DO:
3 :    $C_{eq} \leftarrow \{C_i \in C \mid time(C_{eq}) = time(C_i)\}$ 
4 :   FOREACH  $Eq_j$  IN  $C_{eq}$  DO:
5 :      $Corr(i, j) \leftarrow Pearson(C_{eq}, Eq_j)$ 
6 :      $G(i, j) \leftarrow Corr(i, j)$  ; directed graph
7 :   ENDFOR
8 : ENDFOR

```

B: Community detection

```

10 : import  $G$  data in Gephi
11 : FOR  $r \in \{0.1 \cdot k \mid k = \overline{1, 10}, k \in \mathbb{N}\}$  DO
11 :   ;detect communities with given  $r$ 
12 :    $COMM[k] \leftarrow \text{number of communities}(r)$ 
13 : ENDFOR

```

```

14 : ;plot  $COMM[k]$  of  $k$ 

```

```

16 : ;choose  $R$  as  $k$  for inflexion point of  $COMM[k]$ 

```

Output: R and visual representation for G using R

În succesiunea de operații anterioare, denumită Metodologia **CORGRA** este implementat, folosind limbajul pseudocod, un algoritm, creație personală, care are drept scop, reprezentarea unui set de date economice (determinate dintr-o formă brută și având valori numerice), printr-o formă cu reprezentare într-un spațiu multidimensional, folosind rețele complexe.

Algoritmul permite introducerea unui set de date referitoare la evoluția cursului de schimb valutar sub forma unei colecții de 3-tuple, astfel încât o "înregistrare" corespunde valorii cursului de schimb între CurrencyA și CurrencyB la momentul de timp T_i .

Întregul set de date cuprinde cursul valutar pe o perioadă de T zile.

În **prima parte A** a algoritmului se construiește matricea de adiacență a grafului orientat ponderat aferent setului de date.

Astfel se iterează prim-setul de date selectat iar pentru fiecare înregistrare ($Sample_i$) se construiește lista C_{eq} , formată din toate înregistrările avute la

dispoziție pentru data la care se găsește $Sample_i$. Mai apoi se iterează, peste acest al doilea set de date și se calculează indicele de corelație Pearson pentru cele două seturi de date ($Corr(i,j)$), care devine ponderea legăturii direcționate dintre i și j în matricea de adiacență a grafului.

În **etapa următoare B** se importă datele în aplicația Gephi și se generează, graful, aplicând algoritmul de detecție a comunităților, pentru întreaga plajă de valori iar apoi se alege valoarea ce corespunde punctului de inflexiune a graficului. Pentru această valoare se generează graficul partiționat în comunități și se vizualizează rezultatul.

4.5 Concluzii referitoare la a doua direcție de cercetare

Pentru investigațiile prezentate în a doua direcție ele pot oferi o înțelegere nouă asupra piețelor financiare globale, văzute ca rețele complexe.

De această dată cercetarea este realizată în **două etape**, făcând o paralelă asupra a două seturi de date de intrare.

În prima etapă sunt supuse explorării **23 de serii de timp** acoperind rata schimbului valutar în raport cu dolarul american pe o **perioadă de 14 ani**, din ianuarie 2004 până în august 2014, iar în cea de a doua etapă asupra a 31 de monede, pe o perioadă apropiată de cea curentă iar informațiile sunt selectate ca fiind mai apropiate de perioada actuală. Calculând indicele de corelație al datelor, se realizează mai întâi o analiză statistică a datelor și după analiza distribuției datelor se construiește o corelogramă ca tehnică de vizualizare specifică pentru a prezenta corelația diversilor indici.

Cercetarea se axează pe **folosirea analizei rețelelor complexe**. După ce se definește mecanismul construirii rețelei de corelație, se construiește un graf complet asociat și subgrafurile corespunzătoare (prin impunerea diverselor praguri pentru indicii de corelație).

După ce se aplică pragul de 0.3 asupra datelor, se observă că 79.84% din seriile de date sunt corelate încă, ceea ce înseamnă că **există o corelație statistică între majoritatea monedelor principale ale lumii**, independent de țara sau continentul de origine.

În următoarea etapă a analizării datelor se calculează metricile specifice rețelelor complexe. Folosind metricile comune se pot compara diversele noduri geografice în funcție de rata cursului lor valutar, adică structura piețelor țărilor respective.

Se evidențiază un rezultat ce provine din algoritmul de detecție a comunităților care a fost aplicat grafului. Se consideră că doar folosind caracteristicile topologice ale rețelei putem deriva caracteristicile piețelor financiare, iar comunitățile identificate confirmă ipoteza presupusă.

Primul pas cu rezultate destul de bune se poate observa în Figura 4.3.2. Acolo se identifică „comunitatea-roșie”, care constă în 10 noduri și „comunitatea-albastră”, cu restul de 13 noduri. Comunitatea-albastră constă în monedele asiatice, în timp ce comunitatea-roșie e puțin mai variată, cu monede preponderent din zona Euro, dar și câțiva intruși ca **{AUD; CAD; ZAR; KRW}**. Consider că aceasta este expresia comerțului economic între țări. De exemplu **KRW** este won-ul sud-corean, iar în același timp Coreea de Sud este unul din jucătorii majori pe piața industrială și electronică. Rand-ul sud-african **ZAR** are un comportament similar, explicabil prin faptul că Africa de Sud a fost Colonie britanică (cel puțin în parte), și în același timp

diaspora Coreei de Sud din Africa de Sud este cea mai numeroasă din Africa, ceea ce explică schimbul economic mai înalt între cele două țări D. J. WATTS and S. H. STROGATZ [82].

La al doilea nivel al investigației realizat în legătură cu a doua direcție de cercetare, se ia în considerare posibila ierarhie structurală a datelor și se continuă cercetarea prin aplicarea în mod recursiv a algoritmului pentru comunitățile de prim nivel identificate în Figura 4.3.2. De exemplu **comunitatea-roșie se divide ulterior în două comunități granulare** cu o mai mare definiție a granițelor conformă cu Figura 4.3.3. Comunitatea portocalie de acum este cea discutată mai sus, formată din monedele britanice, sud-coreene și sud-africane, în timp ce comunitatea-verde se compune din monedele de schimb tradiționale europene.

În a doua etapă, cercetarea se aplică asupra politicii cursului de schimb a leului, asupra a 31 de monede, iar informațiile sunt selectate ca fiind mai apropiate de perioada actuală, în perspectiva abordării monedei unice EURO, adoptând aceeași strategie ca și în prima etapă, folosind instrumente care să permită o mai bună analiză prin utilizarea rețelilor complexe.

O gravă problemă cu care se confruntă națiunile o reprezintă paritatea puterii de cumpărare care permite o analiză serioasă legată de modul în care influențează prețurile cursul de schimb.

Astfel, una din problemele cu care se confruntă macroeconomia, cu rădăcini încă după al doilea război mondial, o constituie teoria parității puterii de cumpărare, ce stă la baza Legii Prețului Unic. Ea se referă la egalitatea prețurilor pe piețe diferite exprimată însă cu aceeași monedă, dar dovezile existente nu susțin această teorie.

Există însă, arbitrajul, care poate duce cursul de schimb la echilibru, conform legii menționate. Anumite forțe economice pot interveni în egalarea puterii de cumpărare între state.

În tratatul de la Maastricht există o serie de criterii și de indicatori pentru a putea menține stabilitatea cursului de schimb. În acest mod, statul, prin politicile monetare și cursul de schimb trebuie să garanteze seriozitate atât pe piața bunurilor cât și pe piața monetară. Fluctuațiile monetare se obțin ținând cont de circulația banilor dar și de agregatele monetare existente.

Abordarea a doua vizează cursul de schimb pe o perioadă de circa 11 ani, raportându-ne la cele 31 de monede colectate din statistica pusă la dispoziție de Banca Națională a României (Tabelul 4.3 1).

Prin folosirea unei monede unice de către statele membre ale UE apar noi avantaje precum cel al eliminării riscului valutar și al costurilor de tranzacționare, întărind astfel și relațiile de comerț exterior între aceste țări. Ceea ce influențează exporturile dar și importurile unui stat este cursul real de schimb, și nu cel nominal.

În concluzie, se folosește o nouă abordare în ceea ce privește evoluția cursului de schimb legată de o anumită perioadă de ante-criză, 2005-2007, perioada de criză 2008-2009 dar și perioada post-criză 2009-2016, oferind o bună vizibilitate prin intermediul rețelilor complexe, folosind geometria spațială.

În acest mod, factorii responsabili vor putea elabora noi proceduri care să permită o cât mai bună funcționare a unui stat în ceea ce privește dinamica și politica monetară a statului nostru.

5 REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN IMPORT-EXPORT EU-28

O nouă abordare, prezentată în acest capitol, are aplicabilitate, prin intermediul rețelilor complexe, asupra unor categorii de seturi de date legate de operațiuni de import-export ale țărilor actuale din UE.

Și de această dată prezentarea este legată de examinarea unor situații și vizualizări într-un spațiu multidimensional, realizând prelucrări și relaționări prin intermediul grafurilor orientate. Această abordare permite crearea unor legături cu primele două studii, dezvoltate în capitolele 3 și 4 .

Acest al treilea studiu al tezei, realizat și dezvoltat în acest capitol 5, vizează crearea algoritmului **IMEXGRA** ce implică determinarea și aplicarea unor tehnici ale rețelilor complexe asupra unor valori ale unor serii de timp rezultate din operațiuni comerciale de import-export între țări din EU-28 și privește anumite perioade de timp, începând cu anul 2007, adică din momentul integrării țării noastre în Uniunea Europeană.

De această dată se aplică anumite procedee asupra unor grafuri orientate.

O parte din studiile acestui capitol sunt susținute în lucrarea cu titlul "Complex networks analysis of international import-export trade" [84].

5.1 Elemente definitorii.

Folosirea rețelilor complexe în operațiuni de import-export EU-28

Teoria sistemelor complexe este orientată conștient către analizarea unor structuri abstracte.

Este necesar să avem acces la datele pe care vrem să le prelucrăm, date care sunt reținute atât în memoria internă a calculatorului cât și pe alte medii de stocare ce permit memorarea acestora. De aceea ele trebuie organizate structurat, prin intermediul unor structuri de date, iar operațiile care se fac cu ele să poată fi realizate în timp optim.

Tipurile de structuri de date sunt specializate în funcție de sarcinile pe care dorim să le realizăm și permit modelarea unor cazuri reale. Unele dintre ele sunt incluse în bibliotecile standard ale unor medii de programare și sunt considerate obiecte de bază cu care lucrează programatorii.

Cu ajutorul diferitelor domenii precum matematica, fizica, științele naturii, economia, informatica dar nu numai, bazându-ne, de multe ori, pe diverse teorii, cum ar fi teoria numerelor, grupurilor, există o mare preocupare pentru spațiu, forme, simetrii, structura materiei.

Când se utilizează rețelele complexe se folosește o terminologie ce are legătură cu teoria grafurilor, pornind de la noțiunea de rețea ce poate fi reprezentată printr-un graf, la nodurile ce reprezintă punctele din rețea, sau la legăturile ce marchează relațiile dintre noduri, ori la clusterelor ce dețin comunitățile

rețelei, mai apoi continuând cu modelarea lor, dar și cu anumite proprietăți ale rețelei, cum ar fi topologia, scala liberă sau randomizarea.

Prin intermediul rețelelor complexe putem să obținem abordări ce conduc spre un câmp vizual geometric, aplicând anumite metodologii asupra unor valori pertinente dar care, prin metode și tehnici matematice, obișnuite, ne conduc cu o mai mare dificultate la găsirea unor soluții viabile.

Relațiile care apar între diferitele țări cu economii naționale mai dezvoltate, cu state care au legături la nivel mondial, stimulează dezvoltarea economiei mondiale. Cu toate că există astfel de națiuni, care au înregistrat progres economic, și că observăm o creștere a nivelului economic a unora dintre ele, totuși, majoritatea țărilor trăiesc încă în sărăcie, iar ridicarea nivelului de trai pentru acestea este o provocare, în ceea ce privește prezentul și viitorul.

Comerțul internațional reprezintă una dintre principalele forțe motrice ale economiei, în timp ce există încă unele modele în ceea ce privește principalii jucători din acest domeniu

Studiul meu, cu ajutorul proprietăților rețelelor complexe, îmbină elemente financiare care pot influența relațiile economice existente la nivelul actual între țările lumii și în mod special pe cele aflate în interiorul Uniunii Europene.

Prin această cercetare se obțin noi elemente în ceea ce privește piața mondială de import-export, prin găsirea și implementarea unor **tehnici bazate pe analiza rețelelor complexe**, bazându-mă pe anumite date disponibile publicului.

Prin intermediul unor informații obținute din cercetările mele anterioare, precum și a datelor existente referitoare la ciclurile economice, se identifică diferitele legături între companiile distribuite la nivel global și fluctuațiile din piață.

În privința cercetării realizate de mine, a treia direcție este destinată rețelelor complexe, ce îmbină anumite seturi de date, care se referă la comerțul internațional.

Seturile de date pe care le folosesc, sunt preluate de pe site-ul menționat în [88], însă ele nu au fost găsite în forma necesară cercetării, motiv pentru care am creat noi tabele, folosind datele puse la dispoziție la adresa menționată anterior.

În această direcție de cercetare mă refer la **seturi de date** legate atât de **importul** cât și de **exportul** realizat între **țările din EU-28**, pe care le particularizez prin etichetare, stabilind abrevierile acestora conform celor din Tabelul 5.1.1.

Seturile de date sunt selectate într-o primă etapă cu referire la serii de timp, pornind de la importuri, trecând apoi la exporturi, și cuprind anumite informații stricte, relațiile formându-se doar între țările EU-28, deci Intra-EU.

Noi seturi de date se introduc pentru a putea găsi corelații cu privire la o singură țară în raport cu celelalte, dar care să permită realizarea unor comparații referitoare la import și export folosind un graf orientat.

Informațiile sunt organizate într-o primă formă conform celor din Tabel 5.1.2(ANEXA3 (a)), însă sunt particularizate în tabelul menționat, printr-un prim set, volumul de date pe care îl folosesc se referă la set de 784 de informații pentru import 2007 și tot atâtea pentru import 2008, acestea fiind prelucrate dintr-un format csv.

Referirea la aceste perioade, menționate anterior, o realizez, în principiu, din două motive.

Tabelul 5.1.1 Structura datelor la import-export UE-28 cu abrevieri

UE-28	Abreviere	UE-28	Abreviere
Austria	AU	Italy	IT
Belgium	BE	Latvia	LI
Bulgaria	BU	Lithuania	LT
Croatia	CR	Luxembourg	LX
Cyprus	CY	Malta	MA
Czech Republic	CZ	Netherlands	NL
Denmark	DE	Poland	PO
Estonia	ES	Portugal	PT
Finland	FI	Romania	RO
France	FR	Slovakia	SK
Germany	GE	Slovenia	SL
Greece	GR	Spain	SP
Hungary	HU	Sweden	SW
Ireland	IR	United Kingdom	UK

Primul motiv are la bază marea criză financiară declanșată în SUA începând cu anul 2007, cu mari consecințe și în prezent, o criză a creditelor care a avut un puternic impact asupra întregii economii mondiale, deci și asupra EU-28. Originea crizei a plecat de la falimentul băncii Lehman Brothers, însă cauzele acestei crize mondiale sunt multiple, pornind de la populism și instabilitatea sistemului politic, la credite crescute și creșteri exponențiale de tranzacții financiare, la politici monetare greșite sau evaziuni fiscale, la prețuri ridicate ale unor active aflate pe piață sau absența lichidităților din piață, toate acestea conducând, se pare, spre o criză, care este anticipată și în viitor.

Al doilea motiv pentru selecția datelor este legat de integrarea României la Uniunea Europeană, țara noastră obținând statutul de membru cu drepturi depline începând cu 1 ianuarie 2007. Chiar dacă ea a fost prima dintre țările din Europa Centrală și de Est, preferată de Comunitatea Economică Europeană, încă din anul 1974, totuși, solicitarea țării noastre de aderare a fost făcută abia în 1995, iar integrarea abia după 12 ani, cu toate că tratatul a fost semnat la Luxemburg, în anul 2005.

Astfel, informațiile selectate, sunt cele pentru care am se obțin reprezentări complexe într-un spațiu multidimensional, generate în Figura 5.2.1, Figura 5.2.2 și Figura 5.2.7.

Tabelul cu informații complete conține însă 7840 de informații referitoare la importuri, și tot atâtea la exporturi, chiar dacă generările se fac pentru câte un singur an, iar mai apoi unele din ele cu referire la un anumit produs și respectiv la

mai multe produse care se comercializează între țările din EU-28, țări grupate câte două, deci fiecare tabelă având 28X28 combinații, pe parcursul a 10 ani, cuprinzând perioada 2007-2016.

Pentru realizarea unei analize reale asupra datelor sunt elaborate diferite prelucrări, pe anumite segmente și sunt utilizate noi proceduri și pași prin care se determină două modele de graf folosind datele din importul realizat în anii 2007(fără etichete și apoi cu etichete) și un model care utilizează etichete pentru importul în UE-28, pentru datele din 2008, care să permită obținerea cu ușurință a unor informații spre o puternică analiză comparativă a acestora.

Cu ajutorul rețelelor complexe, prin aceste reprezentări spațiale realizate, se pot observa cu o mai mare ușurință anumite dezechilibre economice în ceea ce privește comerțul de bunuri și servicii, putând astfel să și prevenim și să corectăm aceste dezechilibre economice, noutatea abordării constituindu-o implementarea prin grafuri orientate.

Tot utilizând aceste rețele complexe se poate evidenția și evoluția exporturilor pentru anumite țări dar și a exporturilor pentru un anumit produs sau pe grupe de produse precum și dinamismul și competitivitatea țărilor la import-export, referirea făcându-o și pentru cele 28 de țări membre ale Uniunii Europene.

Datele selecționate sunt reprezentate sub forma unor grafuri, printr-**o nouă abordare**. De data aceasta se folosesc **grafuri orientate**, fiecare din două perspective diferite, punând accentul pe particularitățile fiecăreia.

Toate reprezentările grafurilor din a treia direcție de cercetare sunt realizate folosind Gephi 0.9.1, ținând cont de faptul că este considerat ca unul din cele mai bune unelte care ne permite să realizăm o reală analiză asupra unor volume mari de date.

Pentru măsurători și diferite determinări este utilizat limbajul și mediul de programare R, versiune 3.0.2.

Aceste abordări prezintă avantaje comparative, prin vizualizări ale modelelor reprezentate într-un spațiu multidimensional.

Totodată se obține o corelare între direcții. Astfel, folosind date din prima și ce-a de-a treia direcție, se determină care este ponderea exporturilor totale în PIB, din perioada 2007-2013, observând, că în 2007 aceasta a fost de aproximativ 29% față de relativul 40%, cât era media din EU-28, dar și după această perioadă, iar cu toate că se observă o oarecare creștere, aceasta rămâne tot mai mică decât media din EU.

O idee nouă este legată de utilizarea rețelelor complexe prin **parcurea fiecărui nod al grafului în ambele sensuri**, observând în acest mod, direct, cum relaționează oricare două țări, printr-o legătură vizuală spațial, deci care dintre țări importă sau exportă mai mult din sau spre cealaltă țară.

În această secțiune sunt necesare mai multe grupări ale datelor care sunt supuse prelucrărilor, grupări regăsite în Tabelul 5.1.1, Tabelul 5.1.2(ANEXA3 (a)) dar și în Tabelul 5.1.3. (ANEXA3 (b)).

Este realizată o regrupare mai apoi a datelor spre a putea obține noi informații prin compararea datelor din import și export 2007, pornind de la un prim set de valori în ceea ce privește importul și exportul realizat înainte de criza financiară care a afectat toate țările lumii, setul de valori făcând astfel referire la o singură țară, mai precis, Austria, reconsiderând abrevierile, conforme cu Tabelul 5.1.4(ANEXA3 (c))

5.2 Obținerea rețelei bazate pe corelație. Reprezentarea rețelei cu privire la operațiuni de import-export EU-28

Se pornește în această a treia direcție de studiu de la teoria rețelelor complexe, considerând că o abordare prin reprezentarea într-un spațiu multidimensional, obținută din diversele posibilități de reprezentare a datelor, oferă perspective suficiente de analiză în domeniul economico-financiar.

În prima fază a acestei cercetări legată de operațiunile de import-export, este realizată căutarea și obținerea unor date corespunzătoare. Aceste date brute însă nu se găsesc în formele potrivite pentru investigațiile pe care le fac, motiv pentru care se procesează și se implementează seturi de date care pot fi interpușe în continuare în Gephi și mediul R.

Crearea unor tabele, cu datele absolut necesare, luate de pe site-ul Eurostat, spre a putea construi reprezentări ale grafurilor, îmi permite să realizez calcule specifice asupra aceluși seturi de date, pentru o și mai mare obiectivitate legată de natura economică din zona EU-28, văzută în direcția comerțului internațional.

Fiecare valoare regăsită în tabel reprezintă o pereche care realizează o legătură între două țări astfel încât să avem un număr de 28X28 valori distincte, cuprinzând date din perioada anilor 2007 și până în anul 2016.

În toată direcția aceasta este făcută referire la seturile de date cu privire la fiecare țară a UE prin două litere, folosind standardele ISO.

Selectând, de asemenea, un set de date distincte, se face referire la cea mai mare parte a produselor și a mărfurilor preschimbate cu restul piețelor internaționale, în afara UE.

Pentru datele selectate se realizează, în plus, reprezentarea grafică, iar ca urmare a acestui aspect ele pot fi vizualizate ca atare.

Se oferă astfel posibilitatea de a realiza grafice și reprezentări ale grafurilor ce permit vizualizări folosind Gephi, unul dintre cele mai importante instrumente de analiză de rețea Open Source.

Acest aspect permite crearea și utilizarea unor algoritmi, care sprijină obținerea și folosirea anumitor valori ce oferă posibilitatea realizării cu mai mare ușurință a unor analize complexe pornind de la rețea.

O parte din **analiza statistică** este realizată prin intermediul **mediului de dezvoltare statistică R**, procesul de analiză a datelor este unul interactiv.

Abordarea datelor prin intermediul rețelelor complexe îmi permite să observ cu mare ușurință, printr-o vizualizare clară, unele **dezechilibre** existente între volumul de import din diverse perioade de timp dar și cel de export. Se identifică astfel dinamica schimburilor existente între diferitele țări, adăugând anumite sarcini la arce, oferind astfel o nouă dimensiune a analizei.

Studiul meu este pe de-o parte inspirat de cercetările efectuate de MANTEGNA [56], care s-a implicat și a construit o matrice de corelație bazată pe tranzacții comerciale. Metodologia acestuia m-a determinat să înțeleg că pot construi un graf corespunzător, iar anumite interacțiuni comerciale el le-a calculat folosind un arbore minim.

TUMINELLO și colaboratorii săi prezintă în [57] o extindere a activității lui Mantegna, care a implicat folosirea unui „graf planar, maximal”, care a fost capabil să ofere și mai multe informații analistului.

Este ușor de observat că se obține prin această abordare un **graf complet**, (Figura 5.2.1) din care rezultă, în cazul meu, unele interpretări ale formelor cu reprezentare într-un spațiu multidimensional în momentul în care se adaugă etichete cu un conținut semnificativ (Figura 5.2.2, Figura 5.2.7, Figura 5.2.10, Figura 5.2.11).

Pentru a obține un graf care nu e complet, aleg să construiesc un **graf parțial** (Figura 5.2.3), pornind de la cel inițial și realizez acest lucru, păstrând muchiile ale căror noduri pun în evidență situațiile problemă, spre o analiză coerentă.

Folosirea un **prag** din literatura standard, având valoarea absolută 0.3, și **filtrarea seturilor necorelate**, permite obținerea unui subgraf adecvat.

Noi cantități de informații se obțin, în continuare, folosind gama de indici de corelație din Tabel 4.3.2.. Fiecare interval și culorile le folosesc din P. CARAIANI [56]. Toate randările grafurilor prezentate în această direcție de cercetare și, de asemenea, calculul valorilor legate de grafuri se realizează folosind **Gephi 0.9.1** [9], una dintre cele mai importante instrumente open source pentru rețele și analiză graf.

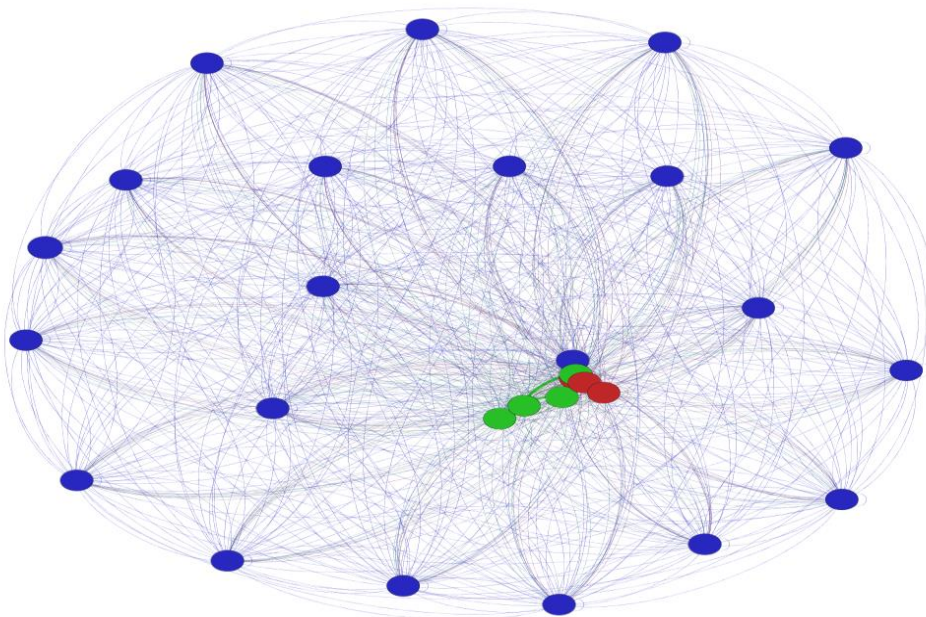


Figura 5.2.1 Import EU-28 2007 fără etichete

Există anumite procedee și algoritmi ce permit să construim grafuri, folosind diverse proprietăți, care se aplică și datelor ce conțin informații de natură economico-financiară.

Aleg să folosesc indicele de corelație Pearson(3.2.1), un coeficient de distribuție uniformă care evidențiază interdependența unei relații liniare dintre două seturi de date prin intensitatea asocierii dintre seturi [87]. Aplic această formulă, pentru început, asupra celor 28X28 seturi de date selectate cu referire la importuri 2007 și mai apoi asupra celor 28X28 seturi de date selectate cu referire la importuri 2008, definind în acest mod câte un graf cu 28 noduri corespunzătoare țărilor din UE și seturile de arce măsurate prin indexul de corelație R_{ij} între seturile alese, construind astfel câte o matrice și obținând în acest fel câte un graf complet (Figura 5.2.1, Figura 5.2.2 și Figura 5.2.7) .

Seturile de date sunt selectate de pe site-ul Comisiei Europene Eurostat [88,89]. Datele brute nu există în forma potrivită pentru investigațiile mele, motiv pentru care este necesar să le selectez, procesez și să le implementez în structuri alternative de date care să poată fi ingerate în continuare în Gephi și R.

Fiecare din seturile de date valide puse la dispoziție de Comisia Europeană, conțin câte 7056 de informații cu privire la importul în UE-28 și, în egală măsură, cu privire la exportul realizat.

Orice valoare reprezintă o pereche care creează o **legătură** dintre două țări astfel încât să avem un număr de **28X28 valori distincte**, de peste 9 ani, din 2007 până în 2016.

În studiu fac referire la seturile de date cu privire la fiecare din cele 28 de țări ale Uniunii Europene, printr-un set de două litere, folosind standardul ISO.

Datele selectate sunt în plus reprezentate prin intermediul grafurilor, folosind un instrument puternic de analiză de rețea iar ca urmare a acestui fapt ele pot fi vizualizate ca atare și oferă astfel posibilitatea de a putea fi comparate, observând existența atât a unor echilibre cât și a unor dezechilibre economice.

Pentru fiecare din figurile cu referire la import, reprezentate prin câte un graf complet (Figura 5.2.1, Figura 5.2.2), rețeaua de legături, între importul realizat între cele 28 de țări ale UE, combină astfel datele a 28X28 țări ale uniunii pentru anul decisiv 2007 iar pentru aceasta folosesc algoritmul Force Atlas 2. Acest algoritm ne arată unele grupări, observând o strânsă legătură a țărilor cu bune tradiții economice.

Observ diversele moduri de interconexiune, unele dintre relaționări fiind cu un grad mai mare de dispersare, aceasta semnificând slabele legături economice între anumite state din uniune, însă, cu aceeași măsură, pot observa și puternice legături, între anumite noduri ale rețelelor, acestea putând fi evidențiate și prin construirea unor derivate din grafurile complete.

Pentru susținerea afirmațiilor, prin rularea algoritmului de detecție a comunităților, cu **parametrul rezoluție**, având valoarea **1.0** pe grafurile filtrate, spre exemplu cel din import 2007, prin eliminări de muchii și noduri, rezultatul obținut poate fi vizualizat în Figura 5.2.3 și Figura 5.2.4, gamele de culori alese fiind aleatorii.

Observ **trei seturi de comunități** din care păstrez doar pe cele marcate cu roșu și verde, acestea evidențind anumite relații internaționale între unele state ale uniunii.

În continuare mă orientez spre vizualizarea într-un spațiu multidimensional a rețelei folosind instrumente și algoritmi specifici.

Chiar dacă pentru anumite experimente selectate folosesc algoritmul Fruchterman-Reingold, observ că acesta nu este foarte util în analiza proprietăților structurale ale rețelelor, remarcând că este „vizual dezordonat”.

De un interes mai mare pentru investigațiile bazate pe rețele complexe este Force Atlas 2. Algoritmul este implementat ca un plug-in pentru standardul open source Gephi.

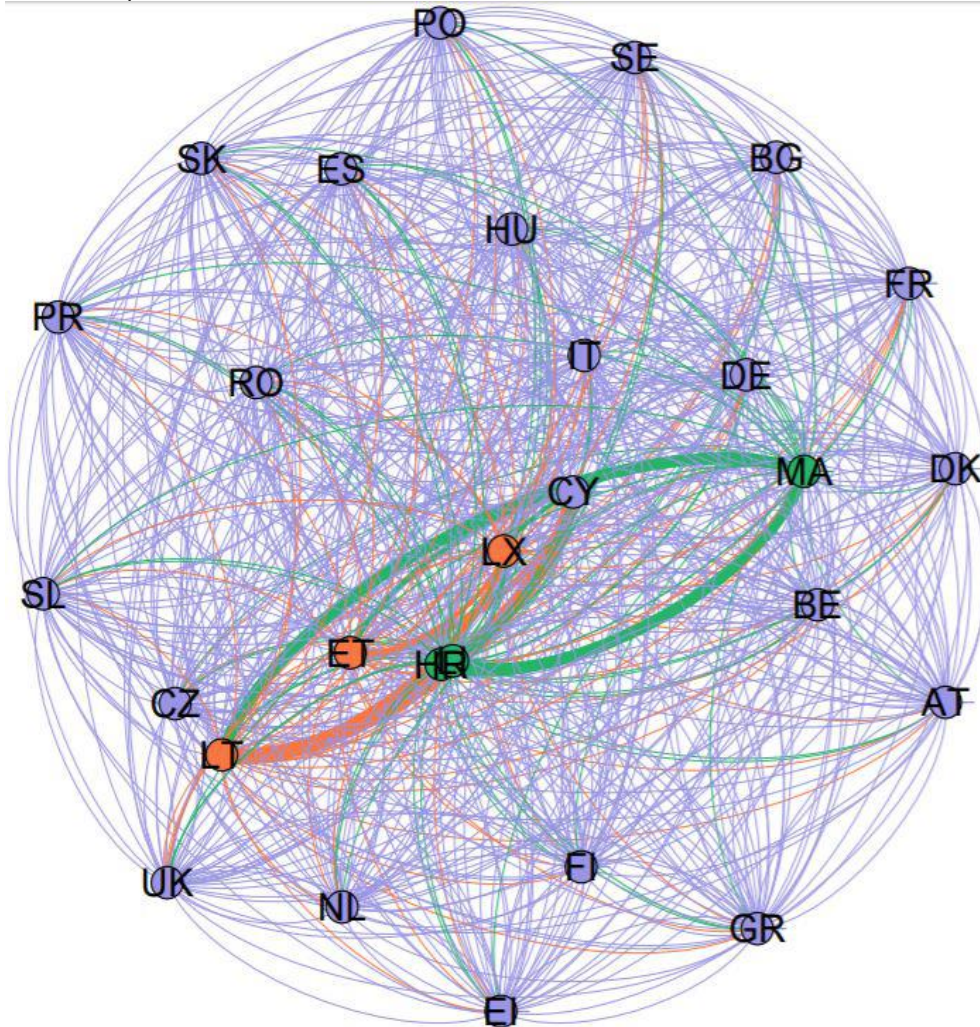


Figura 5.2.2 Import EU-28 2007 cu etichete

Este ilustrată rețeaua și cu privire la importul realizat în anul 2008 între țările din UE-28, în Figura 5.2.7, aceasta constând tot dintr-un graf complet, care evidențiază relaționările între cele 28 de țări ale UE, combinând astfel datele a 28X28 țări ale uniunii, și de această dată selectând informații din[88].

Pentru obținerea grafului complet se folosește același algoritm Force Atlas 2 care pune foarte bine în evidență categoriile de elemente prin grupare, și pentru acest an 2008, găsim în acest mod relaționările puternice dar și pe cele slabe dintre tranzacțiile economice între țările uniunii.

Există **diverși parametri** care permit să regleze, într-un mod elegant, comportamentul proceselor obținute în urma aplicării algoritmului, dar în cazul acesta, un important aspect îl constituie **influența grosimii muchiilor**.

Bazându-mă pe semantica datelor alese selectez acest parametru al rezoluției din intervalul 1-10, configurându-l pentru analiza în discuție, la valoarea 4, redarea obținută putându-se observa atât în Figura 5.2.9 cât și în Figura 5.2.10. Identific astfel, anumite grupări spațiale ale diferitelor comunități cu doar **câteva noduri răzlețe**, implicațiile economice ale acestor elemente putând fi analizate cu ușurință.

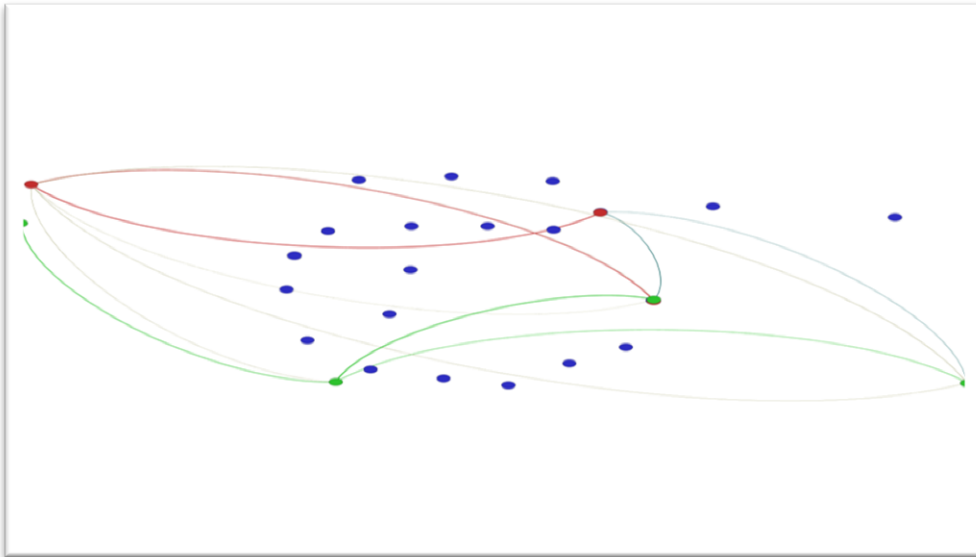


Figura 5.2.3 Graf parțial Import EU-28 2007

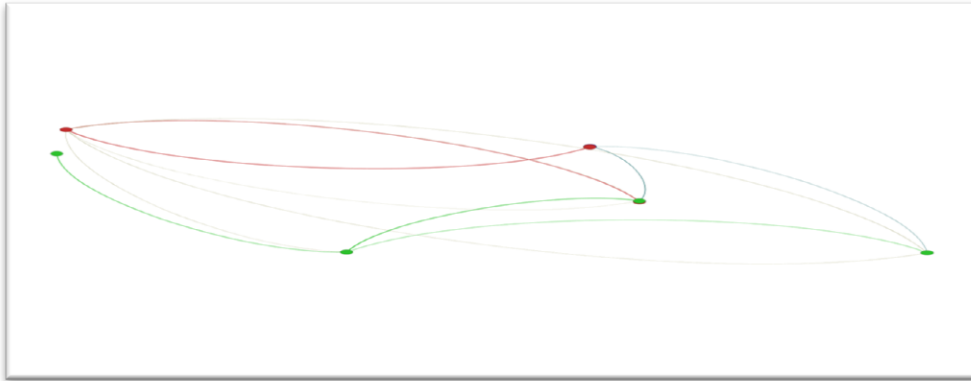


Figura 5.2.4 Subgraf Import EU-28 2007

Results:

Modularity: 0.282
Modularity with resolution: 0.282
Number of Communities: 3

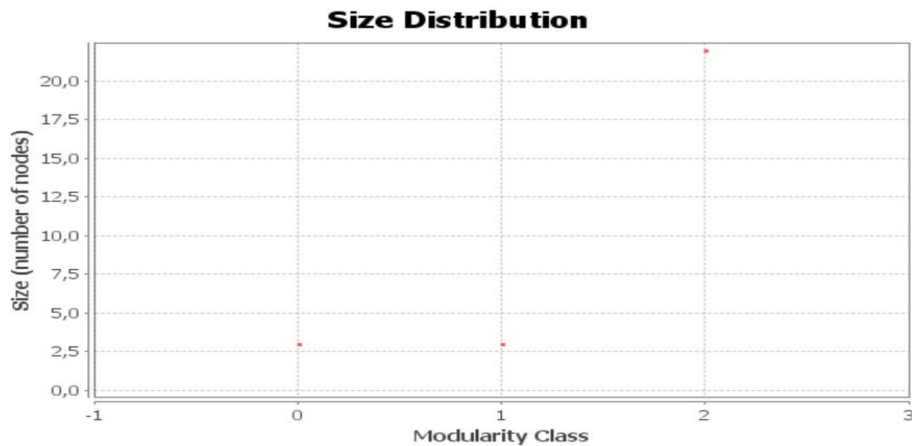


Figura 5.2.5 Modularitate Import EU-28 2007

Results:

Modularity: 0,479

Number of Communities: 3

**Figura 5.2.6 Modularitate Import EU-28 2008**

Fenomenul de **modularitate în rețea** reprezintă o formă de obținere corectă a unui număr estimat de legături între grupuri din anumite rețele alese în contexte diverse.

Realizând o atentă analiză asupra datelor din realizarea importurilor în uniune, în anul 2007, folosind un algoritm de găsire rapidă a comunităților din rețea, observ că am detectat trei tipuri de comunități majore, însă modularitatea arată **valori diferite, în 2007**(Figura 5.2.5) aceasta fiind **mai mare față de 2008** (Figura 5.2.6), pentru același număr de comunități obținute în cei doi ani consecutivi. Diferențele se observă ușor la comunitățile cu număr mic de noduri.

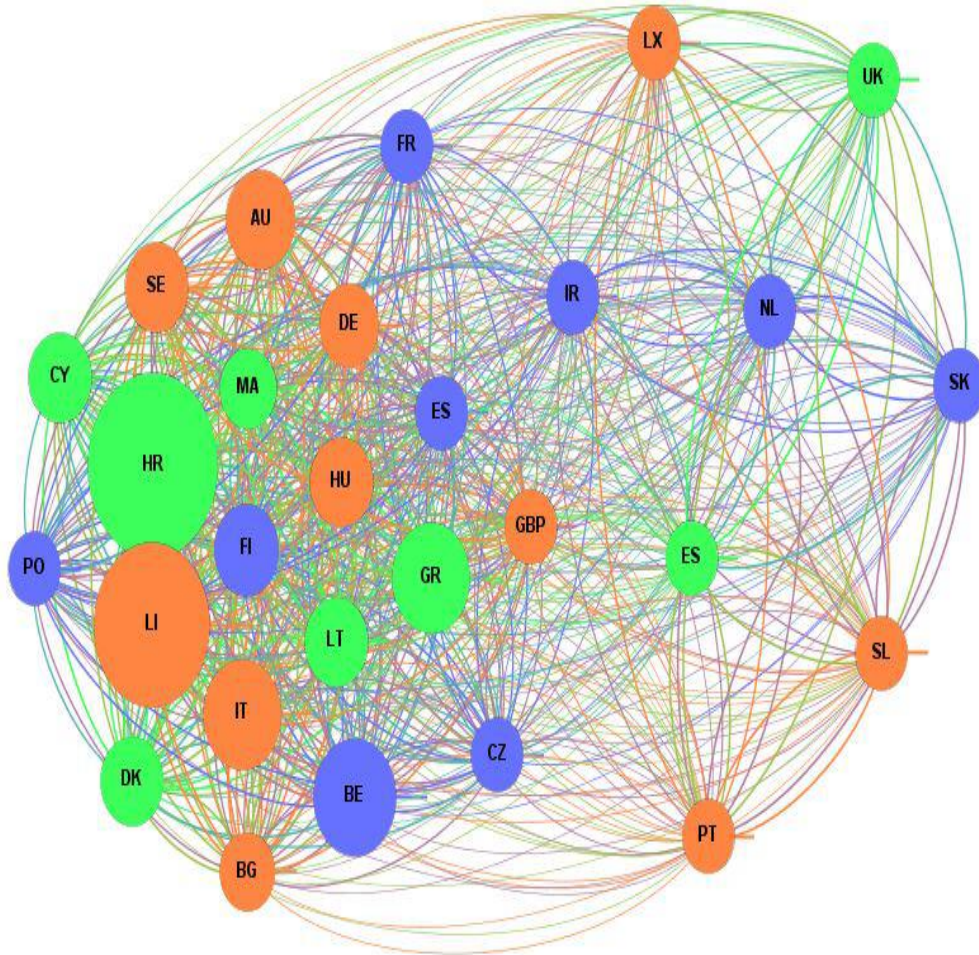


Figura 5.2.8 Graf filtrat cu indice corelație $r > 0.3$ Import EU-28

Atât în ceea ce privește rețeaua de export cât și cea de import se pot aplica o serie de algoritmi, însă algoritmul Force Atlas 2 oferă o bună vizibilitate spațială. Se identifică astfel **dinamica schimbului adăugând unele greutate asupra muchiilor**, iar prin aceasta oferă analistului posibilitatea găsirii unor asemănări sau deosebiri în rețeaua generată pentru anul 2008 (Figura 5.2.9, Figura 5.2.10)

Observăm la **importul din 2008**, de exemplu, prin **îngroșarea muchiilor, o legătură** între Luxembourg, Estonia și Lithuania, arcele fiind colorate cu roșu iar la export aceleași țări, marcate cu verde de această dată, dar aici mai apar și Malta și Latvia.

Descopăr însă și că relațiile internaționale sunt legate însă și de vecinătatea statelor, acest aspect întărind legăturile dintre ele.

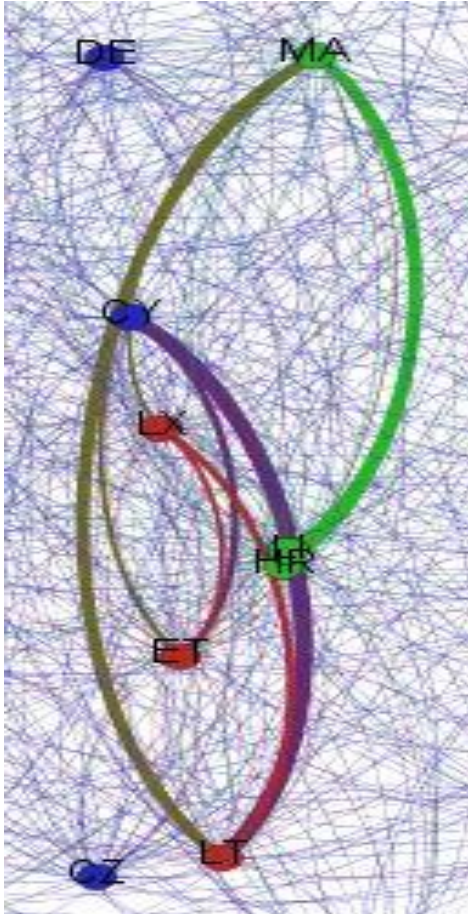


Figura 5.2.9 Import EU-28 2008

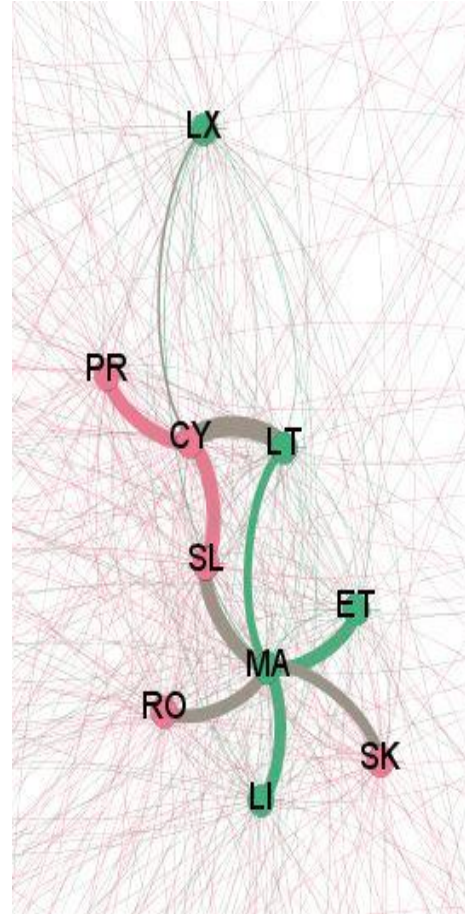


Figura 5.2.10 Export EU-28 2008

În continuarea cercetării folosesc seturi de date cu privire la fiecare din cele 28 de țări ale Uniunii Europene pentru datele regăsite în tabelul cu informații destinat exportului, selecția realizată fiind tot cea cu referire la anii 2007, 2008, date găsite în altă formă din [88] pe care le prelucrez.

Aplic algoritmul Force Atlas2 pentru investigațiile bazate pe rețele complexe și aceleași metode asupra datelor din export pentru perioada celor doi ani și obțin rețele complexe bazate pe corelație și reprezentările lor spațiale, ca grafuri complete, cu privire la operațiuni de export EU-28, pentru anii 2007, 2008 (Figura 5.2.11, Figura 5.2.12)

Aceste reprezentări vizuale permit facilitarea realizării unui studiu comparativ de către specialiștii din domeniu.

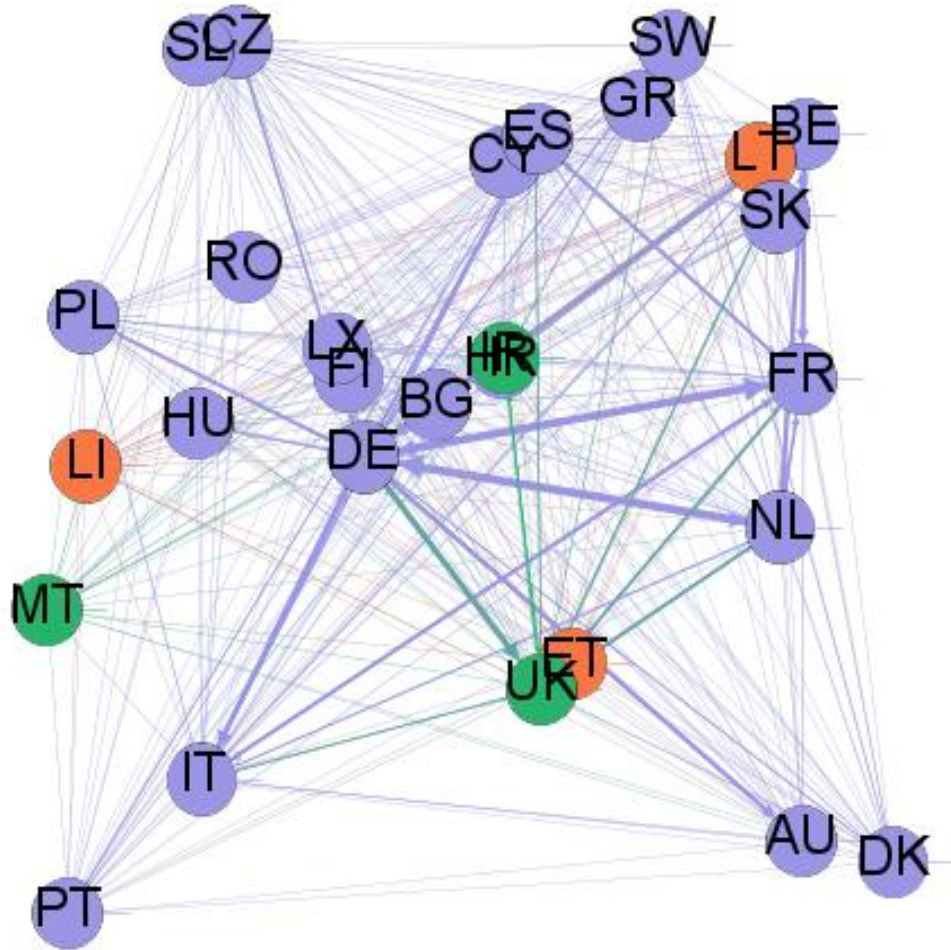


Figura 5.2.11 Graf complet Export EU-28 2007

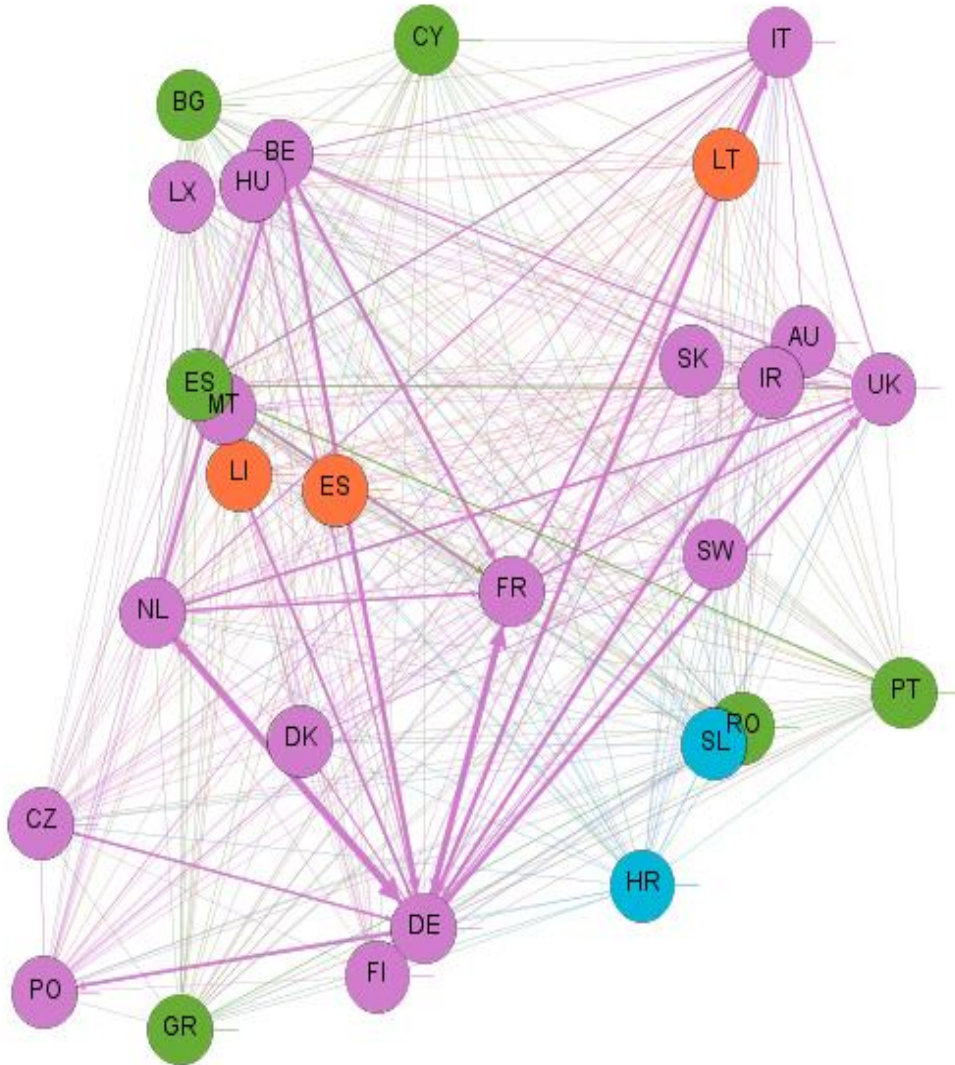


Figura 5.2.12 Graf complet Export EU-28 2008

5.3 Determinarea rețelei bazate pe corelație.

Reprezentarea acesteia cu privire la import export 2007 în Austria. Studiu de caz.

O altă etapă care se diferențiază de restul cercetării, are legătură tot cu a treia direcție de cercetare, dar de această dată ea este legată de **găsirea rețelei bazată pe corelații din importul și exportul unei singure țări cu toate celelalte**. Am selectat Austria și legăturile ei cu țările din Uniunea Europeană.

Rețeaua face referire la anul 2007, dar noutatea abordării constă în realizarea legăturilor în ambele sensuri dintre state, asimilând importul, dar și exportul de la un nod la altul în graf și observând **puterea legăturilor în bucle**, marcate prin culori diferite, astfel putând compara și analiza direct relația economică dintre oricare două state.

Setul de date pe care îl supun prelucrării se regăsește într-o nouă formă în Tabel 5.1.3(ANEXA3(c))

Determinarea rețelei bazate pe corelație îmi permite să remarc puternica legătură dintre Austria și Germania, arcul de culoare roșie scoțând în evidență faptul că valoarea de import din Austria către Germania este mai mică decât valoarea de export din Germania către Austria, de această dată arcul fiind colorat cu albastru (Figura 5.3.1).

Aceleași legături marcate cu roșu se observă și între Austria și țări precum Olanda, Belgia, România pe când comunități marcate cu albastru sunt, de exemplu Franța, Italia, Cehia.

Legătura scoate în evidență o analiză importantă prin vizualizare și este legată de faptul că **se poate vedea exact dacă o țară importă sau exportă mai mult dintr-o altă țară**, un aspect deosebit de important pentru un expert, **fără a mai fi nevoie să se vizualizeze cifre**.

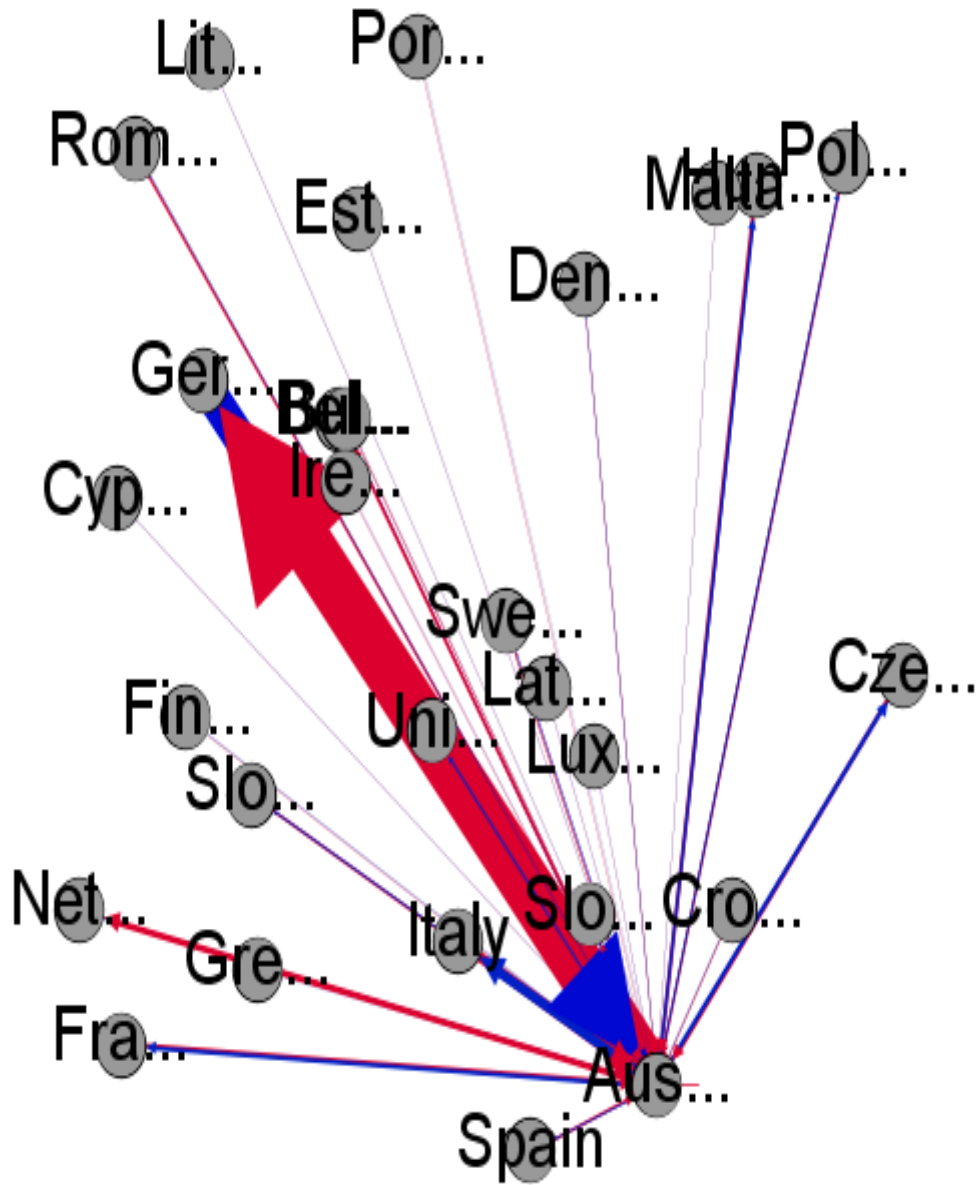


Figura 5.3.1. Rețea de corelație import - export Austria

5.4 Algoritmul IMEXGRA

Algorithm 3 Metodologia IMEXGRA

Input: Set of 4-dimensional data

$C = \text{Date, SourceCountry, DestinationCountry, Volume}$ over a timespan T

A: Building the graph

```

1 :FORCEAH  $C_i$  in  $C$  DO
2 :  FOREACH  $C_j$  in  $C$  DO
3 :    IF ( $i <> j$ ) THEN
4 :       $G(i, j) \leftarrow \text{ammnt}(C)$ 
5 :       $V(i, j) \leftarrow \text{Pearson}(C_i, C_j)$ 
6 :    ENDIF
7 :  ENDFOR
8 :ENDFOR

```

B: Graph layout

```

10 :;apply Force Atlas algorithm in Gephi
11 : $G = G \setminus \{G_f | V(G_f) < 0.3\}$ 

```

B: Community detection

```

12 :FOR  $r \in \{0.1 \cdot k | k = \overline{1, 10}, k \in \mathbb{N}\}$  DO
13 :  ;detect communities with given  $r$ 
14 :   $COMM[k] \leftarrow \text{number of communities}(r)$ 
15 :ENDFOR
16 :;choose  $R$  as  $k$  for inflexion point of  $COMM[k]$ 

```

Output: R and visual representation for G using R

În cel de-al **treilea algoritm** creat, formulat sub numele de metodologie **IMEXGRA**, se prezintă, în limbajul nestandardizat pseudocod, un set de operații cu referire la selecția și prelucrarea unor volume de date financiare, prin intermediul rețelilor complexe.

Volumele de date selectate se referă la operațiuni de import-export între țări ale comunității europene iar datele se introduc sub forma unor colecții de 4-tuple, evidențiind cantități ce conțin operațiuni din importul și exportul unor țări la anumite momente de timp.

În primul **modul A** din metodologie, se combină seturi de comunități C_i cu seturi C_j , unde $i, j = 1, \dots, 28$, iar dacă $i \neq j$ se construiesc grafuri complete, parțiale și subgrafuri, obținând grafuri filtrate după anumiți parametri precum rezoluție, modularitate.

În **modulul B** se importă datele în Gephi și se aplică algoritmul Force Atlas 2 pentru întregul domeniu de valori iar mai apoi se determină indicele de corelație Pearson și se elimină vârfuri pentru care pragul r este mai mic decât valoarea 0.3, și se generează forme spațiale utile diferitelor analize, în urma stabilirii valorii unui punct de inflexiune

Noutatea abordării o constituie construcția unui model ce permite vizualizarea într-un spațiu multidimensional sub forma unui graf orientat care să evidențieze conexiunea între oricare 2 state cu privire la import-export.

5.5 Concluzii referitoare la a treia direcție de cercetare

În acest caz cercetarea este realizată în scopul obținerii și interpretării cu mai multă ușurință a unor date din perioada 2007-2016 de către experți și analiști financiari, în ceea ce privește importurile și exporturile dintre țările membre EU-28. Am ales această abordare deoarece țara noastră este membră a acestei uniuni începând cu anul 2007.

Perioada aleasă de 10 ani îmi permite să mă concentrez asupra **seriilor de date din anumite momente**, cu referire la aceleași elemente, în diferite perioade de timp, observând că și dacă există un interval mic de timp, de un an, între ele, totuși pot apărea mari modificări, uneori influențate și de politicile economice care se impun la nivelul uniunii.

Spre exemplu, se observă rezultatele obținute în Figura 5.2.2 și Figura 5.2.7, în care dacă ne concentrăm asupra aceluiași comunități, **în doi ani consecutivi, se observă că factorul de modularitate aproape este dublat**, evoluând de la 0,282 la 0,479, aspect care le permite analiștilor să determine mai ușor care sunt comunitățile cu probleme și ce factori ar fi putut să influențeze aceste schimbări majore de situații.

Intervenția mea în teză este una **dinamică**, cuprinzând o **perioadă îndelungată** de analizare a datelor, sau o **perioadă scurtă** supusă analizei, permițând analiștilor noi perspective de abordare asupra interpretării datelor pe perioade scurte sau lungi de timp.

Indicele de corelație Pearson și pragul de 0,3 al indicelui, aplicat la diferite comunități, îmi permite să observ diferențele care au apărut în diferite perioade de timp, atât în ce privește importurile cât și exporturile în EU-28.

Noutatea abordării constă în folosirea rețelelor complexe implementate prin intermediul grafurilor orientate, permițând compararea sigură și eficientă a două sau mai multor economii.

Fenomenul de obținere a comunităților cu ajutorul unui algoritm de detecție ne permite să avem o nouă perspectivă asupra datelor.

Vizualizarea într-un spațiu multidimensional a diferitelor date este un element cheie al lucrării, impactul vizual fiind de maximă importanță.

Efectuând **diferite filtrări** asupra grafurilor reușesc să detectez cu mare ușurință diferite comunități care sunt benefice economiei sau mai puțin benefice acesteia.

Cercetarea permite scoaterea în evidență a modului în care se realizează importurile și exporturile între diferitele comunități din Uniunea Europeană,

observând gradul de relaționare și colaborare, atât la nivel de colaborare între vecini cât și ca mari sau mici puteri economice.

Făcând o analiză asupra datelor, cu legătură între primele trei direcțiile în care realizează cercetarea, investigându-le din perspectiva evoluției comerțului se poate observa **elasticitatea indicatorului PIB** în raport cu importul și exportul țării noastre către sau din alte țări, dar și referitor la alte state, aceste analize putând influența și modifica politicile comerciale ale unei națiuni, iar ascensiunea fluxurilor comerciale din uniune având o mare implicație în creșterea PIB-ului.

Dinamica schimburilor comerciale aduce beneficii țărilor care pun accent pe comerțul exterior, cu evidențierea ponderii văzută în PIB. Putem spune că implicarea statelor în comerțul internațional este direct proporțională cu nivelul lor economic de dezvoltare, unele state ducând o politică comercială de protecție iar altele promovând schimbul liber, totul făcându-se în contextul economic, social sau politic al țărilor în cauză.

În condiții de criză se observă necesitatea luării unor măsuri care să stimuleze exporturile, aspecte care sunt observabile, în urma vizualizărilor spațiale, fiind astfel indispensabile folosirea unor subvenții la export dar și existența și îmbunătățirea politicilor care să atragă investițiile străine directe.

Chiar dacă la nivelul întregii uniuni s-a intervenit și s-a modificat structura întregului sistem comercial internațional, după apariția crizei, totuși influențele negative se simt, de multe ori, din motivul unor slabe negocieri.

În ceea ce privește Uniunea Europeană, corect UE-28, această entitate desfășoară, de cele mai multe ori, politici economice care să urmărească reducerea riscurilor, determinarea problemelor și încercarea de eliminare a dezechilibrelor care apar în diverse perioade de timp, la nivelul Uniunii.

Consider cercetarea ca inovatoare în ceea ce privește **analiza și vizualizarea într-un spațiu multidimensional a relațiilor dintre economiile lumii** folosind noul domeniu al analizei **rețelelor complexe**. Am luat în considerare însă și **rata schimbului valutar ca metrică globală** a economiei țării, dar o abordare similară se poate folosi și pentru alte investigații iar în a treia etapă m-am orientat spre importurile și exporturile din UE-28, fiind unul din elementele de bază care influențează economia unei națiuni.

Datele utilizate în **prima direcție** permit analizarea unei perioade de **peste 12 ani** din perspectiva indicatorului macroeconomic **PIB** al României.

Cel de **al doilea set de date** se întinde pe o perioadă de **14 ani**, luând în considerare perioade tulburi, și ca direcție de investigații ulterioare **putem lua „felii” de timp și să comparăm evoluția grafului în perioade de timp diverse**, cu accent pe tranziția dintre economia din perioade stabile și cele de crize financiare. **A treia direcție** de cercetare privește importurile și exporturile din EU-28 pe o perioadă de **10 ani**, cu o aplicabilitate a rețelelor asupra datelor ce țin de țara noastră.

Datele au fost selectate din site-uri specializate în statistică, referirea făcându-se pe perioade lungi sau scurte de timp. Acestea sunt reprezentate prin grafuri și pot fi vizualizate ca atare. Avem de-a face cu reprezentări grafice și vizualizări, toate redările fiind făcute folosind **Gephi 0.8**, sau **0.9.1** unul dintre cele mai importante instrumente de analiză de rețea OpenSource. Acest lucru mi-a permis să mă bazez pe un set de algoritmi de construcție și pe seturile de valori atent selectate pentru analize complexe de rețea. O parte din analiza statistică a fost realizată cu **mediul R**.

6 REȚELE COMPLEXE CU APLICABILITATE ÎN PIEȚELE BURSIERE

Ultimul studiu avut în vedere, dezvoltat în capitolul 6, vizează domeniul bursier, implicând indici de top din domeniu.

Acest capitol al cercetării îmbină, prin intermediul rețelilor complexe, elemente financiare care pot influența relațiile economice existente la nivelul actual între țările lumii.

De aceasta dată, în lucrare, mulțimile selecționate reprezintă instrumente financiare derivate ale piețelor de capital, mai precis anumiți indici bursieri reținuți pentru prelucrare.

O parte din studiile acestui capitol sunt susținute în lucrarea cu titlul “Complex Networks with Applicability to the Structure and Dynamics of Stock Market Evolution” din [113].

6.1 Elemente definitorii.

Folosirea rețelilor complexe asupra piețelor bursiere

Prognostarea rezultatelor asupra unor serii de timp, s-a realizat și încă se mai realizează cu multă dificultate iar informațiile prelucrate, prin intermediul unor metode neadecvate, pot genera costuri suplimentare, însă rețelile complexe, pot fi de real folos, în reducerea acestor costuri.

Piața de capital conține entitățile și tranzacțiile prin care se procesează vânzarea și cumpărarea unor instrumente financiare.

Investitorii ce dețin fonduri realizează cu dificultate operațiuni financiare în scopul obținerii unor profituri, dar nu înainte de a vedea care sunt factorii de risc ce ar putea genera pierderi financiare. Cei cu o mare experiență realizează tranzacționări de acțiuni, obligațiuni sau titluri de stat, dar și unități de fond sau instrumente financiare derivate reprezentând, de exemplu, contracte financiare ale căror valori vor fi determinate de fluctuații ale unor active care pot fi indici bursieri, rate dobânzi, acțiuni sau altele.

Acțiunile unei companii sunt deținute de unul sau mai mulți acționari care au acces la informații legate de aceasta. Instrumentele financiare lichide pot fi vândute când pe piață există cumpărător dar prețul acțiunilor pe bursă este dat atât de cerere cât și de ofertă, acestea funcționând ca un ansamblu, tranzacția realizându-se doar dacă funcționează ambele entități. În modificarea prețului pot interveni și anumite evenimente cum ar fi cele politice, dar și unele ce țin chiar de companie și de managementul ei.

Investitorii au anumite strategii de vânzare cum ar fi, de exemplu, creșterea valorilor unor acțiuni pentru a putea vinde. Profitul va fi obținut din diferențele de preț existente între prețul oferit la cumpărare și cel primit pentru vânzare.

Investițiile pe piață trebuie să se axeze pe analiza indicilor bursieri, aceștia oferind relații în legătură cu performanțele pieței.

Indicele bursier este dat de o medie a prețurilor mai multor acțiuni, putând observa diferite evoluții precum ale întregii piețe bursiere sau doar a anumitor grupuri din piață.

Bursa de valori este un sistem interactiv cu mari fluctuații iar indicele bursier reprezintă valoarea care îi evidențiază performanța.

Cercetarea se referă la utilizarea rețelelor complexe spre a observa modul în care evoluează piața de valori în unele din cele mai puternice centre financiare ale lumii, cu referire la Statele Unite și Japonia, stabilind corelații între acestea, prin intermediul a câțiva dintre cei mai importanți indici bursieri, alegând **7** dintre aceștia, în diferite perioade de timp, informații selectate din [95].

Prima etapă de selecție se referă la un **interval de timp** ce include **valorile zilnice ale indicilor bursieri** de la **01.01.2008 la 30.06.2011** și este una din perioadele de criză mondială, care a fost simțită începând cu sfârșitul anului 2007 și care a afectat întreaga ordine mondială. Acest dezastru a început din 2007, pornind în fapt de la politicile monetare ale SUA și de la contractele și operațiunile financiare mondiale cu "efect de pârgă". Ca o consecință în majoritatea statelor afectate a crescut rapid rata de șomaj.

Al doilea set de valori reprezintă datele existente după criza mondială, pornind de la **01.07.2011 până în 21.02.2018**.

Indicii bursieri pe care i-am utilizat sunt Frank Russell Index: RTOP200VTR, RU1000VTR, RU3000TR, Wilshire 5000 Total Market Full Cap Index WILL5000INDFC, indicele de pe piața japoneză Nikkei Stock Average, Nikkei 225 precum și indicii Dow Jones Industrial Average DJIA și Standard and Poor's 500S&P500(doar din 2008). Toți indicii bursieri precizați anterior au fost selectați din[95].

Tot în [95] se menționează că „ The Russell 3000® Index measures the performance of the largest 3000 U.S. companies representing approximately 98% of the investable U.S. equity market. The Russell 3000® Index is constructed to provide a comprehensive, unbiased and stable barometer of the broad market and is completely reconstituted annually to ensure new and growing equities are reflected „, deci indicele Russel, pe lângă faptul că reprezintă în jur de 98% din piața de capital din SUA se mai și reconstituie anual. și din acest motiv am îndreptat analiza și spre indicii RTOP200VTR, RU1000VTR.

În ceea ce privește Nikkei 225 el este considerat „cel mai mare indice bursier care cuprinde 225 de stocuri lichide din Tokyo Stock Exchange (TSE)“.

Legat de Wilshire 5000 Total Market Full Cap Index cuprinde acțiuni la majoritatea companiilor ce se tranzacționează la bursele americane, acțiuni considerate indisponibile pentru investitorii de rând.

Indicele DJIA, din generația întâi, conținea 30 de acțiuni ale unor companii industriale, dar mai recent are și companii neindustriale, fiind eliminate cele neprofitabile, titlurile de valoare pentru calculul indicelui ca medie aritmetică a 30 de valori fiind alese de reprezentanții ziarului Wall Street Journal.

Indicele S&P500 este ponderat, cu capitalizare bursieră și are cele 500 de acțiuni selectate de corporația Standard and Poor's, indicele reprezentând 80% din valoarea titlurilor tranzacționate la NYSE. Este utilizat ca suport în contractele "futures" la Bursa din Chicago și contracte pe acțiuni la NYSE, conform[96].El

conține acțiuni în majoritate ale unor companii americane precum Microsoft, General Electric, Intel etc.

Datele selectate sunt în plus reprezentate grafic și pot fi vizualizate ca atare.

Se folosește Gephi 0.8.2, unul dintre cele mai importante instrumente de analiză de rețea Open Source. Acest lucru permite construirea și folosirea unui set de algoritmi.

O parte din analiza statistică a fost realizată cu mediul R în timp ce rezultatele privind corelația sunt prezentate în Figura 6.2.1.

6.2 Determinare coeficient corelație Pearson și rețea bazată pe corelație. Reprezentarea, vizualizarea și interpretarea rezultatelor cu privire la analiza structurii piețelor bursiere.

În ceea ce privește piețele bursiere este utilizată din nou **formula de calcul a corelației Pearson** dată în 3.2.1, o formulă care este folosită și de P. CARAIANI [65].

Ținând cont și de cercetarea făcută de MANTEGNA [56], construiesc matricile de corelație bazate pe seturile de date a două perioade.

Analizând seturile de date prezentate sintetic în Figura 6.2.1.(a), Figura 6.2.1.(b) se poate observa corelația dintre **cei 7 indici bursieri** de tranzacționare, corespunzătoare piețelor bursiere **din cele mai puternice economii** ale lumii.

Prima perioadă de timp acoperă o perioadă de dezechilibre financiare din perioada 01.01.2008 și 30.06.2011 (criza economică clasică), ce au condus spre o criză globală, în timp ce al doilea set de date se referă la perioada 01.07.2011 și 21.02.2018 (recuperare economică) de după criză.

	RTOP200V	RU1000VT	RU3000TR	WILL5000I	NIKKEI225	DJIA	SP500
RTOP200VTR		0.999798	0.996213	0.996685	0.950482	0.975504	0.990635
RU1000VTR			0.996039	0.996542	0.950833	0.97393	0.990319
RU3000TR				0.999916	0.951092	0.98369	0.993474
WILL5000INDFC					0.951799	0.983843	0.993559
NIKKEI225						0.925722	0.952407
DJIA							0.987398
SP500							

Figura 6.2.1.(a) Matricea de corelație pentru principalii 7 indici din perioada 01.01.2008 și 30.06.2011

	RTOP200V	RU1000VT	RU3000TR	WILL5000I	NIKKEI225	DJIA	SP500
RTOP200VTR	0.98911	0.952431	0.942713	0.762151	0.952027	0.954217	
RU1000VTR		0.985956	0.980691	0.689639	0.959932	0.957519	
RU3000TR			0.999456	0.604573	0.940115	0.935035	
WILL5000INDFC				0.583409	0.933628	0.927383	
NIKKEI225					0.657276	0.705689	
DJIA						0.994794	
SP500							

Figura 6.2.1.(b) Matricea de corelație pentru principalii 7 indici din perioada 01.07.2011 și 21.02.2018

Folosind această tehnică se poate observa că, în timpul perioadei de criză relațiile dintre piețele bursiere de tranzacționare au avut un trend descendent, în timp ce în al doilea interval indicii au un nivel ascendent.

O altă abordare pentru interpretarea matricilor de corelație o constituie **corelograma** (Figura 6.2.2) introdusă de M. FRIENDLY, în 2002 [79]. Ea păstrează caracteristicile spațiale ale unei matrici, dar adaugă elementelor culoare și nuanță.

Construiesc corelograma pornind de la matricea corelațiilor pentru a doua perioadă selectată pornind de la Figura 6.2.1.(c).

		RTOP200VT	RU1000VT	RU3000TR	WILL3000IND	NIKKEI225	DJIA	SP500
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
RTOP200VTR	V1	1,0000000	0,9891100	0,9524310	0,9427130	0,7621510	0,9520270	0,9542170
RU1000VTR	V2	0,9891100	1,0000000	0,9859560	0,9806910	0,6896390	0,9599320	0,9575190
RU3000TR	V3	0,9524310	0,9859560	1,0000000	0,9994560	0,6045730	0,9401150	0,9350350
WILL3000INDFC	V4	0,9427130	0,9806910	0,9994560	1,0000000	0,5834090	0,9336280	0,9273830
NIKKEI225	V5	0,7621510	0,6896390	0,6045730	0,5834090	1,0000000	0,6572760	0,7056890
DJIA	V6	0,9520270	0,9599320	0,9401150	0,9336280	0,6572760	1,0000000	0,9947940
SP500	V7	0,9542170	0,9575190	0,9350350	0,9273830	0,7056890	0,9947940	1,0000000

Figura 6.2.1.(c). Matricea de corelație a 7 indici bursieri 2011-2018

În urma construirii corelogramei pentru prima perioadă aleasă se poate observa forma unei matrici, care pe **diagonala principală** conține **indicii** seturilor de date prin abrevierea cu 2 caractere.

Elementele de sub diagonala principală sunt **dreptunghiuri** de diferite nuanțe, culoarea mai deschisă indicând o corelație slabă, iar culoarea mai închisă

indicând o corelație puternică, iar **cercurile** de deasupra diagonalei principale au aceeași informație remarcând **corespondența între cantitatea umplerii și forța corelației**.

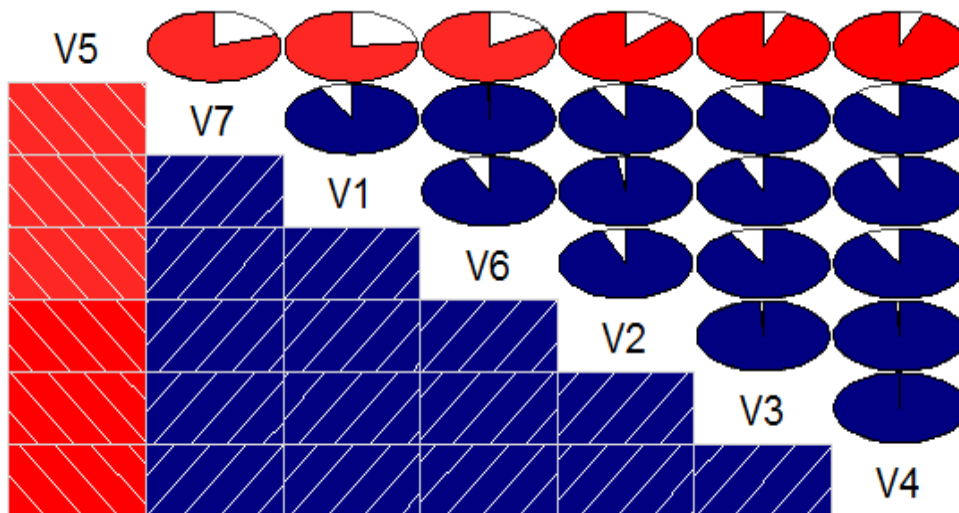


Figura 6.2.2 Corelograma de corelație a indicilor bursieri

Secvența de cod care generează corelograma este:

```
library("corrgram")
imu2 <- read.csv("C:/Users/Desktop/Book1.csv", header=FALSE)
corrgram(imu2, order=TRUE,
lower.panel = panel.shade, upper.panel = panel.pie)
```

TUMINELLO și colaboratorii prezintă în [57] o extindere a activității lui Mantegna, care a implicat „generarea grafului maximal planar”, ce permite să ofere mai multe informații analiștilor.

În continuare mă orientez spre vizualizarea spațială a rețelei folosind instrumente și algoritmi specifici. Utilizând algoritmul Fruchterman- Reingold observ că nu este foarte util în analiza proprietăților structurale ale rețelelor fiind „vizual dezordonat” și de un interes mai mare pentru investigațiile mele este algoritmul Force Atlas 2 bazat pe rețele complexe, pe care îl aplic.

Algoritmul se bazează pe analogia forțelor gravitaționale care atrag nodurile. Există diverși parametri pentru a regla fin comportamentul algoritmului, dar în cazul meu cea mai importantă este influența greutății muchiilor, configurând parametrul la valoarea 4 (Figura 6.2.3).

Generând un **graf complet**(Figura 6.2.3.) se obțin interpretări foarte bune în ceea ce privește generarea și reprezentarea într-un spațiu multidimensional a legăturilor indicilor bursieri.

Pentru a obține un graf care nu este complet trebuie să construim un graf parțial a celui inițial și se poate face acest lucru prin impunerea unui prag limită asupra indicelui de corelație.

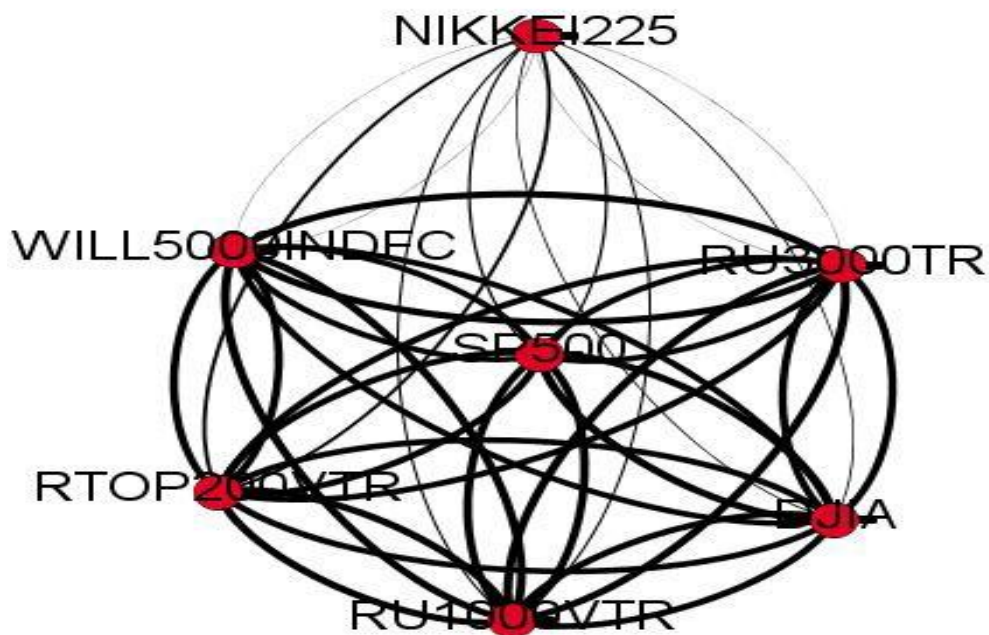


Figura 6.2.3. Rețeaua de corelație indici bursieri

Modalitatea în care se aplică anumite tehnici și metode pentru indicii selectați evidențiază o abordare nouă, prin obținerea formelor cu reprezentări spațiale. Aceste imagini, astfel determinate, permit evidențierea unor aspecte care pot influența anumite piețe de capital. Rafinarea unor instrumente de analiză financiară derivate face posibilă modelarea unor rețele de procese economice.

6.3 Concluzii referitoare la a patra direcție de cercetare

În urma parcurgerii celei de-a patra direcții, dar și a celorlalte etape ale cercetării, ca o concluzie se poate afirma că piața mondială a muncii reprezintă expresia modalităților de relaționare dintre țări, prin companiile globale și operatorii economici majori.

Fluxul în piață se explică în mare parte prin fluxul de bani, resurse materiale și prime, dar, de asemenea, ca un flux de servicii la nivel mondial.

O analiză din perspectiva dimensională a oricăreia dintre aceste date ne permite să vedem, cu doar o privire, în complexitate, observând cu mare ușurință o

creștere sau o scădere a câtorva dintre valori dar și corelațiile dintre ele, ele putându-ne indica și anumite variații.

Cauzele principale sunt, în cea mai mare parte a timpului, bine ascunse, pentru a putea să fie percepute, cu ochiul liber.

În consecință, este necesar să folosim politici economice mai relaxate pentru a oferi cadrul general pentru o adaptare mai rapidă și contrapondere la diferite situații care ar putea apărea.

Utilizarea seturilor de date privind schimbul de valori de piață permite o mai bună perspectivă a calității unei economii mai ales din cauza structurii bursei de valori care este formată din cele mai valoroase companii din țările selectate.

Se poate observa că, **în cea de-a doua perioadă** selectată, lipsită de stresul unei crize financiare și de prea mari riscuri, deci o perioadă de creștere economică, **corelația dintre indici este foarte mare**, piețele fiind în armonie.

Atâta timp cât există un grad ridicat de corelare se poate percepe faptul că factorii economici vor predomina și vom avea nevoie de a utiliza valori istorice pentru a face predicții.

Creșterea valorilor unui indice bursier de tranzacționare prezintă un vârf în activitatea companiilor în care cererea din afara face oferta. Nu este dificil pentru o țară spre a ține evidența atunci când țările puternic dezvoltate au companii de top.

Când există o scădere a indicilor financiari din țările puternice, prăbușirea unui indice va declanșa o depreciere a monedei acestei țări care, în termen, va afecta sistemul economic mondial. În aceste momente investitorii sunt tentați să vândă masiv, producând valuri de undă pe întreaga piață economică.

7 CENTRALITATE ÎN REȚELE ECONOMICE

Se propune o nouă metrică de centralitate, **CORREAL**, care se definește și apoi se aplică asupra datelor din primele trei studii de caz ale cercetării.

În prima situație, cu referire la PIB, România, metrica Correal se aplică asupra celor 14 noduri din rețea ce reprezintă sectoare cheie selectate și prelucrate în întreaga cercetare și a cărui mod de reprezentare grafic permite evidențierea anumitor noduri din rețea.

A doua reprezentare grafică a metricii de centralitate Correal oferă posibilitatea realizării unei analize pertinente asupra a 23 de serii de timp, reprezentând, pentru circa 14 ani, rata de schimb valutar raportată la dolarul american.

O nouă reprezentare grafică se aplică asupra datelor din al treilea studiu de caz. De această dată raportarea se face la o serie de moment, fiind expusă analizei, prin aplicarea metricii Correal, seria anilor 2007, cu referire la operațiuni economice de import realizate în întreaga Uniune Europeană-UE 28.

Tot pentru cele trei direcții sunt aplicate o serie de măsurători asupra datelor, folosind diferiți indici de coeziune, obținându-se o serie de valori, regăsite în cele trei tabele din ANEXA 4, aceste date permițând obținerea unui studiu comparativ cu metrica Correal pe fiecare din subdomeniile selectate.

7.1 Definire metrică de centralitate- CORREAL

Modalitatea în care sunt conectate nodurile în rețele complexe are o importanță decisivă în orice proces de colaborare dar și în garantarea posibilităților de transmitere a datelor.

Există o serie de indicatori de coeziune în rețele care oferă posibilități de analiză a diferitelor situații ce intervin în problemele din rețea precum densitate, grade, centralitate.

Una din capabilitățile prin care ne putem referi la măsurarea substanțibilității unui nod, prin prisma structurii de rețea dar și poziția acestuia în cadrul rețelei complexe, o constituie centralitatea acestuia.

În această cercetare se propune **o nouă metrică de centralitate, denumită CORREAL**, a nodurilor dintr-o rețea economică, care să ia în considerare proprietățile rețelelor din perspectiva specifică domeniului.

În acest mod, pe baza studiilor realizate și prezentate în teză, se ia în considerare **metrica** de corelație statistică pentru a reprezenta ponderea muchiilor dintre două noduri ale rețelei în cauză.

Pornind de la această metrică de corelație, se calculează scorul unui nod, ca fiind suma muchiilor (graf neorientat), adică, în final, pentru fiecare nod, se măsoară importanța sa ca fiind dată de tăria legăturilor pe care le are, din perspectiva corelației.

Se folosește suma și nu produsul muchiilor deoarece valoarea corelației este subunitară iar prin înmulțire rezultatul ar deveni din ce în ce mai mic, ceea ce ar fi contraintuitiv.

În continuare se generează drumurile de cost maxim folosind algoritmul Roy-Warshall.

În cazul de față costul maxim este direct proporțional cu importanța nodului conform cu prezentarea de mai sus.

Pentru fiecare nod se calculează **metrica nouă de centralitate CORREAL**, ca fiind raportul dintre scorul (sau suma corelațiilor) și suma corelațiilor pentru toate drumurile care nu îl conțin pe acel nod.

În această situație valoarea ar trebui să fie cât mai mare, ceea ce ar însemna că acel nod are, în mod direct, o influență mare și, în același timp, restul drumurilor nu pot să obțină performanțe ridicate dacă îl ocolesc, adică, în mod direct afirmat, "trebuie trecut pe la acel nod".

7.2 APLICABILITATE METRICĂ DE CENTRALITATE-CORREAL

Într-un prim pas se aplică această metrică nouă de centralitate Correal asupra datelor din cele 14 sectoare cheie din PIB-ul României, pentru perioada celor 51 trimestre, de la Q1/2001 până la Q3/2013 și se obțin informațiile din Tabelul 7.1.1 (Anexa 4(a)) iar datele obținute în ultima coloană sunt utilizate în realizarea graficului din Figura 7.1.1 în care se observă evoluția sectoarelor menționate în capitolul trei.

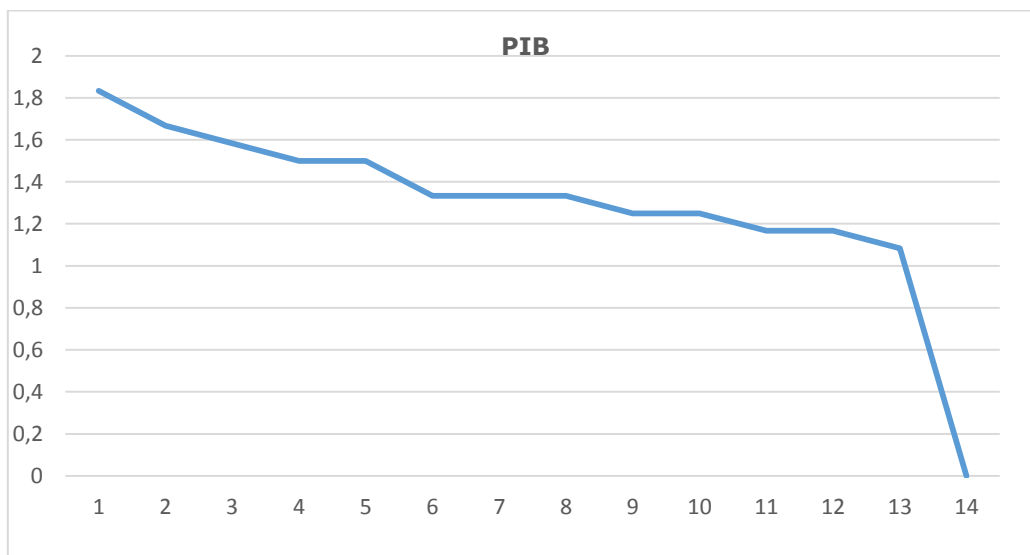


Figura 7.1.1 Aplicare metrică nouă Correal asupra celor 14 sectoare selectate din PIB

Corelând informațiile din ultima coloană din tabel cu graficul din Figura 7.1.1 se observă că cea mai mare valoare este cea deținută de nodul N, care are codificarea cu referire la subvenții pentru produse, acest nod ieșind în evidență și în cercetarea din capitolul trei, când s-a observat că acesta era izolat și în concluzie, necorelat statistic.

Comparativ cu datele statistice din tabelul din ANEXA 4(a), dacă urmărim indicele de măsurare "Eigenvector Centrality", în care un nod cu o valoare mare este bine conectat cu alte noduri de valori mari apropiate, se remarcă și aici că nodul N are, de această dată, valoarea cea mai mică, deci puterea cea mai slabă.

Totodată cea mai mică valoare, în cazul metricii noi Correal, este cea atribuită nodului I, ce se referă la servicii.

Comentariile pot continua făcând diferite comparații, conform măsurilor selectate și aplicate precum modularitate, coeficient de clusterizare, etc, rezultate precizate în Tabelul 7.1.1.

Tot această metrică Correal se aplică, în următorul pas, asupra datelor prezentate în capitolul patru, cu referire la piețele financiare, mai precis asupra celor 3646 date, pentru fiecare din cele 23 de monede și se obțin informațiile din Tabelul 7.1.2(Anexa 4(b)) și graficul din Figura 7.1.2.

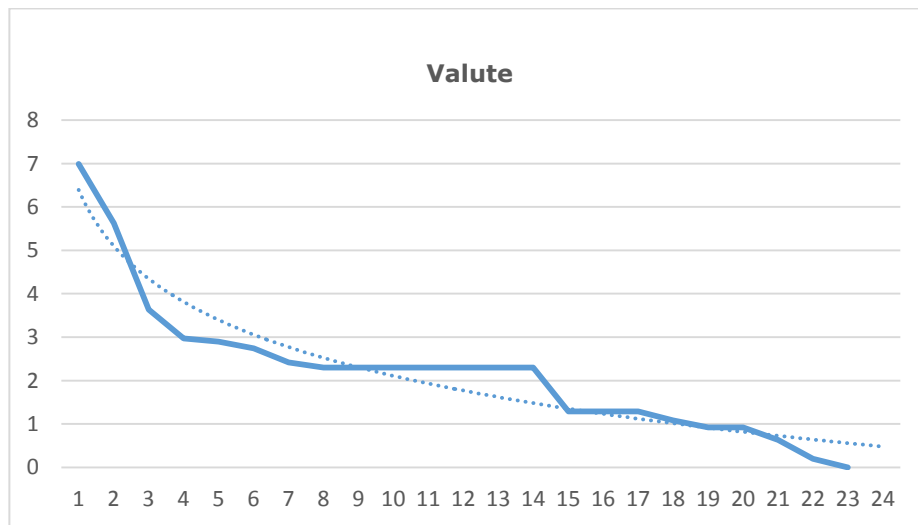


Figura 7.1.2 Aplicare metrică nouă Correal asupra celor 23 valute selectate din Tabel 4.1.1

Și în acest caz, corelând informațiile obținute, aplicând noua metrică Correal, cu măsurătorile existente în ultima coloană, având valorile determinate și precizate în Tabelul 7.1.2, aceasta este reprezentată în graficul din Figura 7.1.2.

Se observă diferite aspecte cum ar fi faptul că majoritatea monedelor sunt corelate dar avem și excepții, astfel încât am putea evidenția două mari categorii de valori.

Se pot realiza comparații între diferitele metrice de centralitate obținute în ANEXA 4(b) Tabelul 7.1.2.

În al treilea studiu se face referire la operațiuni de import și export realizate între cele 28 de țări ale Uniunii Europene, aceste aspect fiind relatate în capitolul cinci din această teză.

Prin aplicarea noii metrice Correal asupra datelor din importul în Uniunea Europeană EU-28, în anul 2007, când țara noastră a aderat la această uniune, se obțin informațiile din Tabelul 7.1.3(Anexa 4(c)) și graficul din Figura 7.1.3.

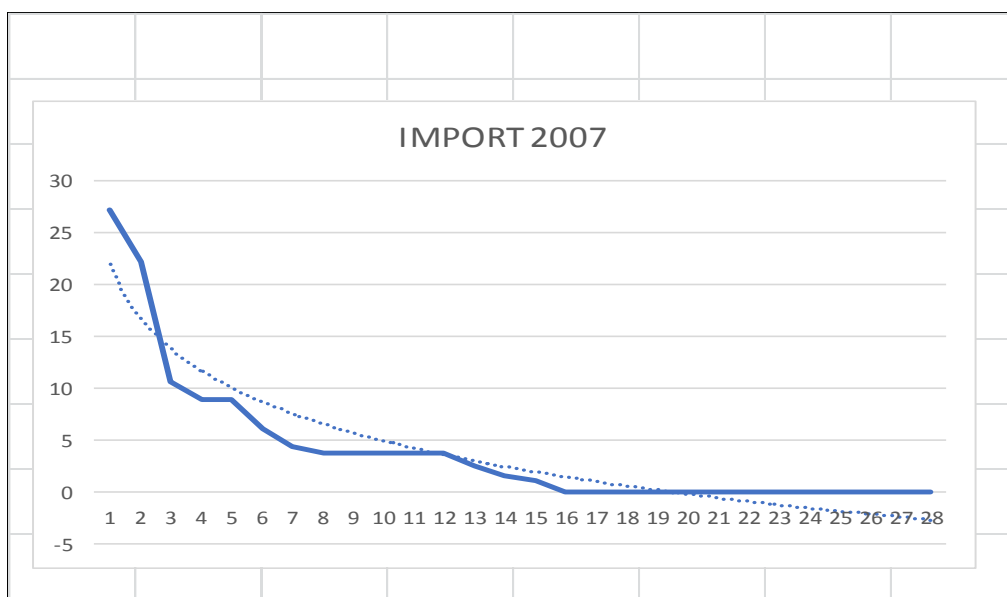


Figura 7.1.3. Aplicare metrică nouă Correal asupra unor operațiuni import

De această dată se observă anumite grupări de țări care au aceeași valoare în coloana destinată noii metrice Correal.

Și în acest caz se pot realiza comparații între diferitele metrice de centralitate obținute în ANEXA 4(c) Tabelul 7.1.3.

8 CONCLUZII, CONTRIBUȚII, DIRECȚII, DISEMINARE REZULTATE

8.1 Concluzii generale

O reală problemă în analiza macroeconomică o constituie aflarea relațiilor dintre diverșii jucători cheie în schimburi economice și, mai ales, influențele transversale cauzate de acești jucători la nivel maximal. O serie de soluții clasice la aceste probleme avem în literatura de specialitate, unele dintre ele aplicabile, dar e suficient să precizez că în cele mai multe situații ele se bazează pe statistici îngreunate de volumul mare de parametri și informații care împiedică găsirea cu ușurință a celor mai bune soluții la problemele care apar.

În același timp asistăm la interesul crescut și la o mare varietate de aplicații pentru așa-numitele rețele complexe, observând o mai mare implicare, mai ales în ceea ce privește țara noastră, doar spre anumite direcții și domenii de activitate cum sunt de exemplu rețelele sociale sau dintre cele ale anumitor companii care au parteneriate, rețele financiar-bancare, rețele de telecomunicații.

La nivel mondial, există literatură de specialitate cu privire la aplicabilitatea **rețelelor complexe** în diverse domenii de activitate umană, inclusiv al economiei. Așa cum este prezentată în una din lucrările importante ale lui A.-L. BARABÁSI [19], această abordare îmi permite să găsesc o posibilitate și să determin procedee prin care să modelez și să reprezint date care se găsesc într-o anumită structură și care pot să arate anumite relații între entități.

Modelarea este posibilă prin prisma utilizării structurii unui graf care permite **prelucrarea unui volum mare de date**. Ea ne oferă un mod nou de explorare a acestor seturi de date structurate și ne oferă posibilitatea înțelegerii și folosirii lor în perspectivă.

În loc să analizez doar un volum mic de date, aspect care poate fi obținut și prin modelare matematică sau prin diverse tehnici statistice, pot să vizualizez relațiile dintre date și, în același timp, aplicând noile măsurători, obțin o perspectivă mai bună a influenței nodurilor variate asupra întregii rețele.

Observăm astfel că avantajele acestor abordări sunt fundamentale, prin utilizarea seturilor de date macroeconomice, demonstrând astfel că rețelele complexe și teoria grafurilor oferă perspective noi legate de dinamica și echilibrul modelelor economice.

Această teză este structurată în opt capitole.

În partea introductivă se prezintă o **viziune de ansamblu** în ceea ce privește cadrul general al teoriei rețelelor complexe, apoi se continuă cu motivațiile alegerii temei de cercetare și, în final, se precizează obiectivele tezei.

În al doilea capitol se prezintă stadiul actual al cercetării în tematica tezei. Se realizează un scurt istoric din perspectiva rețelelor complexe și se face referire la **elemente definitorii, proprietăți, modele** ale rețelelor complexe, oferindu-se un cadru general pentru ele. Sunt urmărite metodologii care vizează evoluția tehnologică a ultimilor ani precum și modul în care se dezvoltă teoria grafurilor și a

rețelelor complexe, tendința actuală a acestora prin care se corelează și modelează sistemele complexe.

Sunt evidențiate unele din cele mai importante **tehnici de detecție a comunităților** însă sunt prezentate și anumite elemente necesare din perspectivă economică.

Partea aplicativă a tezei este prezentată în **capitolele 3-7** și conține **patru studii de caz** în care există o fundamentare teoretică a acestora, cu explicații corespunzătoare (capitolele 3-6) însă și **realizarea unei metrici CORREAL** cu aplicabilitatea ei asupra studiilor de caz menționate (capitolul 7) dar și aplicarea unor algoritmi existenți și a unor noi metodologii asupra datelor menționate în capitolele 3-6.

În **capitolele 3-5** se realizează și se prezintă, ca elemente de noutate, **trei algoritmi, denumiți PIBGRA, CORGRA și IMEXGRA**, aceștia reprezentând metodologii aplicate asupra studiilor de caz din cadrul tezei.

În **primul studiu** de caz (capitolul 3), prin intermediul rețelelor complexe, se aplică metodologia prezentată în [13], la SACI 2014, asupra unuia din cei mai importanți indicatori ce pot măsura starea unei economii, mai precis produsul intern brut al României, între seturi de serii de timp variate ale structurii PIB-ului, cuprinzând perioada 2001-2013, modelând astfel 14 sectoare de activitate, pentru o perioadă de peste 12 ani, cu 51 trimestre selectate, o parte din datele prelucrate putând fi vizualizate în secvențele X și Y (ANEXA1(a)(b)). Se oferă noi posibilități de explorare vizuală a datelor. Metodologia aplicată a condus astfel la construirea algoritmului **PIBGRA**. Acest algoritm permite găsirea de corelații între diferite seturi de date selectate cu privire la sectoare din PIB și permite evidențierea grafică a acestor corelații, prin construirea unei corespondențe între cantitatea umplerii și forța corelației. El permite și generarea, prin rețele complexe, într-o formă, cu impact vizual puternic, a unor modele, reprezentate spațial, care scot în evidență felul în care interacționează sectoarele selectate. Această abordare dinamică permite realizarea, cu multă ușurință, a unei analize care să prezinte modul în care relaționează seriile de timp economice.

Prin intermediul unor măsurători, algoritmi și proprietăți ale rețelelor complexe, cu privire la sectoarele din PIB selectate, se determină două tipuri de comunități corelate în funcție de tendințele de nevoi, impactul vizual fiind puternic iar nodul N, reprezentând subvențiile pentru produse, este unicul necorelat, concluzionând că statul nostru nu sprijină acest sector după o regulă bine definită.

Al doilea studiu de caz, din capitolul 4, aplicativ, materializat prin articolele prezentate în [14], [15], privește dinamica cursului valutar, cercetarea realizându-se, de această dată, prin determinarea și aplicarea unor metodologii ale rețelelor complexe asupra piețelor financiare europene și mondiale.

Algoritmul **CORGRA** se aplică asupra setului de date referitoare la evoluția cursului de schimb valutar sub forma unei colecții de 3-tuple, și permite calculul indicelui de corelație Pearson pentru seturile de date introduse, generând corelograma dar și grafice partiționate în comunități, cu o reprezentare spațială de foarte mare impact vizual.

Se aplică metodologia, construind câte o corelogramă, în primă etapă, asupra a 23 de serii de timp selectate pentru anii 2004-2014, rata de schimb fiind raportată la dolarul american, iar în a doua etapă asupra a 31 de monede, mai apropiate ca perioadă, de cea actuală.

Din prima serie, aplicând mecanismul de detecție a comunităților, în Figura 4.3.2. se obțin două mari comunități. Prima comunitate, marcată cu roșu, conține 10 noduri, cu monede, în cea mai mare parte, aparținând zonei euro, iar celelalte 13 noduri, din comunitatea colorată cu albastru, constând în monede asiatice. Toate aceste aspecte scot în evidență realitatea comerțului dintre țări. În următorul pas se aplică, în mod recursiv, același algoritm pentru comunitatea roșie identificată anterior, rezultând Figura 4.3.3. în care noua comunitate, colorată cu verde, deține monede europene iar cea portocalie conține monede sud-africane, britanice și sud-coreene.

Se folosește aceeași abordare în [83] și asupra celui de-al doilea set de date, cu referire la cele 31 de monede (Tabelul 4.3.1-date aparținând BNR), cursul de schimb pentru perioada celor 11 ani fiind raportat la leu, perioada aleasă anterioară, 2005-2007, perioada de criză 2008-2009 dar și perioada post-criză 2009-2016 fiind necesară prin prisma apropierei de introducerea monedei unice EURO.

Al treilea studiu, din capitolul aplicativ cinci, prezentat în articolul [84] din Slovacia, în 2017, face referire la comerțul internațional din Uniunea Europeană, prin operațiunile sale de import-export, determinând și aplicând seriilor de date selectate, începând cu anul 2007, anumite procedee din domeniul rețelelor complexe.

Ca element de noutate, se construiește un model, reprezentat în spațiu printr-un graf orientat, Figura 5.3.1, care evidențiază relația economică directă între oricare două țări, fiecare arc din buclă fiind colorat cu roșu, respectiv albastru, cele două culori reprezentând faptul că importul are valoare mai mică sau mai mare decât exportul între cele două perechi de țări vizualizate.

Un alt element de noutate îl constituie construirea și aplicarea algoritmului **IMEXGRA**. Algoritmii permite prelucrarea unor volume mari de date, cantitățile selectate reprezentând valorile rezultate din operațiuni de import - export între țările din UE-28. Se aplică metodologia care va evidenția relațiile între comunități prin construirea unor reprezentări spațiale.

Ultimul studiu de caz al capitolului șase din cercetare, prezentat în [113], face referire tot la aplicarea metodologiilor anterioare acestei direcții, dar, de această dată, asupra unui domeniu de mare interes, mai precis, domeniul bursier.

În urma aplicării secvenței de cod din subcapitolul 6.2, cea care construiește corelograma, se observă că nu se poate obține o interpretare foarte bună, deoarece indicele de corelație Pearson dintre oricare doi indici bursieri depășește cu mult pragul de 0,3 al indicelui. Scăderea valorii unui indice într-o țară dezvoltată poate produce dezastre economice mondiale.

În al **șaptelea capitol** se propune **o nouă metrică de centralitate în rețea CORREAL** precum și aplicarea ei în contextul primelor trei studii de caz, generându-se grafice corespunzătoare cu referire la PIB, operațiuni de import-export în UE-28 și monede.

În **capitolul al optulea** se prezintă **o sinteză** a lucrării de cercetare precum și contribuțiile personale dovedite prin articole prezentate și publicate în conferințe internaționale și publicații în reviste care se regăsesc specificate în subcapitolul 8.4. Tot în acest capitol se precizează noi propuneri pentru cercetarea viitoare.

Ultima parte din teză, conține informații legate de "acknowledgements" și toate referințele bibliografice folosite în această teză.

În final sunt prezentate anexe la cercetare ce conțin o parte din seturile de date pe care s-au realizat măsurătorile.

8.2 Concluzii asupra celor patru studii de caz

Firul narativ al cercetărilor din această teză se poate contura prin intermediul publicațiilor aferente fiecăreia dintre etapele cercetării, prezentate în mod complet și detaliat în cele de mai sus.

Astfel, mi-am început cercetările prin intermediul studiului literaturii de specialitate, unde mi-a atras atenția articolul lui Caraiani et al.[65], de la care am extins investigațiile înspre partea de produs intern brut, abreviat PIB, ca și indicator economic, la nivelul țării noastre. Aplicând o tehnică de modelare cu rețele complexe am reușit să ofer o nouă modalitate de explorare a datelor din domeniul economic, în manieră vizuală.

Aceste rezultate le-am prezentat în cadrul unui articol[13], **A spatial approach in analyzing the structure and dynamics of the Romanian GDP**, la SACI 2014(Timișoara,România).

În etapa următoare a cercetării, ca urmare a reacțiilor pozitive obținute anterior, am aplicat aceeași metodologie și pentru seturi de date cu impact la nivel macroeconomic din sfera Uniunii Europene (dinamica cursului valutar și volumul schimburilor economice).

Astfel, la CINTI 2014 (Budapesta, Ungaria), am prezentat rezultatele cuprinse în articolul[14], **Analyzing the structure of world financial markets through complex network analysis**, în care am folosit date Eurostat pentru a identifica tipare structurale în schimburile economice la nivel global (acele așa-numite „carteluri”, țări ale căror economii sunt puternic interdependente), folosind metrici și algoritmi de detecție de comunități, specifici rețelilor complexe, iar în articolul [83], **Complex Network Interpretation of European Union Economic Dynamics**, prezentat la SAMI2017 (Herl'any, Slovakia) am abordat o metodologie similară, dar la nivelul țărilor din Uniunea Europeană.

Integrând experiența dobândită în investigațiile prezentate anterior, am elaborat și publicat articolul[15], **A SPATIAL ANALYSIS OF INTERNATIONAL WORLD EXCHANGE USING COMPLEX NETWORKS ANALYSIS**, în care am făcut o sinteză a metodelor noi de explorare într-un spațiu multidimensional a datelor din domeniul economic, folosind rețele complexe.

O nouă abordare, prin cercetarea [84], **Complex networks analysis of international import-export trade, prezentată la conferința INFORMATICS'2017** (Poprad, Slovakia), îmi permite să îndrept studiul asupra seriilor de date din anumite momente cu privire la importurile și exporturile dintre țările membre ale Uniunii Europene. Elementul de noutate îl constituie construcția unui model cu reprezentare spațială, astfel încât, pentru oricare două conexiuni selectate să fie evidențiate, prin două culori distincte, legăturile între oricare două state cu privire la import-export.

Cel de-al patrulea studiu, cu trimitere la articolul[113], **Complex Networks with Applicability to the Structure and Dynamics of Stock Market Evolution**, prezentat la SACI 2018, acoperă un domeniu relativ tradițional (cel al piețelor bursiere). Se utilizează și de această dată metodele și tehnicile specifice rețelilor complexe.

În acest caz, metoda bazată pe corelații, se dovedește insensibilă, iar vizualizarea, cu ajutorul grafurilor, produce un graf complet, ponderile muchiilor (coeficientul de corelație între doi indici bursieri) fiind, de fiecare dată, ridicat (având

o valoare ce depășește 0.5), ceea ce impune găsirea unor alte metode de detecție a tiparelor ascunse în aceste date.

Ca și o sinteză a celor raportate, aș menționa că prin utilizarea vizualizării cu rețele complexe, se obține un model mai apropiat de practica curentă a economistului și mai ușor de interpretat, prin dimensiunea vizuală, decât în situația "tradițională", a modelelor matematice, care folosesc, spre exemplu, metode matematice, algebra liniară, teoria probabilităților sau statistica matematică.

O **scemă comparativă a celor trei metodologii** dezvoltate în primele trei studii de caz este relatată în Figura 8.2.1.

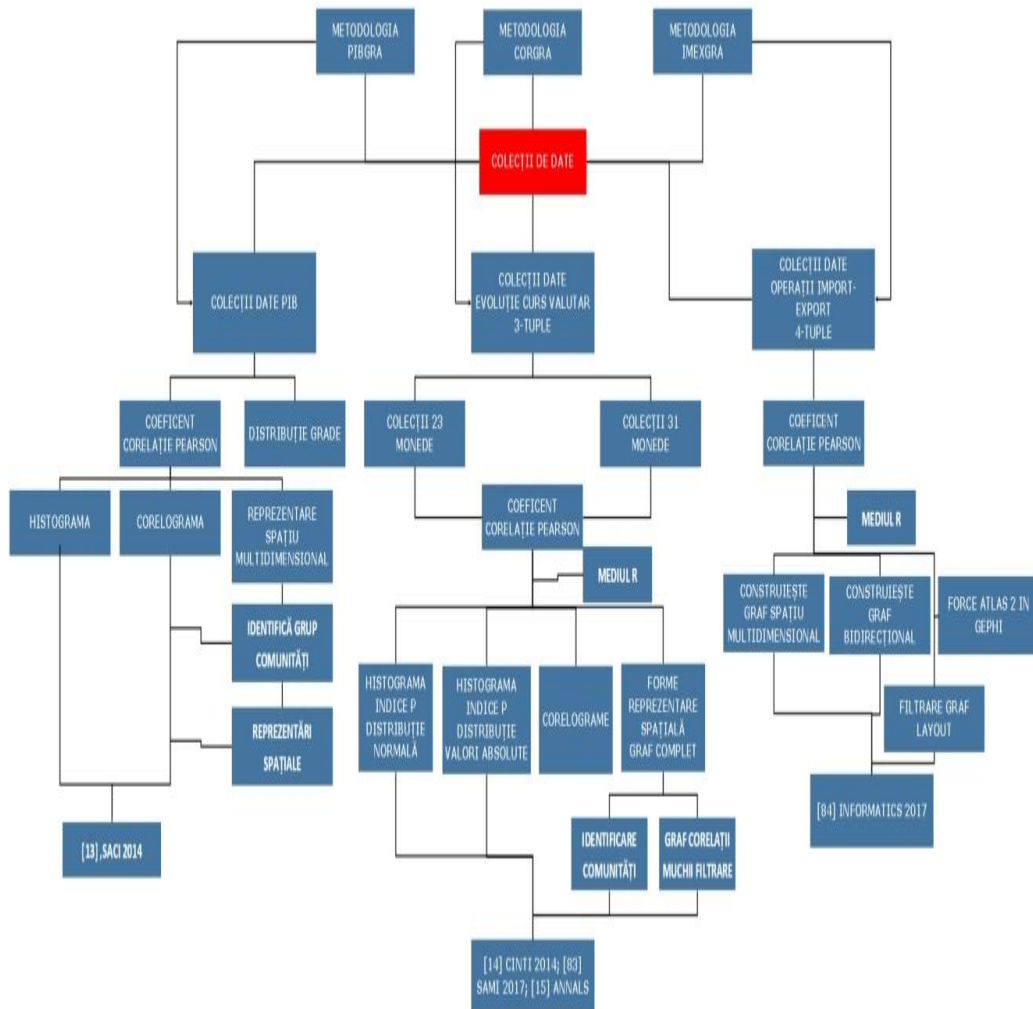


Figura 8.2.1. Schema comparativă reprezentare metodologii

8.3 Contribuții

Ca o **sumarizare a contribuțiilor** reflectate în studiu și prezentate la diferite conferințe sau publicate în reviste de specialitate și codificându-le cu C1, C2, C3, C4, C5, am realizat o schemă de prezentare a acestora (Figura 8.3.1).

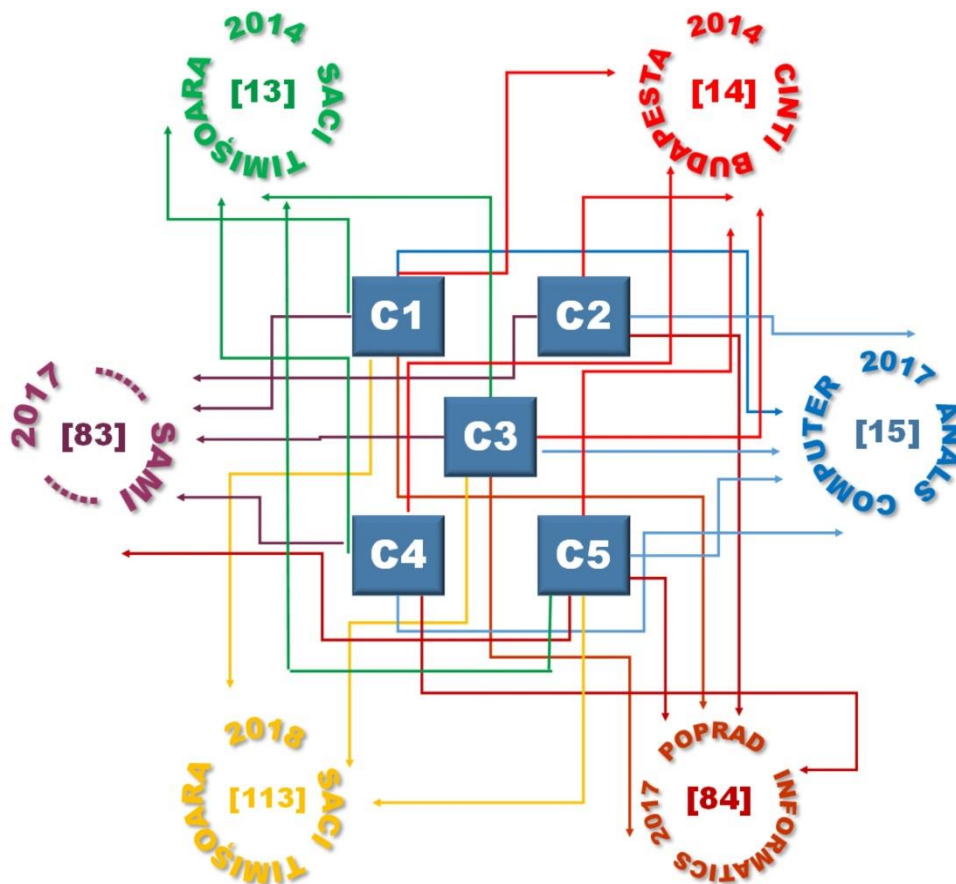


Figura 8.3.1 Schema realizării contribuțiilor reflectate în publicații

O descriere a contribuțiilor abreviate cu C1, C2, C3, C4, C5 se prezintă în continuare.

C1. Adăugarea de **metode** noi pentru descrierea importanței unui nod (sistem economic) al rețelei în cadrul topologiei globale, bazate pe metrica de

betweeness(capitolele 3, 4, 5, 6, 7), adică legarea acelei metrici de domeniul economic și posibilitatea **măsurării importanței aceluși nod** strict din punct de vedere topologic[13], [14], [15], [83], [84], [113].

C2. **Identificarea corelațiilor** ascunse în domeniul rețelelor de schimb de mărfuri și monede prin intermediul metodelor și metricilor specifice teoriei rețelelor complexe(capitolele 4,5) [14], [15], [83] și **realizarea unei noi metrici de centralitate CORREAL** (capitolul 7).

C3. **Detecția de comunități** folosind topologia de rețea prin **baleierea rezoluției cu pasul de 0.1** până la **determinarea punctului de inflexiune** al graficului ce cuprinde numărul de comunități și rezoluția (capitolele 3, 4, 5, 6) [13], [14], [15], [83], [84], [113].

C4. **Realizarea a trei algoritmi/metodologii** de reprezentare într-un spațiu multidimensional a informațiilor specifice domeniului economic și a unui studiu comparativ schematic[13], [14], [15], [83], [84], [113]. pentru a extrage informații cu dimensionalitate scăzută din seturi de date cu dimensiune superioară.(capitolele 3, 4, 5)

C5. Realizarea a **patru studii de caz cu rol de aplicații demonstrative** care să reliefeze utilitatea celor introduse prin prisma analizei interacțiunilor economice la nivelul produsului intern brut, a structurii piețelor financiare, a schimbului de mărfuri la import și export dar și în ceea ce privește piața bursieră(capitolele 3, 4, 5, 6)[13], [14], [15], [83], [84], [113].

8.4 Direcții noi de cercetare

În privința investigațiilor viitoare, se pot realiza cercetări interesante în domeniul obținerii rezultatelor aplicând raționamentele asupra seriilor de timp, și, în același timp, prin utilizarea reprezentării bazată pe rețea putem aplica măsurători specifice suplimentare care ne vor permite să comparăm în mod determinist economiile a două sau mai multe țări.

În altă ordine de idei doresc să cuantific „calitatea” schimbului economic prin metrici de superpoziție a rețelelor.

Asupra piețelor financiare doresc să realizez o extindere a modelelor utilizând o “majoritate” de monede mondiale prin reluarea analizei pe ferestre mici de timp (în jurul evenimentelor economice mari).

O altă idee de cercetare va fi îndreptată spre modul în care influențează investițiile din domeniul energiei economia națională. Ca punct de plecare voi realiza un studiu de caz asupra unui model matematic aplicat în macroeconomie de legătură dintre eficiența energetică și PIB aparținând unui savant recunoscut cum este modelul lui Jose Goldenberg, specialist în eficiență energetică și dezvoltare durabilă.

Voi încerca să dezvolt un procedeu pentru determinarea investițiilor necesare care să reducă consumul final de energie prin îmbunătățirea eficienței energetice spre a putea fi aplicat economiei țării noastre.

8.5 Diseminarea rezultatelor

1. R. G. BOAR, A. IOVANOVICI and H.CIOCÂRLIE, A spatial approach in analyzing the structure and dynamics of the Romanian GDP, 978-1-4799-4694-5/14/ SACI 2014 IEEE Page(s): 259 – 262, Web of Science Core Collection, Scopus

2. BOAR R.G., IOVANOVICI A., CIOCÂRLIE H., Analyzing the structure of world financial markets through complex network analysis. In (2) Computational Intelligence and Informatics (CINTI), 2014 IEEE 15th International Symposium on, presentation, 2014, Google Scholar

3. R.G. BOAR, A. IOVANOVICI and H.CIOCÂRLIE, Complex Network Interpretation of European Union Economic Dynamics, 978-1-5090-5656-9/17 © 2017 IEEE pages 201-206 (SAMI 2017), Web of Science Core Collection, Scopus

4. R. G. BOAR, A. IOVANOVICI and H.CIOCÂRLIE, Complex networks analysis of international import-export trade, 14-16 noiembrie, 978-1-5386-0889-0/17/©2017 IEEE, 31-34, 14th International Scientific Conference on Informatics(INFORMATICS 2017), Scopus

5. R. G. BOAR, A. FORTIS, A. IOVANOVICI, H.CIOCÂRLIE, A SPATIAL ANALYSIS OF INTERNATIONAL WORLD EXCHANGE USING COMPLEX NETWORKS ANALYSIS, Annals. Computer Science Series . Dec2017, Vol. 15 Issue 2, p136-142. 7p, Google Scholar

6. R.-G. BOAR A. IOVANOVICI and H.CIOCÂRLIE, " Complex Networks with Applicability to the Structure and Dynamics of Stock Market Evolution "Precedeengs of the IEEE 12th International Symposium Applied Computational Intelligence and Informatics(SACI 2018), May 17-19, 2018 in Timisoara, Romania, Web of Science Core Collection, Scopus

ACKNOWLEDGEMENTS

Această teză aparține Programului Operațional Sectorial de Dezvoltare a Resurselor Umane POSDRU/159/1.5/S/137516 finanțat prin Fondul Social European și de Guvernul României.

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

Axa prioritară: 1 „Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”

Domeniul major de intervenție: 1.5 „Programe doctorale și postdoctorale în sprijinul cercetării”

Titlul proiectului: „Parteneriat interuniversitar pentru excelența în inginerie - PARTING”

Cod Contract: POSDRU/159/1.5/S/137516

BIBLIOGRAFIE

1. L. EULER, *Introductio in analysin infinitorum*, Originally published as a book in 1748, *Opera Omnia: Series 1, Volume 8*; an English translation of §§140-141 (pp. 105-107) was published by F. MASÈRES in *Scriptores logarithmici 3*, London 1796, pp. 169-182
2. AL-KHWARIZMI MUHAMMED IBN MUSA, *The Compendious Book on Calculation by Completion and Balancing*
3. C. GIRAULT, R. VALK, *Petri Nets for Systems Engineering. A Guide to Modelling, Verification, and Applications*, Springer-Verlag, 2001.
4. R. P. FEYNMAN, R.B. LEIGHTON, M.SANDS, *The Feynman Lectures on Physics*, vol. I. Addison-Wesley. pp. p. 22, 10 (1977)
5. [Online] https://en.wikipedia.org/wiki/Seven_Bridges_of_Konigsberg
6. L. EULER, *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*, *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae 8*, 1741, pp. 128-140; *Opera Omnia: Series 1, Volume 7*, pp. 1-10
7. I. ODĂGESCU, *Optimizarea algoritmilor*, Editura Militară, Bucuresti, 1991
8. G. ALBEANU, *Algoritmi și limbaje de programare*, Editura România de Mâine, București, 2000
9. C. APOSTOL, I.G. ROȘCA, V. ROȘCA, B.GHILIC-MICU, *Introducere în programare. Teorie și aplicații*, Editura București, 1993
10. GIRVAN M., NEWMAN M.E.J., *Community Structure in Social and Biological Networks*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, June 11, 2002, 99(12): 8271-8276
11. D. KNUTH *The_Art_of_Computer_Programming*, Third Edition
12. R. SEDGEWICK, *Algorithms*, Addison-Wesley, 1st ed.1983.
13. R.G. BOAR, A. IOVANOVICI and H.CIOCĂRLIE, "A spatial approach in analyzing the structure and dynamics of the Romanian GDP", 978-1-4799-4694-5/14/ SACI 2014 IEEE Page(s): 259 - 262
14. BOAR R.G., IOVANOVICI A., CIOCĂRLIE H., "Analyzing the structure of world financial markets through complex network analysis", in (2) *Computational Intelligence and Informatics (CINTI)*, 2014 IEEE 15th International Symposium on, presentation, 2014
15. R. G. BOAR, A. FORTIS, A. IOVANOVICI, H.CIOCĂRLIE, "A Spatial Analysis of International World Exchange Using Complex Networks Analysis", *Annals. Computer Science Series* . Dec2017, Vol. 15 Issue 2, p136-142. 7p.
16. R. MILO, S. SHEN-ORR, S. ITKOVITZ, N. KASHTAN, D. CHKLOVSKII and U. ALON, "Network motifs: simple buildingblocks of complex networks". *Science*, 298(5594):824-827,2002
17. S. H. STROGATZ, "Exploring complex networks", *Nature*, 410(6825):268-276, 2001
18. BARABASI A.-L, "Scale-Free Networks: A decade and Beyond", *Science* 325, 412-413, 2009
19. R. ALBERT, A.-L. BARABÁSI, "Statistical mechanics of complex networks", *Reviews of modern physics*, vol. 74, no. 1, p. 47, 2002.
20. [Online]. Available <https://www.uc3m.es/Home>
21. RPOPOT A., HORRAH W., "A study of large sociogram", 1961

22. KLEINBERG J.M., KUMAR R., RAGHAVAN P., RAJAGOPALAN S., TOMKINS A.S., *The Web as Graph: Measurements, Models, and Methods*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1999, Volume 1627
23. F. VEGA-REDOND, *Complex Social Networks*, Series: Econometric Society Monographs, 2007, Cambridge University Press
24. JAMES MOODY's paper, *Race, school integration, and friendship segregation in America*, *American Journal of Sociology* 107, 679-716 (2001).
25. G. MIRITELLO, E. MORO Y L RUBEN, " *Dynamical strength of social ties in information spreading*", , *Physical Review E*. Volume: 83. Issue: 4. ISSN: 1539-3755
26. [Online]. Available http://www.robcross.org/network_ona.htm)
27. [Online]. Available https://en.wikipedia.org/wiki/Social_network
28. [Online]. Available https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network)
29. M. D. KÖNIG, S. BATTISTON, *From Graph Theory to Models of Economic Networks. A Tutorial*, in *Networks, Topology and Dynamics, Theory and Applications to Economics and Social Systems*, Series: Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 613, Springer, 2008.
30. M. GEIPEL, *Self-organization applied to dynamic network layout*, *International Journal of Modern Physics C*. forthcoming, 2007
31. M. D. KÖNIG, S. BATTISTON, S. NAPOLETANO, F. SCHWEITZER, *On algebraic graph theory and the dynamics of innovation networks*, *Networks and Heterogeneous Media* 3(2):201-219(2008).
32. NEWMAN M., *The structure and function of complex networks*, *SIAM review*, 45(2): 167 -256, 2003.
33. FREEMAN L.C., *Centrality in social networks conceptual clarification*, *Social networks*, 1(3):215-239, 1979
34. BOLDI P. and VIGNA S., *Axioms for centrality*. *Internet Mathematics*, (just-accepted) : 00-00, 2014.
35. OPHSAL T.,AGNEESSENS F. and SKVORETY J., *Node centrality in weighted networks : Generalizing degree and shortest paths*. *Social Networks*, 32(3):245-251,2010
36. V. IOAN-FRANC editor *Institutul Național de Cercetări Economice 1990-1999*,vol 1, *Academia Română, Centrul de informare și documentare economică*
37. P. DORMAN, *Macroeconomics, A Fresh Start*, Springer 2014, p. 73-117
38. STIGLITZ J. E., WALSH C. E., *Economie*, Editura Economica, ISBN 0-393-92622-2, 2005
39. A.-L. BARABÁSI, R. ALBERT, *Emergence of Scaling in Random Networks*, 15 OCTOBER 1999, vol 286 *SCIENCE*
40. S. H. STROGATZ, *Exploring Complex Networks*, *Nature* 410 (6825): 268-276. doi:10.1038/35065725. PMID 11258382, 2001.
41. R. ALBERT, H. JEONG and A.L. BARABASI, *Attack and error tolerance of complex networks*, *Nature* 406, 378-382, 2000.
42. R. ALBERT, R. ROBEVA, *Algebraic and Discrete Mathematical Methods for modern Biology*,Chapter 4-*Signaling Networks: Asynchronous Boolean Models*, 2015, Elsevier, Pages 65-91

43. R. ALBERT, A. SAADATPOUR, Boolean modeling of biological regulatory networks: a methodology tutorial, 2012, Elsevier
44. A.-L. BARABÁSI, E. RAVASZA, T. VICSEK, Statistical Mechanics and its Applications-Deterministic scale-free networks
45. S. N. DOROGVTSEV, J. F. F. MENDES, J.G. OLIVEIRA, Frequency of occurrence of numbers in the World Wide Web, *Physica A***360**, 548-556 (2006)
46. S. N. DOROGVTSEV, A. V. GOLTSEV, and J. F. F. MENDES, Critical phenomena in complex networks, *Rev. Mod. Phys.* **80**, 1275, 2008.
47. S. N. DOROGVTSEV, J. F. F. MENDES, A.N. SAMUKHINA, Metric structure of random networks, *Nuclear Physics B Volume 653, Issue 3*, 17 March 2003, Pages 307-338
48. S. N. DOROGVTSEV, A. V. GOLTSEV, J. F. F. MENDES, A.N. SAMUKHINA, Random networks: eigenvalue spectra, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Volume 338, Issues 1-2, 1 July 2004, Pages 76-83
49. S. N. DOROGVTSEV, J. F. F. MENDES, A.N. SAMUKHINA, Principles of statistical mechanics of uncorrelated random networks, *Nuclear Physics B Volume 666, Issue 3*, 1 September 2003, Pages 396-416
50. E. MOTTER, Cascade control and defense in complex networks, *Phys. Rev. Lett.* **93** arXiv:cond-mat/0401074, Bibcode:2004PhRvL.93i8701M, doi: 10.1103/PhysRevLett. 93. 098701, 2004.
51. R. COHEN, S. HAVLIN, Scale-free networks are ultrasmall, *Phys. Rev. Lett.* **90**, 058701 (2003)
52. M. ABDULLA, Ph.D., On the Fundamentals of Stochastic Spatial Modeling and Analysis of Wireless Networks and its Impact to Channel Losses, Ph.D. Dissertation, Dept. of Electrical and Computer Engineering, Concordia Univ., Montréal, Québec, Canada, Sep. 2012.: (Ch.4 develops algorithms for complex network generation and visualization).
53. H.CIOCARLIE D. PESCARU, C.ISTIN, A.DOBOLI, Monte-Carlo Simulation of Dynamic Coverage Preservation Algorithm for Video Wireless Sensor Networks, DepCoS-RELCOMEX'10, Wroclaw, Poland Tip publicatie : Conferinte neindexate din strainatate
54. R.-E. PRECUP, S. KOVACS, S. PREITL, E. M. PETRIU (editori), Applied Computational Intelligence in Engineering and Information Technology, Topics in Intelligent Engineering and Informatics, vol. 1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 356 pp., 2012.
55. F. ALLEN and A. BABUS, Networks in finance, Wharton Financial Institutions Center Working Paper, 2008.
56. R. N. MANTEGNA, Hierarchical structure in financial markets, *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, vol. 11, no. 1, pp. 193-197, 1999.
57. M. TUMMINELLO, T. ASTE, T. DI MATTEO, R. N. MANTEGNA, A tool for filtering information in complex systems, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 102, no. 30, pp. 10 421-10 426, 2005.
58. D. Y. KENETT, M. TUMMINELLO, A. MADI, G. GUR-GERSHGOREN, R. N. MANTEGNA, E. BEN-JACOB, Dominating clasp of the financial sector revealed by partial correlation analysis of the stock market, *PLoS one*, vol. 5, no. 12, p. e15032, 2010.
59. F. ALLEN, A. BABUS, Networks in finance, 2008.

- 60.** S. AMBLER, E. CARDIA, C. ZIMMERMANN, International business cycles: What are the facts?, *Journal of monetary economics*, vol. 51, no. 2, pp. 257–276, 2004.
- 61.** D. Y. KENETT, T. PREIS, G. GUR-GERSHOREN, E. BEN-JACOB, Dependency network and node influence: application to the study of financial markets, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, vol. 22, no. 07, 2012.
- 62.** D. Y. KENETT, Y. SHAPIRA, A. MADI, S. BRANSBURG-ZABARY, G. GUR-GERSHOREN, and E. BEN-JACOB, Index cohesive force analysis reveals that the us market became prone to systemic collapses since 2002, *PLoS one*, vol. 6, no. 4, p. e19378, 2011.
- 63.** R. KALI, J. REYES, The architecture of globalization: a network approach to international economic integration, *Journal of International Business Studies*, vol. 38, no. 4, pp. 595–620, 2007.
- 64.** K.M. LEE, J.S. YANG, G. KIM, J. LEE, K.I. GOH, I.M. KIM, Impact of the topology of global macroeconomic network on the spreading of economic crises, *PLoS one*, vol. 6, no. 3, p. e18443, 2011.
- 65.** P. CARAIANI, Using complex networks to characterize international business cycles, *PLoS one*, vol. 8, no. 3, p. e58109, 2013.
- 66.** R. KALI, J. REYES, Financial contagion on the international trade network, *Economic Inquiry*, vol. 48, no. 4, pp. 1072–1101, 2010.
- 67.** M.C.VOIA and J. S. FERRIS, Do business cycle peaks predict election calls in Canada., *European Journal of Political Economy* (2012).
- 68.** R.SATO, R.V. RAMACHANDRAN, Symmetry and Economic Invariance, Second Enhanced Edition, *Advances in Japanese Business and Economics 1*, DOI 10.1007/978-4-431-54430-2_1©Springer Japan 2014
- 69.** C. A. HIDALGO, B. KLINGER, A.-L. BARABÁSI, R. HAUSMANN, The product space conditions the development of nations, *Science*, vol. 317, no. 5837, pp. 482–487, 2007.
- 70.** DYE TH. R., *Politics in States and Communitie*, New Jersey, 2009
- 71.** JENKINS W., *Policy Analysis: A Political and Organisational Perspective Hardcover*, 1978
- 72.** EYESTONE R., *The threads of Public Policy*, Indianapolis: Bobbs-Merrill, 1971
- 73.** NEWMAN M., *Networks: An Introduction*, Oxford University, 2010
- 74.** EASLEY D., KLEINBERGER J., *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning About a Highly Connected World*, Cambridge University Press, 2010
- 75.** JACKSON M., *Social and Economic Networks*, Princeton University Press, 2010
- 76.** DOROGOSTEV S.N., MENDES J.F.F., Evolution of Networks, *Adv. Phys.* Pp 1079-1187, 2002
- 77.** M.E.NEWMAN, Analysis of weighted networks. Arxiv:cond-mat/0407503, 2002
- 78.** BOCCALETTI S., LATORA V., MORENO Y., CHAVEZ M., HWANG D.U., Structure and dynamics, *Physics Reports*, Volume 424, Issue 4-5, p.175-308, 200
- 79.** M. FRIENDLY, Corrgrams: Exploratory displays for correlation matrices, *The American Statistician*, vol. 56, no. 4, pp. 316–324, 2002.
- 80.** M. BASTIAN, S. HEYMANN, and M. JAMCOV, Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks, in *ICWSM*, 2009.
- 81.** M. E. NEWMAN, The structure and function of complex networks, *SIAM review*, vol. 45, no. 2, pp. 167–256, 2003.
- 82.** D. J. WATTS and S. H. STROGATZ, Collective dynamics of 'small-world' networks, *nature*, vol. 393, no. 6684, pp. 440–442, 1998.

- 83.** R. G. BOAR, A. IOVANOVICI and H.CIOCÂRLIE, Complex Network Interpretation of European Union Economic Dynamics, 978-1-5090-5656-9/17 © 2017 IEEE pages 201-206(SAMI 2017)
- 84.** R. G. BOAR, A. IOVANOVICI and H.CIOCÂRLIE, Complex networks analysis of international import-export trade, 14-16 noiembrie, 2017 IEEE, 14th International Scientific Conference on Informatics (INFORMATICS'2017)
- 85.** B.A.BAUMANN, K.P.GALLAGHER, Post-crisis capital account regulation in South Korea and South Africa, Tech. Rep., 2013
- 86.** [Online]. Available: <http://www.bnr.ro/Baza-de-date-interactiva-604.aspx>
- 87.** X. GABAIX, P. GOPIKRISHNAN, V. PLEROU, and H. E. STANLEY, A theory of power-law distributions in financial market fluctuations, Nature, vol. 423, no. 6937, pp. 267–270, 2003
- 88.** [Online]. Available <http://exporthelp.europa.eu/thdapp/index.htm>
- 89.** [Online]. Available <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- 90.** E. KANTAR, B. DEVIREN and M. KESCHIN, Hierarchical structure of the european countries based on debts as a percentage of gdp during the 2000 –2011 period, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2014.
- 91.** C. W. GRANGER, Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, Econometrica: Journal of the Econometric Society, pp. 424–438, 1969.
- 92.** A.IONESCU., Managementul proceselor în Revista comunicațiilor și informaticii, nr. 5 din 2005, pp. 47- 48
- 93.** I. MANCI, D. MAGALIUC, Managementul informațiilor militare în actul decizional, Editura Academiei Forțelor Terestre „NICOLAE BĂLCESCU” Sibiu 2014
- 94.** [Online].Available <https://dexonline.ro/>
- 95.** [Online].Available: <https://fred.stlouisfed.org/series/>
- 96.** <https://conspecte.com/Bazele-Petii-de-Capital/indici-bursieri.html>
- 97.** <https://analizamatematicampt.files.wordpress.com/2010/09/cap11pdf.pdf>
- 98.** [Online].Available:<https://profs.info.uaic.ro/~val/statistica/StatGloss.htm>
- 99.** FRIENDLY, M. (19 August 2002), Corrgrams: Exploratory displays for correlation matrices, (PDF). The American Statistician. Taylor & Francis. 56 (4): 316–324. doi:10.1198/000313002533
- 100.** <http://www.dofin.ase.ro/acodirlasu/lect/econmsbank/econometriemsbank2007.pdf>
- 101.** HAMILTON,J.D(1994), Time Series Analysis, Princeton University Press
- 102.** https://en.wikipedia.org/wiki/Correlation_and_dependence
- 103.** <http://www.gastonsanchez.com/visually-enforced/how-to/got-plot/2013/06/01/Visualizing-Correlations-with-Corrgrams/>
- 104.** https://en.wikipedia.org/wiki/Planar_graph
- 105.** <http://users.stat.umn.edu/~helwig/notes/datamat-Notes.pdf> , University of Minnesota
- 106.** SCALA A., AUCONI P., SCAZZOCCHIO M., CALDARELLI G., MCNAMARA J.-A., FRANCHI L., Complex Networks for data-driven medicine, New Journal of Physics 16 115017, 26 nov. 2014
- 107.** SILVA E., STUMPF P.H., Complex Networks and simple models in biology, DOI: 10.1098/rsif.2005.0067
- 108.** BOUCHAUD, J.-P., The (unfortunate) complexity of the economy, Journal reference: Physics World, April 2009, p.28-32
- 109.** KRICHENE H., CHAKRABORTY A., INOUE H., FUJIWARA Y., Business cycles' correlation in the Japanese production network, The 6th International Conference on Complex Networks & Their Applications, Nov. 29-Dec. 01, 2017, Lyon(France)

- 110.** NAMATAME A., KAIZOUJY T., ARUKA Y., The Complex Networks of Economic Interactions, Springer, 2006, XI, 347p.
- 111.** ISOGAI T., Factor modeling of financial asset returns for partial correlation network, The 6th International Conference on Complex Networks & Their Applications, Nov. 29-Dec. 01, 2017, Lyon(France)
- 112.** CARAIANI P., Characterizing emerging European stock markets through complex networks: From local properties to self-similar characteristics, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2012, Elsevier
- 113.** R.-G. BOAR, A. IOVANOVICI and H.CIOCÂRLIE, Complex Networks with Applicability to the Structure and Dynamics of Stock Market Evolution, Precedence of the IEEE 12th International Symposium Applied Computational Intelligence and Informatics(SACI 2018), May 17-19, 2018 in Timisoara, Romania
- 114.** <http://statistici.insse.ro/shop/?page=tempo3&lang=ro&ind=CON106E>
- 115.** <http://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/correlation-coefficient-formula/>
- 116.** <http://www.ileana.brudiu.ro/MV2018/CURS/11.%20Corelatii%20si%20regresii.pdf>
- 117.** <http://www.statisticshowto.com/correlagram/>
- 118.** <https://www.statmethods.net/advgraphs/correlagrams.html>
- 119.** S. FORTUNATO, Community detection in graph, arXiv:0906.0612.(2009)
- 120.** A. CONDON and R. M. KARP, Random Structures & Algorithm18,116 (2001)
- 121.** J. COHEN, Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.) New Jersey: Lawrence Erlbaum(1988)
- 122.** B.S.KHAN, M.A.NIAZI, Network Community Detection: A Review and Visual Survey, COMSATS Institute of Information Technology, Islamabad, Pakistan
- 123.** B.YANG, D.LIU, J.LIU, Discovering communities from social networks: methodologies and applications. In Handbook of social network technologies and applications (pp. 331-346):Springer,2010
- 124.** S.FORTUNATO & D.HRIC, Community detection in networks: A user guide. Physics reports, 659,1-44, 2016
- 125.** [https://en.wikipedia.org/wiki/Modularity_\(networks\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Modularity_(networks))
- 126.** A. LANCICHINETTI and S. FORTUNATO, Community detection algorithms: a comparative analysis, Complex Networks and Systems, Institute for Scienti_c Interchange (ISI), Politecnico di Torino
- 127.** M. FIEDLER, Algebraic connectivity of graphs. Czechoslovak mathematical journal, 23(2), 298-305(1973)
- 128.** https://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering
- 129.** J.FRIEDMAN,T. HASTIE & R.TIBSHIRANI (2001). The elements of statistical learning (Vol. 1): Springer series in statistics Springer, Berlin.
- 130.** F.MADANI, Technology Mining'bibliometrics analysis:applying network analysis and cluster analysis. Scientometrics, 105(1), 323-335.
- 131.** K.MACROPOL, A.SINGH Scalable discovery of best clusters on large graphs. Proceedings of the VLDB Endowment, 3(1-2), 693-702(2010)
- 132.** M. E. NEWMAN, Fast algorithm for detecting community structure in networks. Physical review E, 69(6), 066133.(2004)
- 133.** V.D.BLONDEL,J.-L GUILLAUME, R. LAMBIOTTE,E LEFEBVRE, Fast unfolding of communities in large networks, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment. 2008 (10): P10008. arXiv:0803.0476
- 134.** A.CLAUSET, M.E.J NEWMAN, C. MOORE, Finding community structure in very large networks, Physical Review E. 70 (6). arXiv:cond-mat/0408187 (2004)

- 135.** K WAKITA, T. TSURUMI, Finding Community Structure in Mega-scale Social Networks <https://arxiv.org/abs/cs/0702048>
- 136.** WW Zachary, 1977 Journal of Anthropological Research 33 452
- 137.** <https://www.cise.ufl.edu/research/sparse/matrices/Newman/karate.html>
- 138.** <http://www.cs.cornell.edu/projects/kddcup/> (Cornell KDD Cup)
- 139.** M. HOERDT, D. MAGONI, Proceedings of the 11th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks 257(2003)
- 140.** M.R.MIRSALEH & M.R.MEYBODI, A Michigan memetic algorithm for solving the community detection problem in complex network. Neurocomputing(2016)
- 141.** Q.ZHANG & H.Li, H.MOEA/D: A multiobjective evolutionary algorithm based on decomposition. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 11(6), 712-731(2007).
- 142.** L. D.MERKLE, LAMONT G. B., A Random Function Based Framework for Evolutionary Algorithms. In T. Bäck, editor, Proceedings of the Seventh International Conference on Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, California, July 1997, 105- 112
- 143.** en.wikipedia.org/wiki/Expectation-maximization
- 144.** S.BOETTCHER & A. PERCUS, Optimization with extremal dynamics. Physical Review Letters, (2001), 86(23), 5211
- 145.** M.E NEWMAN, Modularity and community structure in networks. Proceedings of the national academy of sciences, (2006). 103(23), 8577-8582.
- 146.** R.GUIMERA & L.A.N AMARAL, Functional cartography of complex metabolic networks. Nature, (2005), 433(7028), 895-900.
- 147.** B. D. HUGHES, Random walks and random environments(1996).
- 148.** M. ROSVALL & C. T. BERGSTROM, Maps of random walks on complex networks reveal community structure. Proceedings of the national academy of sciences, (2008).,105(4), 1118-1123
- 149.** M.COSCIA, F.GIANNOTTI & D.PEDRESCHI, A classification for community discovery methods in complex networks. Statistical Analysis and Data Mining, (2011). 4(5), 512-546.
- 150.** U.N.RAGHAVAN, R. ALBERT & S. KUMARA, Near linear time algorithm to detect community structures in large-scale networks, Physical review E, (2007). 76(3), 036106
- 151.** M. JACOMY, T. VENTURINI, S. HEYMANN, M. BASTIAN, ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software, PLOS ONE PLoS ONE 9(6): e98679, 2014
- 152.** L.P. ZHUHADAR, R. YANG, Cyberlearners and Learning Resources, ACM Digital Library, ISBN: 978-1-4503-1111-3, doi: 10.1145/2330601.2330621
- 153.** TMJ FRUCHTERMAN, EM RHEINGOLD, Graph drawing by force-directed placement. Softw: Pract Exper 21: 1129-1164.
- 154.** A. NOACK, Unified quality measures for clusterings, layouts, and orderings of graphs, and their application as software design criteria. PhD thesis, Brandenburg University of Technology, Cottbus, Germany, 2007
- 155.** <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1482622/#B23>

ANEXA 1

(a)

•Secvența X-DATE PIB

	2001	2002			2003						
	Trim. I	Trim. II	Trim. III	Trim. IV	Trim. I	Trim. II	Trim. III	Trim. IV			
Total valoare adăugată brută	103.4	104.4	107.6	106.6	104.6	105.4	104.6	105.3	104.3	104.7	105.9
Agricultură, silvicultură și pescuit	98.1	111.2	134.3	132.5	104.3	104.4	92.2	92.1	106.1	103.1	106.8
Industria extractivă; industria prelucrătoare; producția și furnizarea de energie electrică și termică, gaze, apă caldă și aer condiționat; distribuția energiei electrice și termice, gaze, apă caldă și aer condiționat; distribuția energiei electrice și termice, gaze, apă caldă și aer condiționat; activități de decontaminare	111.7	111.4	107.6	105.7	104.9	104.7	106.5	106.9	103.5	103.7	105.0
Construcții	113.6	114.3	107.0	110.6	106.0	108.8	109.6	110.0	104.2	105.2	105.2
Comerț cu amănuntul și ridicarea, repararea autovehiculelor și motocicletelor; transport și depozitare; hoteluri și restaurante	100.3	100.6	99.2	99.8	95.4	103.1	107.1	111.1	108.4	110.5	110.9
Informații și comunicații	103.8	102.8	102.3	105.1	112.2	109.3	108.7	105.3	101.9	104.3	104.3
Intermedieri financiare și asigurări	98.5	99.5	98.7	91.9	98.7	95.4	94.7	82.1	91.1	91.3	91.5
Tranzacții imobiliare	102.7	102.7	101.3	104.1	119.7	117.0	116.2	107.6	101.3	102.8	101.3
Activități profesionale, științifice și tehnice; activități de servicii	102.8	105.5	100.9	101.4	132.7	130.3	130.0	125.9	112.5	111.7	116.5

(b)

•Secvența Y-DATE PIB

	2010				2011				2012				2013			
	Trim. III	Trim. IV	Trim. I	Trim. II	Trim. III	Trim. IV	Trim. I	Trim. II	Trim. III	Trim. IV	Trim. I	Trim. II	Trim. III	Trim. IV		
94.8	94.8	98.5	100.3	96.8	97.8	100.6	100.6	103.7	101.3	99.8	101.4	99.4	101.0	102.3	102.4	104.7
99.5	96.8	86.5	91.1	97.1	94.4	96.3	110.6	117.8	110.8	100.7	100.2	70.4	75.4	92.0	117.7	124.6
99.1	104.8															
		102.8	105.1	103.9	104.2	100.6	97.6	102.8	99.3	98.1	100.1	98.6	99.2	102.6	105.0	107.0
88.2	88.3	89.1	97.0	92.6	98.7	97.6	95.8	92.7	92.0	89.0	104.4	102.9	98.3	101.6	95.5	103.8
90.6	89.3	98.0	102.4	94.9	96.2	98.4	97.9	97.9	97.7	97.7	98.6	104.0	105.0	103.2	97.9	98.6
101.5	96.7	99.3	101.9	99.0	99.7	98.0	99.6	102.1	103.8	104.8	126.4	138.3	143.3	108.8	98.8	100.0
98.3	81.3	93.1	91.8	88.9	94.2	112.6	119.1	117.8	116.8	100.7	99.1	100.1	99.5	102.6	101.7	101.7
92.0	89.8	103.8	96.4	91.5	97.5	103.7	101.0	102.8	104.3	103.7	100.5	104.0	99.5	102.6	103.6	100.7
97.3	94.6	110.1	94.5	92.5	101.1	104.1	118.0	122.9	126.5	99.2	114.8	113.2	109.9	106.8	101.1	98.7
95.5	99.2	99.3	102.4	94.8	93.6	100.4	100.6	99.7	99.3	105.5	92.9	105.1	105.6	100.2	101.6	96.7
81.0	91.6	82.0	77.6	89.8	66.2	101.8	102.1	105.0	103.1	102.2	104.0	101.5	104.9	101.3	102.9	101.8
77.0	94.1	92.2	93.5	114.2	116.7	109.5	105.6	106.4	104.1	104.3	104.7	100.1	101.7	101.5	96.2	99.6
77.1	93.2	96.0	95.3	113.3	118.4	108.6	107.5	106.7	105.0	104.1	104.7	100.0	101.7	101.5	96.2	99.6
85.3	73.3	216.5	204.7	73.1	179.9	96.8	160.1	130.8	126.6	97.3	98.4	87.1	89.2	104.3	101.4	101.5

ANEXA 2(a)

Secvența Z-DATE CURS SCHIMB PIAȚA VALUTARĂ

EVOL1_CURSZ.xls [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

B6 dolar austriacian

1 Nume clasă statistică: Cursul de schimb al pieței valutare - serii zilnice

2 Observații:

3 Nota: serii disponibile începând din iulie 2005

4 Metodologie:

5

Data	dolar austriacian	dolar canadian	franc elvețian	coroană cehească	coroană daneză	liră egipteană	euro	liră sterlină	forint unguresc	yen japonez	leu moldovenesc	coroană norvegiană	zlot polonez
	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)	(lei)
	CURSZ_AUD	CURSZ_CAD	CURSZ_CHF	CURSZ_CZK	CURSZ_DKK	CURSZ_EGP	CURSZ_EUR	CURSZ_GBP	CURSZ_HUF	CURSZ_JPY	CURSZ_MDL	CURSZ_NOK	CURSZ_PLN
28.10.2016	3,1255	3,0796	4,1452	0,1664	0,6047	0,4644	4,4978	5,0062	0,014543	0,039162	0,2055	0,4984	1,0376
27.10.2016	3,1438	3,0856	4,1564	0,1667	0,6055	0,4647	4,5037	5,0428	0,014549	0,039428	0,2059	0,5009	1,0401
26.10.2016	3,1644	3,0813	4,1519	0,1664	0,6044	0,4635	4,4965	5,0246	0,014549	0,039526	0,2066	0,4973	1,0405
25.10.2016	3,1517	3,0965	4,1507	0,1662	0,6037	0,4646	4,4909	5,0491	0,014577	0,039510	0,2060	0,4999	1,0429
24.10.2016	3,1582	3,1018	4,1629	0,1668	0,6057	0,4662	4,5057	5,0654	0,014625	0,039828	0,2070	0,5019	1,0429
21.10.2016	3,1577	3,1225	4,1585	0,1668	0,6058	0,4656	4,5088	5,0576	0,014639	0,039822	0,2052	0,5029	1,0422
20.10.2016	3,1451	3,1199	4,1527	0,1666	0,6054	0,4627	4,5046	5,0404	0,014662	0,039611	0,2051	0,5029	1,0429
19.10.2016	3,1461	3,1293	4,1416	0,1666	0,6049	0,4609	4,5007	5,0369	0,014655	0,039568	0,2053	0,5023	1,0415
18.10.2016	3,1426	3,1321	4,1418	0,1668	0,6059	0,4613	4,5086	5,0098	0,014695	0,039356	0,2066	0,5029	1,0441
17.10.2016	3,1180	3,1162	4,1519	0,1669	0,6064	0,4621	4,5113	4,9909	0,014700	0,039422	0,2063	0,4991	1,0423
14.10.2016	3,1135	3,0979	4,1312	0,1666	0,6051	0,4602	4,5016	4,9929	0,014737	0,039158	0,2061	0,4994	1,0479
13.10.2016	3,0849	3,0870	4,1367	0,1668	0,6057	0,4604	4,5059	4,9872	0,014705	0,039346	0,2063	0,4978	1,0455
12.10.2016	3,0908	3,0807	4,1209	0,1664	0,6044	0,4594	4,4961	4,9996	0,014724	0,039384	0,2049	0,4986	1,0488
11.10.2016	3,0518	3,0598	4,0975	0,1662	0,6033	0,4550	4,4890	4,9690	0,014741	0,038889	0,2030	0,4967	1,0503
10.10.2016	3,0705	3,0508	4,1265	0,1671	0,6071	0,4554	4,5175	5,0214	0,014851	0,039196	0,2050	0,4976	1,0550

Count: 81 100%

ANEXA 2(b)

Secvența V-DATE CURS SCHIMB PIAȚA VALUTARĂ

EVOL1_CURSZ.xls [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

B6 dolaraustralian

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2863	05.08.2005	2,1488	2,2956	2,2130	0,1158	0,4625	0,4833	3,4508	4,9602	0,014143	0,024992	0,2243	0,4383	0,8469
2864	04.08.2005	2,1542	2,3028	2,2129	0,1153	0,4618	0,4844	3,4455	4,9697	0,014106	0,025123	0,2239	0,4383	0,8457
2865	03.08.2005	2,1549	2,3177	2,2189	0,1155	0,4636	0,4871	3,4592	5,0083	0,014143	0,025241	0,2248	0,4408	0,8476
2866	02.08.2005	2,1738	2,3466	2,2355	0,1157	0,4662	0,4929	3,4776	5,0440	0,014199	0,025541	0,2260	0,4433	0,8575
2867	01.08.2005	2,1828	2,3638	2,2438	0,1162	0,4693	0,4962	3,5014	5,0642	0,014288	0,025632	0,2291	0,4461	0,8616
2868	29.07.2005	2,2152	2,3711	2,2595	0,1168	0,4724	0,5051	3,5237	5,1124	0,014384	0,025946	0,2306	0,4461	0,8637
2869	28.07.2005	2,1997	2,3575	2,2499	0,1166	0,4718	0,5046	3,5197	5,0852	0,014358	0,025866	0,2303	0,4449	0,8618
2870	27.07.2005	2,2171	2,3841	2,2576	0,1166	0,4727	0,5090	3,5272	5,1089	0,014367	0,026114	0,2308	0,4461	0,8582
2871	26.07.2005	2,2410	2,4171	2,2697	0,1171	0,4751	0,5114	3,5447	5,1306	0,014430	0,026312	0,2320	0,4489	0,8596
2872	25.07.2005	2,2408	2,4170	2,2734	0,1176	0,4762	0,5086	3,5632	5,1162	0,014467	0,026340	0,2325	0,4484	0,8651
2873	22.07.2005	2,2410	2,4063	2,2769	0,1177	0,4769	0,5059	3,5679	5,1248	0,014495	0,026315	0,2347	0,4466	0,8659
2874	21.07.2005	2,2279	2,4058	2,2788	0,1180	0,4772	0,5074	3,5616	5,1161	0,014505	0,026049	0,2350	0,4467	0,8629
2875	20.07.2005	2,2212	2,4245	2,2780	0,1178	0,4772	0,5100	3,5614	5,1292	0,014460	0,026098	0,2349	0,4472	0,8625
2876	19.07.2005	2,2292	2,4365	2,2791	0,1182	0,4775	0,5144	3,5632	5,1779	0,014461	0,026367	0,2351	0,4443	0,8645
2877	18.07.2005	2,2099	2,4168	2,2839	0,1180	0,4777	0,5111	3,5635	5,1611	0,014467	0,026308	0,2360	0,4485	0,8650
2878	15.07.2005	2,2136	2,4280	2,2862	0,1179	0,4781	0,5098	3,5664	5,1886	0,014446	0,026346	0,2362	0,4474	0,8578
2879	14.07.2005	2,2187	2,4479	2,2917	0,1180	0,4783	0,5109	3,5680	5,2008	0,014470	0,026373	0,2363	0,4512	0,8597
2880	13.07.2005	2,2058	2,4341	2,2898	0,1180	0,4787	0,5072	3,5704	5,1722	0,014478	0,026319	0,2365	0,4526	0,8631
2881	12.07.2005	2,2117	2,4259	2,2953	0,1182	0,4792	0,5071	3,5735	5,1873	0,014465	0,026406	0,2367	0,4521	0,8716
2882	11.07.2005	2,2179	2,4559	2,3008	0,1185	0,4801	0,5150	3,5792	5,1967	0,014481	0,026618	0,2373	0,4523	0,8747
2883	08.07.2005	2,2282	2,4501	2,3096	0,1188	0,4813	0,5204	3,5877	5,2360	0,014485	0,026832	0,2396	0,4555	0,8813
2884	07.07.2005	2,2318	2,4314	2,3226	0,1187	0,4824	0,5187	3,5954	5,2259	0,014460	0,026835	0,2401	0,4543	0,8730
2885	06.07.2005	2,2424	2,4301	2,3144	0,1195	0,4826	0,5223	3,5973	5,2995	0,014546	0,027012	0,2370	0,4542	0,8890
2886	05.07.2005	2,2443	2,4340	2,3186	0,1200	0,4828	0,5225	3,5979	5,3070	0,014563	0,027004	0,2370	0,4556	0,8950
2887	04.07.2005	2,2661	2,4283	2,3224	0,1200	0,4829	0,5227	3,5986	5,3128	0,014577	0,027087	0,2371	0,4566	0,8971

Ready Count: 81 100%

ANEXA 3(a)

(a) Tabelul 5.1 2 Valoarea export din EU(Austria)/MS (EURO) 2007,2008

Source	Target	2007	2008
Austria	Austria	0	0
Belgium	Austria	3.190.028.140	3.204.336.350
Bulgaria	Austria	250.544.913	312.885.129
Croatia	Austria	551.133.640	554.209.306
Cyprus	Austria	4.827.080	5.253.125
Czech Republic	Austria	4.100.981.508	4.698.797.517
Denmark	Austria	603.223.013	598.809.083
Estonia	Austria	51.596.525	37.861.126
Finland	Austria	467.099.967	420.087.179
France	Austria	3.668.311.770	3.702.915.776
Germany	Austria	52.786.276.304	54.642.452.891
Greece	Austria	168.238.367	159.035.717
Hungary	Austria	3.173.925.820	3.597.390.639
Ireland	Austria	508.390.210	389.072.953
Italy	Austria	8.844.984.720	8.802.746.487
Latvia	Austria	32.411.181	27.267.589
Lithuania	Austria	53.493.176	48.277.970
Luxembourg	Austria	268.014.335	260.812.356
Malta	Austria	5.702.767	8.013.621
Netherlands	Austria	5.793.554.994	5.988.423.846
Poland	Austria	1.923.245.954	2.266.588.848
Portugal	Austria	198.640.442	195.132.261
Romania	Austria	760.163.671	777.420.073
Slovakia	Austria	2.473.922.226	2.812.683.299
Slovenia	Austria	1.631.852.589	1.738.977.374
Spain	Austria	1.399.598.804	1.479.102.571
Sweden	Austria	1.262.281.222	1.260.731.414
United Kingdom	Austria	1.974.901.941	1.800.936.273

ANEXA3(b)**Tabelul 5.1.3 Valoarea import în EU(Austria)/MS (EURO) 2007,2008**

Source	Abreviere	Target	2007	2008
Austria	Aus...	Austria	0	0
Belgium	Aus...	Austria	1.658.527.668	1.866.394.098
Bulgaria	Aus...	Austria	936.748.855	1.030.532.257
Croatia	Aus...	Austria	997.308.416	1.024.377.781
Cyprus	Aus...	Austria	38.915.538	40.560.846
Czech Republic	Aus...	Austria	4.360.812.342	5.058.940.096
Denmark	Aus...	Austria	786.548.832	793.111.996
Estonia	Aus...	Austria	119.640.363	85.107.556
Finland	Aus...	Austria	523.676.612	552.303.399
France	Aus...	Austria	4.133.720.751	4.340.290.672
Germany	Aus...	Austria	33.801.047.404	34.938.759.516
Greece	Aus...	Austria	771.398.137	836.947.834
Hungary	Aus...	Austria	4.247.236.230	4.590.384.985
Ireland	Aus...	Austria	184.279.847	196.171.607
Italy	Aus...	Austria	9.376.468.136	8.999.106.798
Latvia	Aus...	Austria	164.709.000	190.044.929
Lithuania	Aus...	Austria	205.153.379	186.077.791
Luxembourg	Aus...	Austria	134.082.862	124.951.426
Malta	Aus...	Austria	29.561.827	36.121.853
Netherlands	Aus...	Austria	1.910.414.328	2.061.886.462
Poland	Aus...	Austria	2.633.656.265	3.229.555.828
Portugal	Aus...	Austria	524.096.578	381.494.361
Romania	Aus...	Austria	2.482.385.727	2.822.363.461
Slovakia	Aus...	Austria	2.358.038.552	2.530.844.135
Slovenia	Aus...	Austria	2.691.503.867	2.830.491.250
Spain	Aus...	Austria	2.812.613.601	2.492.922.255
Sweden	Aus...	Austria	1.205.066.325	1.247.203.208
United Kingdom	Aus...	Austria	3.581.005.173	2.899.048.385

ANEXA3(c)**Tabel 5.1.4 Comparația valorilor din import și export 2007 Austria-UE-28**

Source	Abreviere	Target	Import 2007	Export 2007
Austria	Aus...	Austria	0	0
Belgium	Bel...	Austria	1.658.527.668	3.190.028.140
Bulgaria	Bul...	Austria	936.748.855	250.544.913
Croatia	Cro...	Austria	997.308.416	551.133.640
Cyprus	Cyp...	Austria	38.915.538	4.827.080
Czech Republic	Cze...	Austria	4.360.812.342	4.100.981.508
Denmark	Den...	Austria	786.548.832	603.223.013
Estonia	Est...	Austria	119.640.363	51.596.525
Finland	Fin...	Austria	523.676.612	467.099.967
France	Fra...	Austria	4.133.720.751	3.668.311.770
Germany	Ger...	Austria	33.801.047.404	52.786.276.304
Greece	Gre...	Austria	771.398.137	168.238.367
Hungary	Hun...	Austria	4.247.236.230	3.173.925.820
Ireland	Ire...	Austria	184.279.847	508.390.210
Italy	It	Austria	9.376.468.136	8.844.984.720
Latvia	Lat...	Austria	164.709.000	32.411.181
Lithuania	Lit...	Austria	205.153.379	53.493.176
Luxembourg	Lux...	Austria	134.082.862	268.014.335
Malta	Ma	Austria	29.561.827	5.702.767
Netherlands	Net...	Austria	1.910.414.328	5.793.554.994
Poland	Pol...	Austria	2.633.656.265	1.923.245.954
Portugal	Por...	Austria	524.096.578	198.640.442
Romania	RO	Austria	2.482.385.727	760.163.671
Slovakia	SLo...	Austria	2.358.038.552	2.473.922.226
Slovenia	Slo...	Austria	2.691.503.867	1.631.852.589
Spain	Sp	Austria	2.812.613.601	1.399.598.804
Sweden	Swe...	Austria	1.205.066.325	1.262.281.222
United Kingdom	Uni...	Austria	3.581.005.173	1.974.901.941

ANEXA 4(a)**Tabel 7.1.1 Date statistice PIB- metrica centralitate-**

Id	Label	Modularity	Erdos Number	Clustering Coefficient	Number Of Triangles	Local Clustering Coefficient	Eigen vector Centrality	Eccentricity	Correal
14	N	1	2	0,66666666	2	0,66666666	0,19233827	3	1,833333333
3	C	1	2	0,66666666	4	0,66666666	0,29959091	2	1,666666667
1	B	1	1	0,5	5	0,5	0,37200691	2	1,583333333
2	A	0	1	0,8	12	0,8	0,61073919	2	1,5
4	D	0	1	1	21	1	0,76319917	3	1,5
6	F	0	1	0,9642857	27	0,96428571	0,85985905	2	1,333333333
5	E	0	1	0,9642857	27	0,96428571	0,85985905	2	1,333333333
10	J	0	1	0,964285	27	0,96428571	0,85985905	2	1,333333333
12	L	0	1	0,8611111	31	0,86111111	0,9255703	2	1,25
7	G	0	1	0,8611111	31	0,86111111	0,9255703	2	1,25
13	M	0	1	0,6	27	0,6	0,8996257	2	1,166666667
8	H	0	2	0,7333333	33	0,73333333	0,96664805	2	1,166666667
11	K	0	1	0,6363636	35	0,63636363	1	2	1,083333333
9	I	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXA 4(b)

Tabel 7.1.2 Tabel date statistice piețe financiare- metrica centralitate

Cod	Average path length	Clustering coefficient	Local Clustering Coefficient	Modularity	Eigen vector Centrality	Number Of Triangles	Correal
BRL	14,58335	0,916667	0,954545	1	0,842105	160	0,955413
JPY	13,66444	0,88	0,931818	1	0,853801	146	0,915475
ZAR	15,75514	0,956522	0,977273	1	0,838095	176	1
HKD	5,370148	0,666667	0,75	1	0,727273	40	0,49592
MXN	5,858778	0,666667	0,75	0	0,709091	39	0,490633
THB	6,141727	0,6875	0,772727	0	0,818182	54	0,56341
VEB	12,1452	0,916667	0,954545	1	0,878947	167	0,974518
MYR	14,64628	0,916667	0,954545	0	0,878947	167	0,974282
SGD	14,81178	0,916667	0,954545	0	0,878947	167	0,974282
NOK	14,32523	0,916667	0,954545	0	0,878947	167	0,974282
SEK	14,34445	0,916667	0,954545	0	0,878947	167	0,974282
DKK	14,92984	0,916667	0,954545	0	0,878947	167	0,974282
EUR	15,5286	0,916667	0,954545	0	0,878947	167	0,974282
NZD	15,66893	0,916667	0,954545	0	0,878947	167	0,974282
CAD	13,40731	0,88	0,931818	1	0,923977	158	0,945396
AUD	13,95578	0,88	0,931818	1	0,923977	158	0,945396
TWD	15,16776	0,88	0,931818	1	0,923977	158	0,945396
KRW	14,74635	0,88	0,931818	1	0,929825	159	0,9488
GBP	8,786976	0,846154	0,909091	1	0,941176	144	0,905458
INR	12,67585	0,846154	0,909091	1	0,941176	144	0,905458
CHF	2,307314	0,564103	0,613636	0	0,5	5	0,185891
LKR	12,01794	0,846154	0,909091	1	0,980392	150	0,919678
CNY	7,093579	0,758621	0,840909	1	1	105	0,779982

ANEXA 4(c)**Tabel 7.1.3 date statistic import 2007- metrica centralitate**

La bel	In- De- gree	De- gree	Modu- larity Class	Ec- cen- tricity	Closeness Centrality	Harmonic Closeness Centrality	Correal
CZ	16	32	0	2	0.8947368421	0.9411764706	2.715.674.603
GBP	14	28	0	2	0.8095238095	0.8823529412	2.219.285.714
ES	16	32	0	2	0.8947368421	0.9411764706	1.062.460.317
FR	10	20	0	3	0.6538461538	0.7549019608	8.95
IR	11	22	0	3	0.68	0.7843137255	8.857.142.857
LX	15	30	0	2	0.85	0.9117647059	6.013.888.889
NL	14	28	1	2	0.8095238095	0.8823529412	4.325
PO	15	30	0	2	0.85	0.9117647059	3.757.936.508
PT	15	30	0	2	0.85	0.9117647059	3.757.936.508
SK	15	30	0	2	0.85	0.9117647059	3.757.936.508
SL	15	30	0	2	0.85	0.9117647059	3.757.936.508
RO	15	30	0	2	0.85	0.9117647059	3.757.936.508
UK	12	24	1	3	0.7083333333	0.8137254902	2.40
BG	14	28	0	2	0.8095238095	0.8823529412	1.547.222.222
MA	13	26	0	2	0.7727272727	0.8529411765	1.142.857.143
DE	2	4	1	1	1	1	0
CY	3	6	0	3	0.4722222222	0.5196078431	0
DK	3	6	1	3	0.5	0.5392156863	0
HU	2	4	1	1	1	1	0
LT	1	2	1	0	0	0	0
SE	8	16	1	1	1	1	0
FI	8	16	1	1	1	1	0
AU	6	12	1	3	0.5666666667	0.637254902	0
GR	8	16	1	1	1	1	0
IT	8	16	1	1	1	1	0
BE	8	16	1	1	1	1	0
LI	8	16	1	1	1	1	0
HR	8	16	1	1	1	1	0