

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
Majandusteaduskond  
Rahanduse ja majandusteooria instituut  
Rahanduse ja panganduse õppetool

Kristiina Kivila

**EESTI 2010. AASTA SÜMMEETRILISE SISEND-  
VÄLJUNDTABELI ANALÜÜS VÕRGUTEADUSE  
VAHENDITEGA**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: assistent Jaan Übi

Tallinn 2014

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Kristiina Kivila .....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 112894

Üliõpilase e-posti aadress: kristiinakivila@gmail.com

Juhendaja assistent Jaan Übi:

Töö vastab bakalaureusetööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

# SISUKORD

ABSTRAKT .....	4
SISSEJUHATUS .....	5
1. RAHVAMAJANDUSE ARVEPIDAMISE PÕHIMÕTTED JA MAJANDUSSEKTORITE VAHELISED SEOSSED .....	7
1.1. Rahvamajanduse arvepidamise tunnusjooned .....	7
1.2. Sisend-väljundtabelite olemus ja nende kasutamine.....	8
1.2.1. Rahvamajanduse sisend-väljundtabelite koostamine Eestis .....	10
1.3. Majandussektorite vahelised seosed ja klastrite moodustumine.....	12
2. SOTSIAALVÕRGUSTIKE ANALÜÜSI OLEMUS JA METOODIKA.....	15
2.1. Sotsiaalvõrgustike analüüsi olemus ja areng .....	15
2.2. Modulaarsuse maksimeerimine sotsiaalvõrgustike analüüsi raames.....	17
2.2.1. Kitsendused modulaarsuse maksimeerimisel.....	22
3. SOTSIAALVÕRGUSTIKU ANALÜÜS EESTI MAJANDUSHARUDE KOHTA .....	24
3.1. Modulaarsuse maksimeerimine, tulemused ja analüüs.....	24
3.2. Heuristiline meetod, tulemused ja analüüs .....	30
3.3. Järeldused ja ettepanekud .....	35
KOKKUVÕTE .....	38
SUMMARY .....	41
VIIDATUD ALLIKAD .....	43
LISAD .....	46
Lisa 1. Sümmeetrilisest sisend-väljundtabelist valitud tooted ja teenused .....	46
Lisa 2. Sümmeetrilise sisend-väljundtabeli vahetarbimise osa valitud 36 toote ja teenuse korral.....	48

Lisa 3. Põhiteksi toetav tekstiosa – töö käik Excelis modulaarsuse maksimeerimisel.....	49
Lisa 4. Sümmeetrilise sisend-väljundtabeli vahetarbimise osa .....	53
Lisa 5. Kauguse läve meetodi ja tarkvara Gephi ühildamisel saadud kogukonnad.....	54
Lisa 6. Sisend-väljundtabeli kogu vahetarbimise osa põhjal Gephi poolt moodustatud kogukonnad toodete ja teenuste kaupa .....	55

## **ABSTRAKT**

Töö pealkiri on: Eesti 2010. aasta sümmeetrilise sisend-väljundtabeli analüüs võrguteaduse vahenditega.

Bakalaureusetöö eesmärk on koostada algoritm, mis võimaldaks teostada sotsiaalvõrgustiku analüüsi kasutades rahvamajanduse sümmeetrilist sisend-väljundtabelit, ning selle põhjal välja selgitada, millised kogukonnad tekivad Eesti majandusharudest 2010. aasta andmete alusel. Lisaeesmärk on võrrelda saadud tulemusi heuristilise meetodi poolt leitud lahendiga. Majandusharude kogukondade leidmiseks kasutati nii lineaarse planeerimise ranget optimaalse lahendi otsimist kui ka ligikaudseid lahendeid andvat heuristikut.

Rahvamajanduse sümmeetrilises sisend-väljundtabelis kajastatud kvantitatiivsed suurused kannavad edasi tähtsat majanduslikku informatsiooni ning seega on võimalik sotsiaalvõrgustiku analüüsi tulemusena paljastada olulisi majandusstruktuure. Sotsiaalvõrgustiku analüüsi meetodi modulaarsuse maksimeerimise tulemusena moodustusid majandusharude kogukonnad vastavalt nende sarnastele omadustele ja funktsioonidele. Selliste seoste mõistmine on muuhulgas abiks erinevates sektorites tegutsevate ettevõtete konkurentsivõime tõstmisel, majandusharude ja ettevõtete vahelise sünergia tekitamisel ning poliitikakujundajatele strateegiate loomisel.

Võtmesõnad on: sümmeetriline sisend-väljundtabel, sotsiaalvõrgustiku analüüs, modulaarsus, majandusharude vahelised seosed, majandusharude kogukonnad.

## SISSEJUHATUS

Erinevate majandusharude tegevuse tulemusena luuakse hulgaliselt kaupu ja teenuseid, mille eesmärgiks on tarbija vajaduste rahuldamine. Kuna tarbijate soovid on väga mitmesugused, on tekkinud arvukalt majandusharusid, mis kõik omavad teatud eripärasid. Nendest erisustest hoolimata tegutsevad majandusharud kõrvuti ning samas keskkonnas, mis tähendab, et harude vahel toimub pidev kommunikatsioon, seda kas sisendite või väljundite näol, teadmiste ja oskuste vahetamisel või hoopis näiteks tööjõu liikumise kujul. Samuti kujundab majandusharude vahelist tegevust keskkond nagu näiteks seadusandlik raamistik, mis seab majandusharudele teatud piiranguid, kohustusi ja õigusi.

Kui vaadelda inimestevahelisi suhteid, on võimalik luua sotsiaalvõrgustiku analüüsi kasutades kogukondi, mis ühendavad omavahel tugevamini seotud inividid. Selline analüüs aitab mõista liikmete vahelisi suhteid ning sügavama analüüsi korral nii seoste tekkimise põhjuseid kui ka kogukondade tekke tagajärgi. Viimastel aastakümnetel on meetodit rakendatud üha enam, sest lisaks arenenud tehnilistele võtetele, mis võimaldavad analüüsi üha hõlpsamini läbi viia, võib seda rakendada väga erinevates valdkondades.

Bakalaureusetöö eesmärk on koostada algoritm, mis võimaldaks teostada sotsiaalvõrgustiku analüüsi kasutades rahvamajanduse sümmeetrilist sisend-väljundtabelit, ning selle põhjal välja selgitada, millised kogukonnad tekivad Eesti majandusharudest 2010. aasta andmete alusel. Lisaeesmärk on võrrelda saadud tulemusi heuristilise meetodi poolt leitud lahendiga.

Töö käigus püüab autor saada vastused järgmistele uurimisküsimustele: Mis on rahvamajanduse sisend-väljundtabelite koostamise eesmärk? Mis on ja milleks on võimalik kasutada sotsiaalvõrgustike analüüsi? Millise sotsiaalvõrgustike analüüsi meetodi abil on võimalik analüüsi rakendada rahvamajanduse sisend-väljundtabelitele? Kui palju ja millise struktuuriga majandusharude kogukondi moodustub 2010. aasta sümmeetrilise sisend-väljundtabeli alusel?

Bakalaureusetöö uurimisprobleemiks on sisend-väljundtabelite sotsiaalvõrgustike analüüsi jaoks algoritmi leidmine ning majandusharude vaheliste seoste leidmine lähtudes nende grupeerimisest.

Uurimisülesanded jagunevad kolme etappi:

1. esimeses etapis kirjeldatakse rahvamajanduse sümmeetriliste sisend-väljundtabelite olemust ja nende kasutamist;
2. teises etapis koostatakse sotsiaalvõrgustike analüüsi jaoks sobiv algoritm ning selgitatakse selle erinevate osade ülesandeid;
3. kolmandas etapis rakendatakse meetodit rahvamajanduse sümmeetrilisele sisend-väljundtabelile ning võrreldakse saadud tulemusi heuristilise meetodi poolt pakutava lahendiga.

Bakalaureusetöö uurimisobjektiks on rahvamajanduse sümmeetriline sisend-väljundtabel.

Uurimismeetodiks on sotsiaalvõrgustike analüüsi meetod, milleks on töös koostatud modulaarsuse maksimeerimise algoritm ning võrgustike analüüsimise ja visualiseerimise tarkvara Gephi.

Bakalaureusetöö on jagatud kolmeks osaks. Esimene peatükk annab teoreetilise käsitluse rahvamajanduse arvepidamisest, keskendudes enim sisend-väljundtabelite kasutamisele. Lisaks vaadeldakse teoorias välja pakutud majandusharude grupeerimise viise.

Käesoleva töö teine peatükk annab lühiülevaate sotsiaalvõrgustike analüüsi olemusest ning vaadeldakse põgusalt selle ajalugu ning arengut. Peatüki teine pool keskendub töös kasutatavale meetodikale, selgitades modulaarsuse maksimeerimise algoritmi erinevate osade ülesandeid.

Bakalaureusetöö kolmandas ja ühtlasi viimases peatükis kasutatakse eelnevalt selgitatud sotsiaalse võrgustiku analüüsi meetodit. Andmeteks valiti Statistikaameti poolt koostatud sümmeetriline sisend-väljundtabel alushindades kaupade järgi. Peatüki esimeses osas hinnatakse majandusharude kogukondi käesolevas töös kirjeldatud algoritmi põhjal ning teises osas kasutatakse selleks spetsiaalselt tarkvara. Viimasena tuuakse välja autori poolt tehtud järeldused ning antakse mõned ettepanekud.

# 1. RAHVAMAJANDUSE ARVEPIDAMISE PÕHIMÕTTED JA MAJANDUSSEKTORITE VAHELISED SEOSED

## 1.1. Rahvamajanduse arvepidamise tunnusjooned

Kogumajanduse, selle komponentide ja seoste teiste kogumajandustega detailseks ja süstemaatiliseks kirjeldamiseks kasutatakse rahvusvaheliselt ühilduvat arvepidamise raamistikku, milleks on Euroopa arvepidamise süsteem ehk ESA (Euroopa ...). 2014. aasta 1. septembrist minnakse üle arvepidamise varasemalt versioonilt, milleks oli ESA 1995, üle uuele ja täiendatud ESA 2010-le. Uue süsteemi rakendamise tingis vajadus viia rahvamajanduse arvepidamine vastavusse uue majanduskeskkonnaga, edusammudega metodoloogias ning tarbijate vajadustega. (About ...)

ESA süsteemi põhilised tunnusjooned on (Euroopa ...):

- staatilised üksused ja nende rühmitamine;
- vood ja vara seis;
- kontode ja koondnäitajate süsteem;
- sisend-väljundraamistik.

Majanduse allüksuste jaotamisel kasutatakse kahte liiki üksuseid ja kahte erinevat viisi. Kui soovitakse kirjeldada tulusid, kulutuste- ja finantsvooge ning bilanssi, rühmitatakse institutsionaalsed üksused vastavalt nende põhifunktsioonidele, käitumisele ning eesmärkidele. Samas tootmisprotsessi kirjeldamiseks ja sisend-väljundanalüüsiks liigitatakse tegevusalaüksused majandusharudeks vastavalt nende tegevuse liikidele. (*ibid.*)

Süsteem kirjendab kahte põhilist informatsiooni liiki: esiteks vood, mis sisaldavad muutusi institutsionaalse üksuse vara seisus või kohustustes; teiseks on vara seis, mis peegeldavad positsioone antud ajahetkedel (*ibid.*)

Arvepidamise süsteemi olulised osad on kontod, milles kirjendatakse kasutamise, ressursside, arvepidamisperioodil toimunud vara ja kohustuste muutusi või arvestusperioodi alguses ja lõpus oleva vara ja kostustuste seis. Lisaks leitakse süsteemi raames koond-



näitajaid nagu toodang, lisandväärtus, kasutatav tulu, lõpptarbimine, sääst, kapitali akumulatsioon jn, mis pole küll lõppeesmärk, kuid omavad tähtsust ülevaatlike näitajatena ja võtmesuurustena, tänu millele on võimalik teha makromajanduslikku analüüsi ning võrdlusi ajas ja ruumis. (*ibid.*)

Sisend-väljundraamistikust tuleb lähemalt juttu järgmises alapeatükis.

## **1.2. Sisend-väljundtabelite olemus ja nende kasutamine**

Majandusharude vahelise seoste otsimine toimub tavapäraselt sisend-väljundraamistiku kaudu, mis ühendab omavahel lisandväärtuse, tööstusharude sisendite ja väljundite, toodete pakkumise ja nõudluse komponendid ning majanduse institutsionaalsete sektorite kasutamise ja ressursid. Sisend-väljundraamistik koosneb pakkumise ja kasutamise tabelitest ning sümmeetrilistest sisend-väljundtabelistest, mis on Euroopa rahvamajanduse arvepidamise süsteemi (ESA) olulised osad. Pakkumise ja kasutamise tabelid annavad detailse pildi toodete ja teenuste pakkumisest kodumaise ja importtoodangu lõikes ning toodete ja teenuste kasutamise vahe- ja lõpptarbimiseks. Kasutamise tabel näitab lisaks ka, kuidas lisandväärtus kodumaise majanduse majandusharudes on tekitatud. Seega annavad pakkumise ja kasutamise tabelid detailset informatsiooni tootmisprotsessidest, vastastikusest sõltumisest tootmises, kaupade ja teenuse kasutamisest ning tootmises loodud tuludest. (Eurostat ... 2008)

Pakkumise ja kasutamise tabelid on sisend-väljundtabelite koostamise aluseks, paigutades nii pakkumise kui ka kasutamise ühte tabelisse. Jämedalt öeldes on sisend-väljundtabelid vaadeldavad kui süsteemid, mille raames ühe majandusharu sisendid toodavad väljundeid tarbimiseks või sisendeid teise majandusharu jaoks. Teisisõnu on see maatriks, mis kirjeldab üksikasjalikult kodumaiseid tootmisprotsesse ja rahvamajanduse tehinguid toodetega. Sisend-väljundtabeleid on võimalik koostada kas tootelt-tootele või majandusharult majandusharule. Esimene neist kirjeldab tehnoloogilisi suhteid toodete vahel, teine aga majandusharude siselisi suhteid. Tootelt-tootele tabelleid peetakse võrreldes majandusharult majandusharule lähenemisega tehingute kirjeldamisel homogensemaks. Kuna sisend-väljundtabelites on võrdne arv tooteid või võrdne arv majandusharusid, kasutatakse sageli täpsemat määratlust ehk maatrikseid nimetatakse sümmeetrilisteks sisend-väljundtabeliteks. (*ibid.*)

Sisend-väljundtabeli võrgustikku võib kujutada maatriksina, mille lihtsustatud versioon, kus kujutatakse tegeliku tabeli vahetarbimise osa, on toodud joonisel 1. Kuna oma olemuselt on sisend-väljundtabelid kaalutud ja suunatud maatriksid, siis iga tabelikanne ehk kaal väljendab rahavoo suurust ühest sektorist teise. Tabelikanne  $z_{ij}$  joonisel 1 kujutab seega majandussektorite võrgustiku sisemisi rahavooge ehk vahetarbimist (Miller, Peter 2009, McNerney 2009) Võib näha, et ridadesse paigutatud tooted ja teenused annavad ülevaate müüvast sektorist ning veergudes jookseb informatsioon ostvast sektorist. Sektori  $j$  nõudlus teiste sektorite sisendite järele vaadeldaval perioodil on seotud toodete või teenuste hulga, mida sektor  $j$  toodab või osutab samal perioodil. Näiteks on autotööstuse nõudlus terasetööstuse väljundi järele väga lähedalt soetud autode väljundiga ning jalatsitööstuse nõudlus nahatööstuse väljundi järele sõltub toodetud jalanõud arvust jne. (Miller, Peter 2009)

		Ostev sektor				
		1	...	$j$	...	$n$
Müüv sektor	1	$z_{11}$	...	$z_{1j}$	...	$z_{1n}$
	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$
	$i$	$z_{i1}$	...	$z_{ij}$	...	$z_{in}$
	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$
	$n$	$z_{n1}$	...	$z_{nj}$	...	$z_{nn}$

Joonis 1. Majandussektorite vahelise lihtsustatud sisend-väljundtabeli vahetarbimine

Allikas: (Miller, Peter 2009)

Reaalselt statistika koostamisel lisanduvad sisend-väljundtabelile veel mitmed read ja veerud. Näiteks kasutatakse ostvate sektorite puhul lisandväärtuse elementi ning importi, müüvate sektorite korra lisanduvad ka veerud lõpptarbimise ja ekspordi kohta (*ibid.*) Käesolevas töös keskendutakse just sisend-väljundtabeli joonisel 1 kujutatud osale.

Rahvamajanduse sisend-väljundtabelid leiavad kasutust majanduse analüüsimisel. Nii on sümmeetriliste sisend-väljundtabelite ja pakkumise ja kasutamise tabelite poolt võimaldatavad analüüsid järgmised (ESA 95):

- tootmise, kulude struktuuri ja tootlikkuse analüüs;
- hindade analüüs;
- tööhõive analüüs;
- kapitalimahutuse struktuuri, lõpptarbimise, ekspordi jne analüüs;
- kodumaise tootmise ja keskkonna vaheliste eoste analüüs;
- tingimata vajaliku energia improdi analüüs;
- uue tehnoloogiatega mõju analüüs;
- maksumäärade ja õigusaktides toimuvate muutuste mõju tundlikkuse analüüs

Rahvamajanduse sisend-väljundtabelite koostamise ja kasutamisega kaasnevad aga mõned probleemid ja raskused. Majandusteadlased peavad üheks olulisemaks murekohaks mudeli jäikust ehk staatilisust, mille kohaselt majandussektorid kasutavad sisendeid samasuguses proportsioonis, nagu kasutati vastava tabeli koostamiseks valitud perioodi ajal. Samas toob ühe sisendi hinna tõus tõenäoliselt hoopis kaasa tootjate poolt antud sisendi kasutamise vähenemise ning selle asendamise sisenditega, mille hinnad ei ole muutunud. (Wassily ...) Teine suur probleem on seotud andmete kogumisega. Nimelt on murekohaks andmete ajakohasus, mis on põhjustatud andmete kogumisega seotud suurtest kuludest ning tööjõumahukusest. Lisaks ajamahukale andmete kogumisele, tuleb kulutada aega ja vahendeid ka andmete töötlemisele ning tabelite koostamisele. Sellest tulenevalt koostavad enamik riike üksikasjalikel statistilistel andmetel põhinevaid tabeleid viie-aastase intervalliga. (Temurshoev *et al* 2011)

### **1.2.1. Rahvamajanduse sisend-väljundtabelite koostamine Eestis**

Eestis korraldab sisend-väljundtabelite koostamist Statistikaamet. Sarnaselt paljudele riikidele avaldatakse tabeleid üle viie aasta ning vaatlusperiood tabelite koostamisel on aasta. Varasemalt on Statistikaameti poolt avaldatud sümmeetrilised sisend-väljundtabelid 2000., 2005. ja 2010. aasta kohta. Järgmine tabel koostatakse seega 2015. aasta andmete põhjal. (ESMS ...)

Statistikaamet koostab sisend-väljundtabelid tootelt tootele põhimõttel. Toodete ja teenuste liigitamiseks kasutatakse Toodete ja teenuste klassifikaatorit 2008 (TTK 2008) (*ibid.*). Tabelis 1 on välja toodud toodete ja teenuste liigitus klassifikaatori kõige üldisema

taseme järgi. Kuna klassifikaatoris on tooted ja teenused liigitatud hierarhiliselt, omab iga tabelis 1 toodud sektor alltasemeid.

Tabel 1. Toodete ja teenuste klassifikaator 2008 esimene tase

A	Põllumajandus-, metsandus- ja kalandustooted
B	Mäetööstus
C	Tööstustooted
D	Elektrienergia, gaas, aur ja õhu konditsioneerimine
E	Veevarustus, kanalisatsioon; jäätme- ja saastekäitlus
F	Ehitised ja ehitustööd
G	Hulgi- ja jaekaubandusteenused; mootorsõidukite ja mootorrataste remonditeenused
H	Veondus- ja laondusteenused
I	Majutus- ja toitlustusteenused
J	Info- ja sideteenused
K	Finants- ja kindlustusteenused
L	Kinnisvarateenused
M	Kutse-, teadus- ja tehnikaalased teenused
N	Haldus- ja abiteenused
O	Riigihaldus ja -kaitse; kohustusliku sotsiaalkindlustuse teenused
P	Haridusteenused
Q	Tervishoiu
R	Kunsti-, meelelahutus- ja vabaajateenused
S	Muud teenused
T	Kodumajapidamise teenused koduabiliste tööandjatena; mitmesugused kodumajapidamiste oma tarbeks toodetud kaubad
U	Eksterritoriaalsete organisatsioonide ja üksuste teenused

Allikas: (Toodete ...)

Kui 2010. aasta sisend-väljundtabelid on koostatud TTK 2008 järgi, siis 2000. ja 2005. aasta tabelid on kokku pandud Toodete ja teenuste klassifikaatori 2002 järgi. Seetõttu ei ole 2010. aasta tabelid võrreldavad 2000. ja 2005. aasta sisend-väljundtabelitega. Lisaks ajalisele võrreldavusele on sisend-väljundtabelite puhul oluline geograafiline võrreldavus. Eestis kogutud andmed ja statistika on võrreldavad teiste Euroopa Liidu liikmesriikide andmetega. (ESMS ...)

Metoodikadokumentide hulka kuuluvad Eurostati *Manual of Supply, Use and Input-Output Tables* ning Euroopa rahvamajanduse arvepidamise süsteem 2010. Sisend-väljundtabelite tarbijateks on Statistikaameti kohaselt Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Rahandusministeerium, Eesti Pank ja teadusasutused ning ülikoolid. (*ibid.*)

### 1.3. Majandussektorite vahelised seosed ja klastrite moodustumine

Kui räägitakse majandusharude ja ettevõtete klastritest või gruppidest, on esimene lähenemine eelkõige ruumiline klasterdumine, mille suurim eelis on geograafiline lähedus. Samas ei pruugi majandusharude seosed põhineda ainult ettevõtete lähedusel, vaid ka näiteks vastastikusel tarbimisel põhinevatel seostel.

On ilmselge, et kui majandusharud on omavahel seotud ja moodustavad kogukondi, mõjutavad muutused ühes sektoris ka teisi harusid. Nii võib iga positiivne areng või investeering mõjutada teiste valdkondade tulemusi, kuid tuleb märkida, et alati mitte positiivselt. Siin peitubki majandussektorite jaoks kogukondade ja nendest tulenevalt harude vaheliste seoste tuvastamise olulisus. (Merenduse ... 2011)

Ühe sektori ettevõtete tegevus võib mõjutada teiste sektorite suutlikkust nii lühiperioodil sisendite ja teenuste nõudluse läbi kui ka pikal perioodil uute tehnoloogiate arendamise ja levimise kaudu, mõjutades ettevõtetes täiustatud tootmisvõtete ja äristrateegiate kasutusele võtmist, mitteametliku informatsiooni vahetamise ja tööturu kaudu jagatavate oskuste ning teadmiste ülekande läbi. (Feser, Bergman 2000) Selliste seoste iseloomust ning õigest identifitseerimisest sõltuvad kogukondade arenemise võimalused, sest seoste mõjutamiseks on oluline valida sobivad meetmed (Merenduse ... 2011). Paljude ettevõtete ja majandusharude jaoks moodustavad nende lühiajaliste tarneahelate seosed peamised kanalid ja ahelad, milles pikaajalised strateegilised ja tehnoloogilised vood kulgevad. Seetõttu sõltub iga majandusharu edu otseselt selle tähtsamate sisendite kvaliteedist ja ajalisest kättesaadavusest ning aja jooksul ka vastastikustest kasutoovatest suhetest, mis viib kõrgetasemelise tehnoloogilise teadlikkuseni, kvaliteedini ja pakkujate paindlikuseni. (Feser, Bergman 2000)

Majandusharude klastrite identifitseerimine ei ole oluline mitte ainult nende liikmete jaoks, vaid pakub huvi ka poliitikakujundajatele. Mitmed linnad, riigid ja regioonid on arendanud klastrite-põhiseid strateegiaid, kuid loogika nende algatuste taga on tihti halvasti määratletud või ei ole seda tunnustatud asjakohaseks. Sageli toimib klastrite strateegia pigem kui vahend, mis keskendub piiratud ressurssidele, kui viisile, mille kaudu ehitada seoseid ja luua majandusharude vahelist sünergia. (*ibid.*) Kuna majandusharude kogukondade ja seeläbi seoste arendamisel on võimalik regiooni tuua uusi investeeringuid, luua töökohti ning suurendada ekspordi mahtu, konkureerivad omavahel lisaks ettevõtetele ja majandussektoritele ka regioonid, mis mõjutavad kogukondade teget elu- ja ettevõtluskeskkonna kaudu. Lähimõel-

dud klastripoliitikaga on võimalik seega tõsta piirkonna konkurentsivõimet, mis omab positiivset mõju jällegi klastrite arengule. (Merenduse ... 2011)

Klastrite või kogukondade moodustamise peamiseks õigustuseks ongi kogukondade moodustamisel tekkivate seoste mõjutamise võimalus. (*ibid.*) Selleks, et tegevusel oleks soovitud mõju, tuleb aga teada seoste tekkimise põhjusi, nende iseloomu ja tagajärgi, et valida õiged vahendid.

Üheks võimaluseks, mille põhjal grupeerida majandusharusid, on majanduse sisend-väljundtabelid. Samas tuleb arvestada selliste tabelite kasutamisel nende keerukust ja mitmemõõtelisust. Võib tuua järgmise näite: autode tööstus ostab oma sisendid otse jahutus- ja kütteseadmete tööstusest ning kummi- ja plasttoodete sektorist. Seetõttu tekivad autotööstusel nende sektoritega otsesed seosed. Samas on mitmed kummi- ja plasttoodete sektori ettevõtted autotööstuse jaoks teise astme tarnijad, mistõttu tekivad sektorite vahel ka kaudsed seosed. Kaudsete suhete aluseks võib olla ka vahesisendite jagamine. Oletame, et tolmuimejate tootjad saavad märkimisväärse osa oma sisenditest samuti kummi- ja plasttoodete sektorist ning harust, mis toodab mehhaanilise mõõteseadmeid. Samal ajal on need tööstused olulised esimese ja teise astme tarnijad mootorsõidukite tootjatele. Kui sellised sarnasused sisendite hulgas on piisavalt olulised, võivad tekkida kaudsed seosed näiliselt sõltumatute tööstusharude vahel. (Feser, Bergman 2000)

Majandussektorite kogukondade tuvastamine ei anna mitte ainult ülevaadet meid ümbritseva majanduse struktuuris, vaid annab võimaluse selle muutmiseks. Kui vaadelda majandusharude klastrit kui majanduspoliitika instrumenti, võib seada selle eesmärgiks ettevõtete vaheliste kindlate seoste kujundamise ja soodustamise. Ehk alati ei ole oluline ainult küsimus, milline klaster on, vaid ka milline ta võiks olla. Samas peab arvestama, et kogukondade areng on suuresti iseregulatiivne. (Merenduse ... 2011)

Sisend-väljundtabeleid on uurimustest majandusharude grupeerimiseks kasutatud ka varem. James McNerney avaldas 2009. aastal artikli, mis uuris võrgustiku analüüsi kohaldamist rahvamajanduse sisend-väljundtabelitele. Selleks kaasati uuringusse 20 OECD riiki ning tutvuti nende sisend-väljundandmetega. Uuringu tulemusena jõuti muuhulgas järgmistele järeldustele (McNerney 2009):

- rahavoogude suurus ja sektorite jagunemine tugevuse järgi näib vaadeldud riikides järgivat samasugust vormi, mis viitab sellele, et mingid kindlad majan-

duse osad on universaalsed, mis kehtivad olenemata erinevustest riikide majandustes;

- töös kasutatud algoritmi põhjal ilmnis teatud kindlate sektorite puhul tendents grupeeruda ühte rühma. Põhiliselt oli tegu nelja grupiga: üks energia sektorite, üks tootmise, üks agrookeemiatoodete ja üks teenuste jaoks.

Viimane tulemus on märkimisväärne, sest sektorite puhul, mis grupeeruvad ühte rühma, peegelduvad kvalitatiivsed sarnasused, mida ei saa ja mis ei ole väljendatud tabelis olevates numbrites. Seega lisaks sisend-väljundtabelite numbrilistele seostele, võib järeldada, et kvantitatiivsed meetodid võivad paljastada olulisi majandusstruktuure, mis muidu pole nähtavad. (*ibid.*)

## 2. SOTSIAALVÕRGUSTIKE ANALÜÜSI OLEMUS JA METOODIKA

### 2.1. Sotsiaalvõrgustike analüüsi olemus ja areng

Võrgustike analüüs ei ole ainult viimase aja trend. Ajaloolisi näiteid sellest võib leida mitmete sajandite tagant. Küll on aga suurenenud märkimisväärselt selle meetodi kasutamine teaduslikes uurimustes viimasel paaril kümnendil. Võrgustiku mõiste võib viidata väga erinevatele võrgustike tüüpidele, näiteks inimeste vahelisele sotsiaalsele võrgustikule, teede- võrgustikule, arvutivõrgule (McCulloh *et al* 2013) või hoopis majandusharude võrgustikule.

Linton Freeman kirjeldab sotsiaalvõrgustiku analüüsi (*ingl. k. social network analysis – SNA*) valdkonda järgmiselt: sotsiaalvõrgustiku lähenemine rajaneb intuiitsele arusaamale, et sotsiaalsete seoste mustritel, millesse osalejad on põimitud, on osalistele olulised mõjud ja tagajärjed. Võrgustike analüütikute eesmärk ongi mitmesuguste mustrite avastamine. Samuti püüavad nad kindlaks teha tingimusi, mille raames sellised mustrid esile kerkisid ning identifitseerida nende tagajärgi. Selline käsitlus tähendab, et inimesed ei käitu viisil, mis on sõltumatu nende sotsiaalsetest suhetest ja keskkonnast. Peale sellele on inimeste vahel levinud mitmed suhtlemis- ja käitumismustrid, mille paremaks mõistmiseks tuleb aru saada sotsiaalsest kontekstist, milles nad avalduvad. Samas ei piirne see üksnes inimeste vaheliste sotsiaalsete sidemetega, lisaks sellele võib sotsiaalne võrgustik hõlmata teadmisi, ressursse, ülesandeid, uskumusi, rolle, organisatsioone ja palju muud. Et mõista paremini sotsiaalvõrgustiku analüüsi olemust, tuuakse välja Freemani määratluse neli omadust, mis moodustavad sotsiaalvõrgustiku analüüsi (*ibid.*):

1. sotsiaalvõrgustiku analüüs on ajendatud struktuurset intuitsioonist, mis põhineb sidemetel, mis ühendavad sotsiaalseid osalejaid;
2. see rajaneb süstemaatilistel empiirilistel andmetel;
3. see põhineb olulisel määral graafilisel kujundlikkusel;
4. see tugineb matemaatiliste ja/või arvutuslike mudelite kasutamisel.



Lähtudes Lintoni sotsiaalvõrgustike analüüsi käsitlest, on võimalik meetodit rakendada väga erinevates valdkondades, tuleb vaid leida sobivad empiirilised andmed ning analüüsi läbi viimiseks vajalik meetod. Võimalikuks rakendusvaldkonnaks on majandusharud, mis võiksid sotsiaalvõrgustike analüüsi kontekstis olla sotsiaalvõrgustikus osalejad, kelle vaheliste suhete ja seoste mustreid püütakse leida. Sarnaselt inimestevaheliste suhetele, ei saa ka majandusharude tegevus toimuda sõltumatult teistest valdkondadest ning keskkonnast ehk näiteks majanduspoliitikast.

Erinevad autorid lähtuvad sotsiaalvõrgustike analüüsi ajaloos ja arengus isesugustest lähtepunktidest, mida Prell seletab asjaoluga, et sotsiaalvõrgustike analüüsi areng ei olnud selgepiiriline lineaarne protsess. Seetõttu on ka keeruline omistada selle loomist ühele inimesele või inimgrupile, sest analüüsi kujunemises mängisid rolli mitmed inividid ja nende grupid. (Prell 2012) Scotti arvates on aga võimalik sotsiaalvõrgustike analüüsi keerulisest ja paeluvast ajaloost moodustada selge arengujoon, kus on võimalik eristada kolme põhilise valdkonna panust (Scott 2013):

- sotsiomeetrilised analüütikud, kes töötasid väikestes gruppides ning pakkusid mitmeid tehnilisi arendusi kasutades meetodeid graafiteooriast;
- 1930. aastate teadlased, kes uurisid inimestevahelisi suhteid ja klikkide moodustumist;
- sotsiaalsed antropoloogid, kes arendasid mõlemat suunda, et uurida hõimu- ja külaühiskondade kogukondade suhete struktuuri.

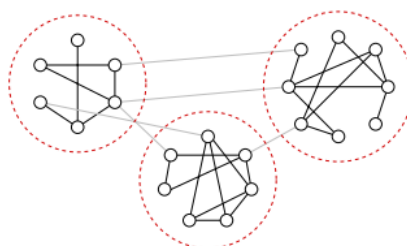
Seega võib öelda, et sotsiaalsete võrgustike uurijad moodustasid ka ise sotsiaalse võrgustiku, mida ühendavaks faktoriks või seoseks oli eesmärk uurida, kuidas ja millised sotsiaalsed võrgustikud tekivad.

Olenemata sotsiaalvõrgustike analüüsi arengu erinevatest käsitlest, kalduvad kõik ajaloolised kirjeldused nõustuma, et kaasaegne sotsiaalsete võrgustike analüüs kui iseseisev valdkond tekkis 1960. ja 1970. aastatel. Sotsiaalvõrgustike analüüsi esialgne areng toimus suhteliselt mitte-tehnilisel kujul. (Prell 2012, Scott 2013) Seda iseloomustab nii Scotti arengujoon, aga ka Prelli poolt välja pakutud ajalooline käsitlus, vastavalt millele tekkis sotsiaalvõrgustike analüüs sarnaselt Scotti poolt nimetatud valdkondade panusele. Autor toob välja, et need harud pakkusid unikaalseid lähenemisviise uurimaks sotsiaalseid suhteid. Nii oli näiteks psühholoogide teadustöö suuresti eksperimentaalne ning rõhuti tunnetuse ja sotsiaalsete suhete koosmõjule. Sotsiaalsed antropoloogid olid aga rohkem huvitatud sotsiaalvõrgus-

tike uurimistest loomulikes tingimustes. Sotsioloogid omakorda kombineerisid psühholoogide ja sotsiaalsete antropoloogide varasemat tööd kasutades graafiteooriat ja maatriksalgebrat, et uurida olulisi sotsiaalseid kontseptsioone nagu rollid ja positsioonid. (Prell 2012)

## 2.2. Modulaarsuse maksimeerimine sotsiaalvõrgustike analüüsi raames

Sotsiaalvõrgustike teorias on välja pakutud mitmeid kogukondade (*ingl. k. community, cluster, module*) tuvastamise meetodeid ja algoritme. Nende hulka kuulub ka modulaarsuse maksimeerimine, mis on üks populaarsemaid meetodeid kogukondade tuvastamisel. Kuigi kirjandus ei anna kogukonnale täpset definitsiooni, on ühe enim aktsepteeritud ja kasutatud määratlusi pakkunud välja Newman ja Girvan. Definitsiooni kohaselt on kogukond alamgraaf, mis koosneb tippudest, mis on omavahel tihedamini seotud kui ülejäänud graafiga ehk graafil on kogukonna struktuur, kui seoste arv mistahes alamgraafiga on suurem kui seoste arv nende alamgraafide vahel. (Newman, Girvan 2004) Seda definitsiooni iseloomustab joonis 2, millel on kujutatud võrgustikku, kus on kolm kogukonda. Selgelt on eristunud tugevamad seosed kogukondade siseselt ning nõrgemad seosed kogukondade vahel. Veel võib välja tuua määratluse, mille kohaselt on kogukonnad alamgraafid, mis koondavad sarnaste omaduste ja funktsioonidega tippe ning võimaldavad lisaks tippude peidetud sarnasustele avaldada ka, kuidas süsteem on sisemiselt organiseeritud ning kuidas see töötab (Lancichinetti, Fortunato 2012). Selliseid definitsioone on kerge aktsepteerida, sest ka reaalses elus moodusuvad kogukonnad tugevalt seotud inimesed, kes töötavad ühes kontoris või laulavad samas kooris, on omavahel tugevalt seotud (Nicosia *et al* 2009).



Joonis 2. Kolme kogukonnaga sotsiaalne võrgustik

Allikas: (Newman, Girvan 2004)

Modulaarsus põhiidee seisneb selles, et tipud, mis on omavahel seotud suvalisel viisil, ei tohiks moodustada kogukondi, sest ei suudeta saavutada seoste tiheduse kõrget väärtust (Lancichinetti, Fortunato 2012). Newman ja Girvan (2004) pakuvad modulaarsuse välja kui mõõdupuu mõõtmaks kindla võrgustiku jaotuse kvaliteeti ning defineerivad seda järgmiselt:

$$\text{Modulaarsus } (Q) = (\text{servade arv kogukonnas}) - (\text{selliste servade oodatav arv})$$

Modulaarsuse maksimeerimiseks võetakse sihifunktsioon  $Q$ , mille maksimeerimise tulemusena moodustatakse rühmad niimoodi, et võttes arvesse kogu maatriksi, ühendatakse tipud, kus tegelik väärtus ületab ooteväärtuse. Sellist sihifunktsiooni kirjeldab valem 1 (Newman, Girvan 2003):

$$Q = \sum(A_{ij} - E_{ij}) \times X_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

kus

- $A_{ij}$  – graafi naabrusmaatriks,
- $E_{ij}$  – on elemendi ooteväärtus,
- $X_{ij}$  – binaarne muutuja.

Graaf koosneb kahest komponendist – objektide kogum, mida nimetatakse tippudeks, ja suhete kogum, mida nimetatakse servadeks või seosteks – ning kujutab objektide vahelisi suhteid. Sotsiaalteadlastel kohandasid graafiteooria sotsiaalvõrgustike analüüsile, kasutades selle matemaatika haru termineid. Graafiteooria kasutab tähistusi, visuaalseid graafe ja hulgaliselt teoreeme arutledes, teoretiseerides ja analüüsides võrgustikke. Graafiteooriale pani aluse Euler 1736. aastal, kuid enam tähelepanu hakkas see matemaatika haru pälvima alles 1956. aastal, kui Königi artikkel tõlgiti inglise keelde. Sotsiaalpsühholoogias hakkasid esimestena täpsustama, kuidas graafiteooriat võib kasutada sotsiaalteaduste ja eelkõige just sotsiaalvõrgustike mudelina, Harary ja Norman. (Prell 2012) Graafi kui sotsiaalvõrgustiku mudelit võib iseloomustada järgmiselt: ühiskond koosneb teatud hulgast inimestest, kelle vahel võivad olla erinevat tüüpi suhted: sõprussuhted, vanemate ja laste vahelised suhted, tööalased suhted jne. Sellise ühiskonna võib modelleerida graafina, kus iga tipp kujutab ühte inimest ning kui kahe inimese vahel on mingisugune suhe, kirjeldab seda tippude vaheline serv. (Kumlander 2005) Töö uurimuslikus osas kasutatavad andmed esitatakse aga maatriksina  $A$ , millel on nii ridu kui ka veerge sama palju kui on graafil tippe ehk maatriksil on  $n$  rida ja  $n$  veergu, mis teeb maatriksi suuruseks  $n \times n$ . Sellist maatriksit nimetatakse matemaatikas ja arvutiteaduses naabrusmaatriksiks, sest see näitab, millised graafi tipud on

teistega rohkem seotud. Nii võimaldab maatriks anda ülevaate graafi tippude vaheliste seoste ehk kaarte tugevusest.

Joonisel 2 on kujutatud kahte eelnevalt kirjeldatud maatriksit, mille ridade ja veergude permutatsioon sõltuv. Permutatsiooniks nimetatakse hulga mistahes ümberjärjestamist. Illustreerimiseks võib tuua näite hulgast  $\{1,2,3\}$ , millel on kuus permutatsiooni:  $(1,2,3)$ ,  $(1,3,2)$ ,  $(2,3,1)$ ,  $(2,1,3)$ ,  $(312)$  ja  $(321)$ . Sõltuv permutatsioon tähendab, et igale graafi tipule reas vastab sama tipp veerus. Tänu sellele joonistub maatriksi ülevalt vasakult nurgast maatriksi alumisse paremasse nurka maatriksi peadiagonaal, mis sõltuvuse tõttu tähistab seose tugevust iseendaga. Kuna graafi kogukondade leidmine kätkeb endas sisuliselt ka naabusmaatriksi õige permutatsiooni leidmist, siis võib öelda, et ülesanne on väga keerukas. Antud juhul on tegu eksponentsiaalse keerukusega, mille korra tähendab probleemi keerukuse kasv kasvu astmefunktsiooni läbi. See tähendab, et ülesande lahendamise keerukus sõltub graafi liikmete arvust, mida ülesanne hõlmab. (Brandes *et al* 2008)

Objektid naabusmaatriksis võivad olla igasuguses järjekorras – enamasti kas andmete kogumise või loomise järjekorras või on need sorteeritud nimede, pealkirjade vms järgi tähestiku aluse (Liiv 2008). Tulenevalt sellest kujutatakse joonisel 3 naabusmaatriksist, mille ridade ja veergude tippude väärtused on nummerdatud ühest kolmekümne kuueni. Sellisel juhul on permutatsioon juhuslik ning antud näidet iseloomustab joonisel 3 olev esimene maatriks. Nähtav struktuur ei anna mitte mingit ülevaadet tekkivatest seostest ega võimalikest kogukondadest. Sellisest lihtsast maatriksist on üsna keeruline tuvastada andmete all esinevaid suhteid, leida mustreid ja üldiseid trende, et moodustada soovitud kogukondi.

Erinevalt esimesest maatriksist on joonisel 3 kujutatud teisel naabusmaatriksil järjestamise (*ingl. k. seriation*) tulemusena selgelt kujunenud kaks kogukonda. Järjestamine võimaldab objekte ümber paigutada ja korrastada viisil, mis toob esile regulaarsuse ja mustrid parimal moel, muutes permutatsioone, kuid reorganiseerides informatsiooni hävitamata. Järjestamine korrastab reas asuvad elemendid nii, et iga elemendi asukoht väljendab tema sarnasust teiste objektidega kasutades vastava meetodi sihifunktsiooni eesmärki. (*ibid.*) Kogukondade otsimise käigus leitakse samuti üks naabusmaatrikis järjestus, mis käesolevas töös lähtub modulaarsuse sihifunktsioonist.



Joonis 3. Naabrusmaatriksid, mille ridade ja veergude permutatsioon on sõltuv  
Allikas: (Übi *et al* 2013)

Naabrusmaatriksi  $A$  elementide ooteväärtuseid sisaldab ooteväärtuste maatriks  $E$ . Ooteväärtuseks nimetatakse lahtri sellist väärtust, mille võiks lahtrile omistada, võttes arvesse ridade ja veergude väärtusi suhtena kogumaatriksisse.  $E_{ij}$  ehk elemendi ooteväärtus leitakse valemiga 2 (Brandes *et al* 2008):

$$E_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^n A_{il} \times \sum_{k=1}^n A_{kj}}{\sum_{k=1, l=1}^n A_{kl}} \quad (2)$$

kus

- $A_{il}$  – maatriksi  $i$ -nda rea element,
- $A_{kj}$  – maatriksi  $j$ -nda veeru element,
- $A_{kl}$  – maatriksi element.

Valemi kasutamise iseloomustamiseks on toodud järgmine näide: joonisel 4 on kujutatud kümne rea ja kümne veeruga maatriks, mille iga lahtri väärtus on üks. Ooteväärtus on võimalik leida ükskõik millise maatriksi elemendi kohta.

Maatriksi mingi elemendi ooteväärtuse leidmiseks tuleb leida vastava rea summa ja vastava veeru summa, mille ristumiskohas antud element asub. Seejärel tuleb tulemus jagada kogu maatriksi summaga. Joonise 3 põhjal võib tuua järgmise näite: valitud element asub maatriksi teises reas ja kolmandas veerus. Lähtudes valemist 2 on tehe järgmine:

$$E_{23} = \frac{10 \times 10}{100} = 1$$

Selgub, et antud näites langevad lahtri tegelik väärtus ja ooteväärtus kokku, sest maatriksil on homogeenne struktuur.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	sum=10	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	sum=100	
			sum=10									

Joonis 4. Homogeense struktuuriga maatriks, millele on leitud rea, veeru ja maatriksi summa

Järgnevalt tuuakse sarnane näide joonise 5 põhjal, kus on kujutatud maatriksit, millel on samuti 10 rida ja 10 veergu, kuid struktuur on mittehomoogeenne. Vastavalt valemile 2 on tehe elemendi, mis asub teise rea ja kolmanda veeru ristumiskohas, jaoks antud näites samasugune kui eelmises – nii rea kui ka veeru summaks on 10 ning maatriksi summaks 100. Sellisel juhul on ka joonisel 5 oleva maatriksi elemendi ooteväärtus 1, kuid elemendi tegelik väärtus on 2. Seega ületab elemendi tegelik väärtus selle ooteväärtust. Kuna eesmärgiks on modulaarsuse maksimeerimine, soovitakse maatriksis leida just selliseid elemente, mille puhul on väärtuste vahel märkimisväärne erinevus, sest see tähendab, et tegu on kogukonna struktuuriga. Võib öelda, et tipud kaks ja kolm on omavahel tugevamini seotud, kui ülejäänud tipud. Lisaks võetakse tippude ühendamisel arvesse kõiki maatriksi ooteväärtuste lahtreid.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	sum=10	
3	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1		
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	sum=100	
			sum=10									

Joonis 5. 10×10 ebahühtlane maatriks, millele on leitud rea, veeru ja maatriksi summa

$X_{ij}$  on binaarne tunnus, mis näitab, kas  $i$ -s ja  $j$ -s punkt graafikul asuvad samas rühmas või mitte. Tipud ühendatakse vaid sellisel juhul, kui naabrusmaatriksi elemendi väärtus ületab vastava elemendi ooteväärtust, kusjuures arvesse võetakse kogu maatriksit. (Übi *et al* 2013)

### 2.2.1. Kitsendused modulaarsuse maksimeerimisel

Leitud kogukondadele kehtivad kolme tüüpi kitsendused: refleksiivsus, sümmeetria ja transitiivsus, mis tagavad, et valitakse vaid terved kogukonnad. Selleks pannakse modulaarsuse maksimeerimisel kirja järgmised kitsendused (Newman, Girvan 2003):

$$X_{ii} = 1 \quad (3)$$

$$X_{ij} = X_{ji} \quad (4)$$

$$\begin{cases} X_{ij} + X_{ju} - 2 \times X_{iu} \leq 1 \\ X_{iu} + X_{ij} - 2 \times X_{ju} \leq 1 \\ X_{ju} + X_{iu} - 2 \times X_{ij} \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

kus

$X_{ij}$  – otsustusmuutujate maatriksis  $i$ -ndal real  $j$ -ndal veerul olev element.

Refleksiivsust kirjeldab esimene kitsendus ehk valem 3. Selle eesmärk on arvesse võtta, et iga tipp kuulub iseendaga samasse rühma. Maatriksil iseloomustab seda maatriksi peadiagonaal. Kusjuures maatriksi peadiagonaalil mitteasetsevaid elemente tähistatakse  $X_{ij}$ , kus  $i$  tähistab seda rea numbrit ja  $j$  seda veeru numbrit, kus element asub. Peadiagonaalil paiknevad elemendid on seevastu tähistatud  $X_{ii}$ , sest elemendi rea number võrdub tema veeru numbriga.

Sümmeetrilisuskitsendust kujutab valem 4 ning see väljendab seda, kuidas tänu sellele on ülesandeks vaid umbes poolte maatriksi peadiagonaali kohal olevate otsustusmuutujate väärtuste määramine, ning kõik otsustusmuutujad, mis asuvad peadiagonaali all, arvutatakse nende järgi automaatselt. Kitsendus on oluline eelkõige seetõttu, et ülesandel suurte andme-mahtude korral aitab sümmeetria kitsendus vähendada töö mahtu. Antud kitsenduse vajalikkust iseloomustab transitiivsuse kitsendus, mille korral ilma sümmeetrilisuseta tuleks tegeleda kuue võrratusega, kuid sümmeetrilisuse tõttu on võimalik tegeleda ainult pooltega. Kui joonisel 6 kujutatud maatriksi otsustusmuutuja  $X_{23}$  saab väärtuse 1, siis sümmeetrilisuskitsendusest tulenevalt on ka muutuja  $X_{32}$  automaatselt 1-ga võrdsustatud.

	1	2	3
1	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$
2	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$
3	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$

Joonis 6. Kolme rea ja kolme veeruga maatriks

Kolmandat kitsendust ehk transitiivsuse kitsendust kirjeldab valem 5 ning selle vajalikkuse selgitamiseks tuleb vaadata joonist 6, kus on kujutatud maatriksit, millel on kolm rida ja kolm veergu. Antud maatriksi permutatsioon on sõltuv, mistõttu on see sümmeetriline. Valemis 5 toodud indeksitele  $i, j$  ja  $u$  vastavad joonisel 6 vastavalt 1, 2 ja 3. Vastavalt valemi 5 esimesele võrratusele, kui esimene ja teine tipp kuuluvad ühte kogukonda ehk  $X_{12}$  on võrdne ühega ning teine ja kolmas tipp kuuluvad samasse kogukonda ehk  $X_{23}$  on samuti võrdne ühega, siis annab nende elementide summa tulemuseks kahe. Selleks, et võrratus jääks kehtima, tuleb sellest midagi maha lahutada. Seetõttu määravad elemendid  $X_{12}$  ja  $X_{23}$  ära, et ka  $X_{13}$  on võrdne ühega ehk tipud 1 ja 3 kuuluvad samuti ühte kogukonda. Seega määravad joonisel 6 punased ja rohelised lahtrid ära sinised lahtrid. Sarnaselt esimese võrratusega peavad kehtima ka valemi 5 teine ja kolmas võrratus. Teise võrratuse kohaselt, kui esimene ja kolmas tipp kuuluvad ühte kogukonda ehk  $X_{13}$  on võrdne ühega ning esimene ja teine tipp kuuluvad ühte kogukonda ehk  $X_{12}$  on võrdne ühega, siis võrratuse kehtimiseks määravad need elemendid, et ka  $X_{23}$  võrdsustatakse ühega, mis tähendab, et tipud 2 ja 3 kuuluvad samasse kogukonda. Järelikult määravad vastavalt teisele võrratusele sinised ja punased lahtrid ära rohelised lahtrid. Valemi 5 kolmanda võrratuse järgi, kui teine ja kolmas tipp kuuluvad samasse kogukonda ehk  $X_{23}$  on võrdne ühega ning esimene ja kolmas tipp kuuluvad samasse kogukonda ehk  $X_{13}$  on samuti võrdne ühega. Võrratuse kehtima jäämiseks peavad ka tipud 2 ja 1 kuuluma ühte kogukonda ehk  $X_{12}$  väärtus peab olema 1. Seega vastavalt kolmandale võrratusele määravad rohelised ja sinised lahtrid ära punased lahtrid.



### **3. SOTSIAALVÕRGUSTIKU ANALÜÜS EESTI MAJANDUSHARUDE KOHTA**

Käesoleva töö uurimusliku osa jaoks saadi andmed Statistikaameti koduleheküljelt, millelt imporditi andmed Microsoft Office Exceli töofaili. Andmeteks valiti 2010. aasta sümmeetriline sisend-väljundtabel alushindades toodete järgi, sest vastavalt uurimuse eesmärgile loodeti leida valitud maatriksist kogukondi, mille moodustaksid erinevad majandusharud.

Majandusharude kogukondade leidmiseks kasutati nii lineaarse planeerimise ranget optimaalse lahendi otsimist kui ka ligikaudseid lahendeid andvat heuristikut. Esimest meetodit sooviti kasutada, sest sooviti saada kindlalt õigeid kogukondi, mida lineaarne planeerimine tagab. Teise lähenemisviisi eesmärgiks oli saada kiire lahend kõigi sektorite jaoks. Mõlemat kasutatakse ühiselt kauguse läve meetodiga, mis võimaldab kogukondi paremini tuvastada, kuna eemaldatakse müra ning alles jäetakse signaal.

Peatüki esimeses osas moodustatakse majandusharude kogukonnad kasutades lineaarsel planeerimisel põhinevat modulaarsuse maksimeerimist. Teises osas kasutatakse heuristilist meetodit, milleks valiti võrgustike analüüsimise ja visualiseerimise tarkvara Gephi. Seejärel tehakse nende põhjal järeldused ning antakse mõned ettepanekud.

#### **3.1. Modulaarsuse maksimeerimine, tulemused ja analüüs**

Statistikaameti koduleheküljelt pärit esialgsel sisend-väljundtabelil oli 74 rida ja 75 veergu, millest vahetarbimise osa iseloomustas maatriks, mille suurus oli  $63 \times 63$ . Tegu oli tootelt tootele koostatud maatriksiga, mille ridadel ja veergudel on tooted ja teenused. Selleks, et oleks võimalik analüüsi läbi viia tabelarvutustarkvara Excel tööriista Solver abiga, oli maatriksi suurusel piirang  $36 \times 36$  lahtrit. Seetõttu valiti juhuslikult käesoleva töö jaoks välja 36 toodet ja teenust, mis on toodud Lisas 1 koos vastava järjekorra numbriga.

Modulaarsuse maksimeerimisel oli esimeseks ülesandeks naabusmaatriksi koostamine. Antud juhul jääb see samm vahele, sest Statistikaametist saadud andmed olid juba esitatud naabusmaatriksi kujul. Vastav maatriks on toodud Lisas 2. Esialgselt naabusmaatriksist annab visuaalse ülevaate joonis 7, kus iga lahter kujutab kahe haru vahelist seost. Mida suurem on lahtri väärtus, seda tumedam see on. Lahtrite väärtused jäävad aga vahemikku 0 kuni 499,8, mistõttu on maatriksit vaadates võimatu hinnata seoste tegelikku tugevust ja olulisust. Seega pole võimalik teha üldistus seoste kohta erinevate majandusharude vahel ning võimatu on moodustada erinevaid kogukondi.

Joonis 7. Sümmetiline sisend-väljundtabel

Allikas: (Sümmetiline ...)

Selleks, et kasutada Exceli tööriista Solver modulaarsuse maksimeerimiseks, tuli peatükis 2 esitatud valemid sihifunktsiooni, ooteväärtuse ja kitsenduste kohta kirja panna Exceli tööfaili. Töö käik on toodud Lisas 3. Optimeerimiseks vajalikud otsustusmuutujad saadi binaarsete tunnuste maatriksist, kitsendusteks olid peatükis 2 ja Lisas 3 kirjeldatud kolm kitsendust ning maksimeerimine toimus valemil 1 järgi. Saadud tulemusi kirjeldab joonis 8, mis näitab, millised tooted ja teenused kuuluvad modulaarsuse maksimeerimise tulemusena ühte kogukonda. Kogukonnad moodustuvad mustade lahtrite põhjal.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Joonis 8. Ühte kogukonda kuuluvad tooted ja teenused

Joonise põhjal ei saa piisavalt hästi välja lugeda tekkinud kogukondi. Seetõttu kirjutati joonise 8 põhjal käsitsi välja, millised tooted ja teenused kuuluvad ühte kogukonda modulaarsuse maksmeerimise tulemusena. Alustati esimese reaga ning vaadati, millised tipud sellega kogukonna moodustavad ehk millised elemendid esimeses reas on mustad. Jooniselt 8 on näha, et ühised mustad lahtrid on esimesel real tippudega 3, 5 ja 23, mis tähendabki, et esimese kogukonna moodustavad tipud 1, 3, 5 ja 23. Teise kogukonda kuuluvad seega tipud 2, 7, 8, 14 ja 36. Järgmisena vaadeldi kolmandat rida, mille kohaselt moodustavad ühe kogukonna tipud 1, 3, 5 ja 23. Kuna selline kogukond oli juba kirja pandud, liiguti edasi järgmise rea juurde. Sama tehnikat järgides vaadati üle kõik maatriksi 36 rida ning pandi kirja kõik uued kogukonnad. Lisas 1 toodud tabeli põhjal oli võimalik leida kõikidele numbritele vastavad tooted ja teenused. Tabelis 2 on toodud tekkinud kogukonnad järjekorra numbrite ning toodete ja teenuste lõikes.

Tabel 2. Sotsiaalvõrgustiku analüüsi tulemusel tekkinud toodete ja teenuste kogukonnad kasutades modulaarsuse maksimeerimise algoritmi

Nr	Kogukonnad numbrite kaupa	Kogukonnad toodete ja teenuste kaupa
1.	1, 3, 5, 23	Põllumajandustooted Kalandustooted Toiduained; joogid; tubakatooted Majutusteenused, toitlustusteenused
2.	2, 7, 8, 14, 36	Metsandustooted Puit ning puit- ja korktooted, v.a mööbel; õlgedest ja punumismaterjalidest tooted Paber ja pabertooted Mööbel; muud tööstustooted Tervishoiuteenused
3.	4, 9, 16, 32, 35	Kivisüsi ja pruunsüsi; toornafta ja maagaas; metallimaagid; muud kaevandussaadused Koks ja puhastatud naftatooted Elektrienergia, gaas, aur ja õhu konditsioneerimine Teadus- ja arendusteenused Haridusteenused
4.	6	Tekstiilitooted; rõivad; nahk ja nahatooted
5.	10, 17, 31, 34	Metalltooted, v.a. masinad ja seadmed Ehitised ja ehitustööd Arhitekti- ja inseneriteenused; teimimise- ja analüüsiteenused Riigihalduse ja -kaitse teenused; kohustusliku sotsiaalkindlustuse teenus
6.	11, 12	Arvutid, elektroonika- ja optikaseadmed Elektriseadmed
7.	13, 18, 19, 21, 22, 33	Mootorsõidukid, haagised ja poolhaagised Mootorsõidukite ja mootorrataste hulgi- ja jaemüügi- ning remonditeenused Hulgimüügiteenused Maismaaveondusteenused Ladustamisteenused ja veonduse abistavad teenused Rendi- ja kasutusrenditeenused
8.	15, 20, 26, 27, 28, 29, 30	Masinate ja seadmete remondi- ja paigaldusteenused Jaemüügiteenused Arvutiprogrammide programmeerimis-, nõustamis- ja nendega seotud teenused; teabeteenused Finantsteenused Kindlustus-, edasikindlustus- ja pensionifonditeenused Kinnisvarateenused Õigusabi- ja arvepidamisteenused; peakontoriteenused; juhtimisalased nõustamisteenused
9.	24, 25	Filmi, video, telesaate tootmisteenus; helisalvestised, heliteoste avaldamine; ringhäälinguteenused Telekommunikatsiooniteenused

Allikas: autori koostatud



Suuruselt järgmine kogukond on seitsmes kogukond, mis on kuueliikmeline. Ka antud kogukonna puhul on autor arvamisel, et analüüsi tulemusel selgus tõepärane kogukonna struktuur, mis hõlmas muuhulgas mootorsõidukeid, nende hulgi- ja jaemüüki, maismaa-veoteenuseid, ladustamis- ja veonduse abistavaid teenuseid, rendi- ja kasutusrenditeenuseid ning hulgimüügiteenuseid. Võib öelda, et majandusharud tegelevad kas otseselt või kaudselt sarnastes valdkondades või on üksteisega sisuliselt seotud.

Moodustus kaks viieliikmelist kogukonda. Esimene neist on tabelis 2 olev teine kogukond, mille esimese nelja liikme – metsandustooted, puit ning puit- ja korktooted, paber ja pabertooted, mööbel – koondumine üheks kogukonnaks on eeldatav tulem, sest näiteks on metsandustooted sisendiks nii puidu, paberi kui ka mööbli tootmisel. Üllatuslikul kombel kaasas algoritm sellesse kogukonda ka tervishoiuteenused, millele autor ei leidnud ühtegi loogilist põhjendust.

Teiseks viieliikmeliseks kogukonnaks on tabelis 2 olev kolmas kogukond. Sarnaselt teisele kogukonnale, eraldus ka antud kogukonnas selgelt kaks omavahel loogilises seoses gruppi: esimesse rühma, mille märksõnaks võiks olla energia, kuuluvad kivisüsi ja pruunsüsi, toornafta ja maagaas, metallimaagid, muud kaevandussaadused, koks ja puhastatud naftatooted, elektrienergia, gaas, aur ja õhu konditsioneerimine, teise aga teadus- ja arendusteenused ning teadusteenused. Põhjus nende kahe grupi ühendamiseks võib olla kaevandussaaduste ja nende toodete, samuti elektrienergia valdkonnas tellitavad arendus- ja uurimistööd, mis käivad käsi-käes haridusteenusega, harude efektiivsemaks muutmiseks.

Järgmisena vaadeldakse kahte neljatipulist kogukonda. Esimesse neist kuuluvad põllumajandus-, kalandustooted, toiduained; joogid ja tubakatooted, majutusteenused, toitlustusteenused. Tekkinud kogukonnaga võib olla rahul, seosed harude vahel on selgelt nähtavad. Esialgu pani autorit kahtlema majutusteenuste sobivus kogukonda, kuid selline tulemus on põhjendatav sisend-väljundtabelis toodete ja teenuste rühmitamisega, mis paigutab majutus- ja toitlustusteenused ühe haru alla, mille arvatavasti on tinginud ettevõtete soov pakkuda oma klientidele võimalikult laia teenuste valikut. Neljaliikmeline on ka tabelis 2 välja toodud viies kogukond, mis on arvatavasti moodustunud ehitussektorile toetudes. Nii võib näha seosed, kus metalltooted ning arhitekti- ja inseneriteenuste väljundid on ehitustööde sisenditeks või vastupidi, kus ehitised on inseneritööde sisendiks. Imestama paneb analüüsi tulemusena antud kogukonda liidetud riigihalduse ja -kaitse teenused ning kohustusliku sotsiaalkindlustuse teenus, millele autor seletust anda ei oska.

Lisaks tekkis veel kaks kahetipulist kogukonda, kusjuures mõlemad olid oodatud tulemused. Esimesse kuulusid arvutid, elektroonika- ja optikaseadmed ning elektriseadmed, teise kogukonna moodustasid audiovisuaalvaldkond ning telekommunikatsiooniteenused. Omaette ühese kogukonna moodustas tekstiilitooted, rõivad, nahk ja nahatooted. Vaadates tekkinud kogukondi ei osanud ka autor nimetatud tooteid ühegi kogukonnaga liita.

Selleks, et kogukondi paremini tuvastada, parandada nende struktuuri ja eemaldada eelenevalt küsimusi tekitanud tulemused, kasutati kirjanduses välja pakutud kauguse läve meetodit (*ingl. k. distance threshold method*). Meetodi eesmärgiks on muuta maatriksit hõredamaks, samal ajal säilitades olulise informatsiooni. Meetod eemaldab maatriksist kõik väärtused, mis jäävad alla määratud läve ehk eemaldatakse nõ müra ning alles jääb kogukondade moodustamise jaoks oluline signaal. (Wang *et al* 2002) Sobiva lävendi määramiseks kasutatakse histogrammi. Läve tõstetakse järk-järgult, et jõuda parima tulemuseni. Lävend määrati nii, et esimesel katsel määrati nulliks 40% kõige madalamatest elementidest, seejärel 50%, 60%, 70% ja 80%. Tulemustele rakendatakse uuesti modulaarsuse maksimeerimise meetodit.

Autori hinnangul andis parima tulemuse maatriks, mille korral oli 50% madalamatest elementidest määratud nulliks. Samas peab tõdema, et muutus võrreldes esialgse tulemusega oli väga tagasihoidlik. Oma asukohta muutis ainult masinate ja seadmete remondi- ja paigaldusteenused, kuuludes esimese analüüsi korral kaheksandasse kogukonda, pärast kauguse läve meetodi kasutamist aga viiendasse kogukonda. Teiste lävede korral muutusid tulemused enam, kuid kogukonnad muutusid pigem halvemaks. Kahjuks ei õnnestunud parandada nende kogukondade struktuuri, mis esialge analüüsi põhjal tekitasid küsimusi.

## **3.2. Heuristiline meetod, tulemused ja analüüs**

Heuristilised võrgustike analüüsi meetodid võimaldavad suurte andmemahtude korral anda kiiret tulemust. Samas ei pruugi saadud lahend olla parim. Uurimisülesannetest lähtuvalt sooviti teada, mil määral erinevad tulemused eelmises alapeatükis kasutatud algoritmi ja heuristilise meetodi rakendamisel sisend-väljundtabelitele. Heuristilise lähenemisviisi tulemuste saamiseks kasutati võrgustike analüüsimise ja visualiseerimise tarkvara Gephi. Esiteks analüüsiti tarkvara abil eelnevalt juhuslikult valitud 36 toodet ja teenust. Tulemused ehk sisend-väljundtabeli põhjal moodustunud kogukonnad on toodud tabelis 3.

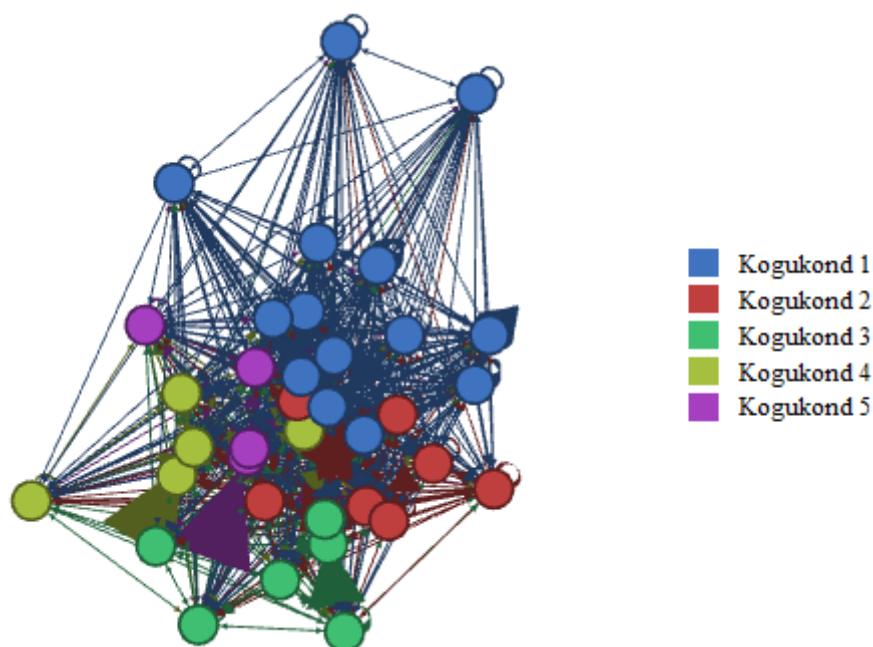
Tabel 3. Sisend-väljundtabeli põhjal koostatud kogukonnad kasutades Gephit

Nr	Kogukonnad toodete ja teenuste kaupa
1.	Elektriseadmed Ehitised ja ehitustööd Filmi, video, telesaate tootmisteenus; helisalvestised, heliteoste avaldamine; ringhäälinguteenused Telekommunikatsiooniteenused Finantsteenused Kindlustus-, edasikindlustus- ja pensionifonditeenused Kinnisvarateenused Õigusabi- ja arvepidamisteenused; peakontoriteenused; juhtimisalased nõustamisteenused Arhitekti- ja inseneriteenused; teimimise- ja analüüsiteenused Teadus- ja arendusteenused Riigihalduse ja -kaitse teenused; kohustusliku sotsiaalkindlustuse teenused Metalltooted, v.a. masinad ja seadmed Arvutiprogrammide programmeerimis-, nõustamis- ja nendega seotud teenused; teabeteenused Arvutid, elektroonika- ja optikaseadmed
2.	Mootorsõidukite ja mootorrataste hulgi- ja jaemüügi- ning remonditeenused Maismaaveondusteenused Ladustamisteenused ja veonduse abistavad teenused Rendi- ja kasutusrenditeenused Koks ja puhastatud naftatooted Masinate ja seadmete remondi- ja paigaldusteenused Mootorsõidukid, haagised ja poolhaagised
3.	Metsandustooted Tekstiilitooted; rõivad; nahk ja nahatooted Tervishoiuteenused Puit ning puit- ja korktooted, v.a mööbel; õlgedest ja punumismaterjalidest tooted Paber ja pabertooted Mööbel; muud tööstustooted
4.	Põllumajandustooted Toiduained; joogid; tubakatooted Majutusteenused; toidlustusteenused Kalandustooted Hulgimüügiteenused
5.	Jaemüügiteenused Haridusteenused Kivisüsi ja pruunsüsi; toornafta ja maagaas; metallimaagid; muud kaevandussaadused Elektrienergia, gaas, aur ja õhu konditsioneerimine

Allikas: autori koostatud



Tarkvara Gephi võimaldab tekkinud kogukondi ka visualiseerida. Joonis 9 annabki ülevaate kogukondade suurusest ja liikmete vahelistest seostest.



Joonis 10. Sisend-väljundtabeli valimi põhjal moodustunud kogukondi kujutav graaf

Gephi tarkvara kasutamise tulemusena selgus, et püstitatud ülesande lahendamine heuristilisel lähenemisviisil, andis teistsuguse tulemuse võrreldes eelmises alapeatükis kasutatud algoritmiga. Analüüsi tulemusena ilmnes, et vastavalt Gephi moodustus 36st tootest ja teenusest viis kogukonda. Suurimas kogukonnas oli 14 liiget, ülejäänud kogukondade liikmete arv oli seitse, kuus, viis ja neli. Võrreldes tulemust eelneva meetodi lahendiga, võib öelda, et Gephi poolt moodustatud kogukonnad olid suuremad, mis muutis kogukondade struktuuri hindamise keerulisemaks. Solveriga lahendamisel tekkinud kogukonnad olid spetsiifilisemad, kui võrrelda neid kogukondadega tabelis 2.

Mitme kogukonna struktuur sarnaneb oluliselt alapeatükis 3.1. moodustunud kogukondade struktuuriga. Võrreldes tabelis 3 olevat neljandat kogukonda tabelis 2 oleva esimese kogukonnaga, on näha, et neli toodet kattuvad. Heuristilise analüüsi meetodi poolt on kogukonda lisatud hulгимүүгiteenused. Autori arvates on hulгимүүгiteenuste näol tegemist teenuste grupiga, mis võiks grupeeruda ükskõik millisesse kogukonda, sest need hõlmavad mitmete sektorite nagu näiteks põllumajandus, toidukaupade või infotehnoloogia teenuse

hulgimüüki. Vaid ühe liikme poolest erinevad ka kolmas kogukond tabelis 3 ja teine kogukond tabelis 2.

Autori hinnangul võib väga heaks kogukonnaks pidada tabelis 3 olevat teist kogukonda, sest selgelt on võimalik leida grupeeritud majandussektorite vahelisi seoseid. Samamoodi on harude vahelised suhted kergesti aimatavad ja hinnatavad neljanda kogukonna puhul.

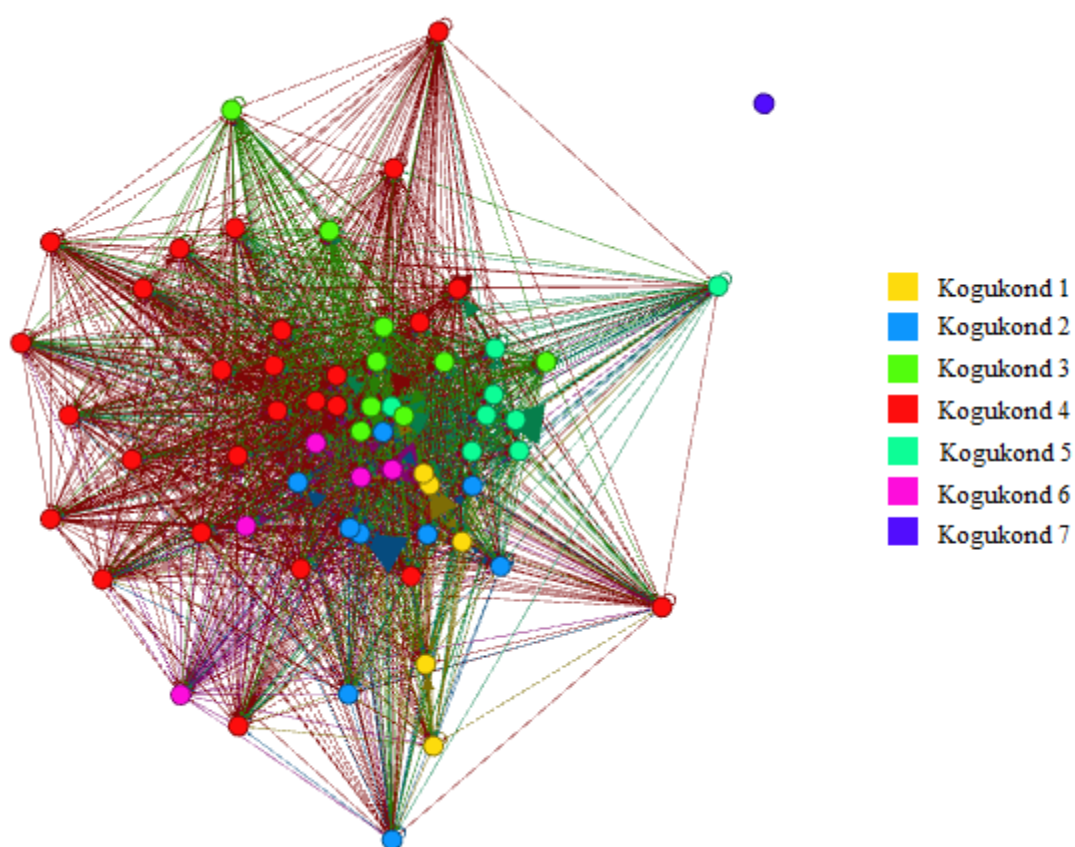
Suurima ehk esimese kogukonna liikmete vahel võib leida erinevad seoseid, kuid ühest märksõna kogukonna iseloomustamiseks on keeruline kui mitte võimatu leida. Autori hinnangul jääb mulje, nagu oleks antud kogukonda koondunud kõik need tooted ja teenused mis muidu moodustaksid väiksemaid kogukondi Sarnased omadusi ja funktsioone, mis kehtiks kõigi kogukonna liikmete jaoks, autor ei leidnud. Kui võrrelda esimest kogukonda tabelis 2 olevate kogukondadega, siis võib välja tuua, et tabelis 2 olevad väiksed kogukonnad (neljas, kuues ja üheksas kogukond) on grupeerunud äriteenuste kogukonnaga.

Sarnaselt eelmises alapeatükis saadud tulemustele, mis tekitasid autoris küsimusi, liideti ka Gephi algoritmi poolt tervishoiuteenused sektoritega, mille pealtnäha otsesed seosed puuduvad. Lähtuvalt teoorias käsitletud sisend-väljundtabelite analüüsist võib põhjuseid leida näiteks kaudsetest seostest. Kui tervishoiuteenused jagavad mingit olulist sisendit kogukonna teiste liikmetega, võivad tekkida seosed, mis muidu jääksid märkamata. Küll on autori arvates raske hinnata, millised võiksid antud kogukonna puhul need sisendid olla.

Sooviti näha, kas kauguse läve meetodi rakendamise tulemusena muutuvad kogukondade struktuurid. Selleks määrati tase, mille korral 50% elementidest määrati nulliks, sest eelmises alapeatükis andis selline määr parima tulemuse. Tulemused on toodid Lisas 5 ning nendest selgus, et antud juhul meetod rakendamine kogukondi paremini ei tuvastanud. Pigem tekkisid liikmete vahel ebamäärased seosed, mille korral liideti näiteks paber ja pabertooted kogukonnaga, kuhu kuuluvad näiteks põllumajandus- ja kalandustooted. Endiselt jäid selgusetus tervishoiuteenuste seosed teiste kogukonnaliikmetega.

Kuna Gephi võimaldab analüüsida suuri andmemahtusid, otsustati lisaks esialgsele valimile analüüsida tarkvara abiga kogu sümmeetrilise sisend-väljundtabeli vahetarbimise osa, mille andmed on toodud Lisas 3. Tulemusi kirjeldab joonis 11 ning tabeli kujul on kogukonnad toodud Lisas 6. Analüüsi tulemusena selgus, et Gephi algoritm moodustas 63st tootest ja teenusest 7 kogukonda. Suurim neist oli neljas kogukond, mis oli 26 liikmeline ning mida joonisel 11 kirjeldab punane värv. Kogukonna struktuuri poolest võib välja tuua, et

enamus liikmetest on teenused, mille hulgas on palju äriteenuseid. Kuna tegemist on suure kogukonnaga, kuhu kuulub 41,3% kõigist võrgustikus osalejatest, on kõikidele toodetele ja teenustele sarnaseid omadusi ja funktsioone keeruline leida. Mõneti jääb mulje, nagu oleks algoritmi poolt lisatud kogukonda kõik sellised tooted ja teenused, mis teistesse kogukondadesse ei sobinud. Ka selle kogukonna moodustumise puhul võivad seoste tugevuse hindamisel märkimisväärset rolli mängida kaudsed suhted: kui kahel sektoril on mingi kolmanda sektoriga piisavalt olulised seosed, võib seos tekkida ka esimese kahe sektori vahele.



Joonis 11. Majandussektorite kogukondi kujutav graaf

Töötleva tööstuse jaoks moodustus sarnaselt eelpool saadud tulemustele kaks kogukonda. Esimeses neist viis liiget, millest kolme võib seostada puiduga (vt Lisa 6 esimene kogukond), millele on lisatud tööstusharuna põhifarmaatsiatooted ja ravimpreparaadid. Siin võib peituda varem autoris küsimusi tekitanud tervishoiuteenuste liitmine puidu-, metsandus- ja mööblitööstusega. Ilmselt ühendab viimaseid põhifarmaatsiatoodete ja ravimipreparaatide

sektoriga töötleva tööstuse funktsioonid. Kuna tervishoiuteenuste ja põhifarmaatsiatoodete ning ravimipreparaatide vahel on tugev ja oluline seos, tekkis tervishoiuteenuste jaoks oluline kaudne side.

Kui vaadelda teist töötleva tööstuse sidemetel põhinevat kogukonda, mis on Lisas ? toodud teine kogukond, võib näha, et ka sinna on kaasatud tooteid ja teenuseid, mis esmapilgul ülejäänud liikmetega seoseid ei oma. Üheks selliseks on näiteks haru, mis hõlmab hoolekandeesutuste teenuseid ja sotsiaalhoolekandeteenuseid ilma majutuseta. Autori poolne ainukene põhjendus võiks olla toiduainete kasutamine hoolekandeesutustes, mis loob piisavalt tugevad seosed nende sektorite vahele.

Üks sektor – kodumajapidamiste teenused tööandjatena; oma tarbeks toodetud kaubad ja osutatud teenused – ei grupeerunud ühegi teise haruga. Joonisel 11 kujutab seda muust võrgustikust eemalasuv sinine punkt ehk seitsmes kogukond. Samas oli selline tulemus autori jaoks oodatav, sest sisend-väljundtabeli põhjal võis näha, et ülekanded teiste sektoritega puudusid.

### **3.3. Järeldused ja ettepanekud**

Käesolevas töös kirjeldatud sotsiaalvõrgustike analüüsi on edukalt võimalik rakendada rahvamajanduse sisend-väljundtabelitele. Meetod võimaldas uurida erinevate majandusharude vahelisi seosed moodustades erinevatest valdkondadest kogukonnad.

Antud peatüki esimeses osas selgus, et sisend-väljundtabelist valitud kolmekümne kuue toote ja teenuse põhjal loodi analüüsi tulemusena üheksa kogukonda. Võib öelda, et nende struktuur oli eelkõige tingitud majandusharude omavahelistest tihedatest seostest. Sellise tulemusega võib rahul olla, sest kui sisend-väljundtabel iseloomustab kahe majandusharu vahelist seost, siis grupeerimise tulemusena peaksidki omavahel koonduma tugevate seostega harud, mille vahel toimub oluline sisendite ja väljundite ringlus.

Töö teoreetiline osa andis kogukonna mõisteks grupi, kuhu koonduvad sarnase funktsiooni ja omadustega võrgustikus osalejad. Järelikult võib leida iga kogukonna jaoks kindlaid, kõiki liikmeid iseloomustavaid ülesandeid või märksõnu. Käesoleva peatüki esimeses osas modulaarsuse maksimeerimise algoritmi tulemusena moodustunud esimese kogukonna puhul pakub autor harusid ühendavaks faktoriks toidu, sest kõiki kogukonda kuuluvaid valdkondi on mingil moel võimalik sellega seostada. Näiteks põllumajandus- ja

kalandustoodete korral on majandusharus toodetud toidukogused nende jaoks väljundid, mida kasutatakse toiduainete ja jookide tootmisel sisendina. Samuti kasutatakse majutus- ja toitlustusteenuste puhul sisendina teiste kogukonna liikmete väljundeid. Ka teistele kogukondadele võib leida sarnaseid märksõnu: näiteks kõige suurema kogukonna ehk kaheksanda kogukonna puhul võib öelda, et tegu on äriteenustega ning seitsmendas kogukonna liikmeid võib seostada mootorsõidukitega. Teise kogukonna jaoks oleks iseloomustav märksõna puit, kui kogukonda poleks kaasatud tervishoiuteenuseid, mida on puiduga keeruline seostada.

Esimese alapeatüki tulemustest järeldubki, et kuigi sotsiaalvõrgustike analüüsi õnnestus sisend-väljundtabelite kohta kasutada, esines paar problemaatiliselt nähtust. Nimelt kaasati kahte kogukonda sellise majandusharud, millel pealtnäha ülejäänud kogukonnaliikmetega otsesed seosed puuduvad. Antud juhul on keeruline hinnata, milles võis peituda põhjus: kas algoritmis, sisend-väljundtabeli algandmetes või hoopis esineb nende harude vahel tõesti mingi autorile tundmatu seos. Kuigi prooviti küsitavusi seletada kauguse läve meetodi rakendamise, paranes tulemus tagasihoidlikult ning olulised probleemid jäid vastuseta.

Kuigi heuristilised meetodid ei pruugi anda alati parimat lahendust, viidi võrreldavuse huvides läbi analüüs ka selle lähenemisviisi vahendiga. Antud juhul saab järeldada, et valitud tarkvara andis üsna hea tulemuse. Kogukondade arv erines küll kahe meetme puhul oluliselt, kuid teatud kogukondade struktuur oli üsna sarnane ning koondas omavahel majanduslikult olulisi ja üksteist toetavaid sektoreid. Võib järeldada, et meetodi annab majandusharude seoste hindamisel kasuliku tulemuse, sest on võimaldab ära määrata tugevalt omavahel seotud harud.

Johtuvalt heuristilise meetodi rakendamise edust ja soovist ikkagi hinnata kogu Eesti sisend-väljundtabeli vahetarbimise osa, analüüsiti seda Gephi abiga. Kuigi ei saa kindlalt öelda, kas tegu on parima lahendiga, on võimalik teatud järeldusi teha. Selgus, et majandusharude grupeerimisel on oluline roll kaudsetel seostel. Kui analüüsiti majandussektorite seoseid 36 toote ja teenusega, tekitas autoris küsimusi tervishoiuteenuste grupeerumine muuhulgas metsandus- ja puidutoodetega. Analüüsides aga kogu sisend-väljundtabeli tulemusi, võis täheldada, et esialgselt valimist välja jäänud põhifarmaatsiatoodetel ja ravimipreparaatidel, mis kuuluvad töötleva tööstuse harusse, on tervishoiuteenustega nii tugevad seosed, et kaasatakse viimane mõneti ebaloogilisse kogukonda.

Olulise järeldusena võib McNerney (2009) poolt täheldatud ja käesolevas töös kinnitust leidnud tulemuse, et kuigi sektorite grupeerimisel ei tea algoritm ridade ja veergude nimesid või silte, rühmitusid enamjaolt ühte kogukonda kvalitatiivseid sarnasusi omavad sektorid. Näiteid võib tuua nii käesoleva peatüki esimesest kui ka teisest osast, kus kogukonnad moodustusid üldiste majandusharude järgi, näiteks seoti energia sektorid või transpordiga tegelevad harud. See tähendab aga, et numbrid kannavad edasi tähtsat majanduslikku informatsiooni ning seega on võimalik sotsiaalvõrgustiku analüüsi tulemusena paljastada olulisi majandusstruktuure.

Majandussektorite jaoks kogukondade leidmise praktiline väärtus seisneb eelkõige vastavates harudes tegelevate ettevõtete jaoks harude vaheliste seoste analüüsimises ja mõistmises, mislähbi on võimalik selliseid seoseid oma tegevuse huvides rakendada. Kogukondadesse koondumine omab majandussektoritele ja nende ettevõtetele olulisi mõjusid, muuhulgas võib sellisteks mõjudeks olla teadmiste ja oskuste vahetamine, tehnoloogiate arendamine või sisendite jagamine. Selliste mõjude identifitseerimise tulemusena on ettevõtetel võimalik oma tegevust planeeriva majandussektorite vahelistest seostest lähtuvalt, võttes eesmärgiks näiteks sünergia loomise. Majandussektorite põhjal moodustunud kogukondi on võimalik kasutada ka riskianalüüsides, hindamaks erinevate sektorite ja ettevõtete toimetulekut ning sõltuvust teistest.

Autori on arvamisel, et sotsiaalvõrgustiku analüüsi rakendamisega sisend-väljundtabelile võib rahule jääda. Kuna hetkel seab garanteeritud õige lahendi leidmiseks maatriksi suurusele piirangu Exceli tööriista Solveri võimsus, ei ole võimalik enamate majandusharude kaasamine. Samas andis autori hinnangul käesolevas töös korraliku tulemuse ka heuristiline meetod. Lisaks keskendub bakalaureusetöö vaid 2010. aasta andmetele, mis annab võimaluse koostada analüüs ka varasemate aastate kohta ning võrrelda kogukondade struktuure erinevatel aastatel analüüsides muutusi. Probleemseks muutub antud juhul 2010. aasta andmete võrreldamatus 2005. ja 2000. aasta andmetega, sest sisend-väljundtabelite koostamisel on kasutatud erinevaid toodete klassifikaatoreid. Kui aga ületada ajalise võrreldamatuse probleem ning lisada sinna kõrvale veel majanduspoliitiline käsitlus vastavate aastate lõikes, on võimalik selgitada erinevate aastate vaheliste muutuste tagamaid ning tuua esile tingimused, milles vastavad kogukonnad said tekkida. Samuti võiks koostada sügavama analüüsi moodustunud kogukondadele ja nende liikmetele, mille raames saaks välja tuua ka mõjud ja tagajärjed kogukondadesse koondumisel nende liikmetele.

## KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö koostamisega sooviti uurida Eesti majandusharude vahelisi seoseid. Selleks andis töö teoreetiline osa ülevaate sisend-väljundtabelite olemusest ja kasutamisest ning majandusharude grupeerimise olulisusest. Metoodilises osas käsitleti sotsiaalvõrgustike analüüsi meetodit ning kirjeldati koostatud algoritmi olulisi osasid. Uurimuslikus osas rakendati sotsiaalvõrgustiku analüüsi rahvamajanduse sisend-väljundtabelile

Bakalaureusetöö eesmärk oli koostada algoritm, mis võimaldaks teostada sotsiaalvõrgustiku analüüsi kasutades rahvamajanduse sümmeetrilist sisend-väljundtabelit, ning selle põhjal välja selgitada, millised kogukonnad tekivad Eesti majandusharudest 2010. aasta andmete alusel. Lisaeesmärk oli võrrelda saadud tulemusi heuristilise meetodi poolt leitud lahendiga. Püstitatud eesmärgid said autori hinnangul täidetud: majandusharude kogukondade leidmiseks kasutati nii lineaarse planeerimise ranget optimaalse lahendi otsimist kui ka ligikaudseid lahendeid andvat heuristikut. Esimest meetodit sooviti kasutada, sest sooviti saada kindlalt õigeid kogukondi, mida lineaarne planeerimine tagab. Teise lähenemisviisi eesmärgiks oli saada kiire lahend kõigi sektorite jaoks. Erinevate lähenemisviiside kasutamine andis võimaluse moodustunud majandusharude kogukondade struktuure võrrelda.

Sotsiaalvõrgustike analüüsi meetodi rakendamine rahvamajanduse sümmeetrilisele sisend-väljundtabelile osutus edukaks, sest analüüsi tulemusena moodustati kogukonnad, milles osalejateks olid Eesti majandusharud.

Analüüs viidi läbi viis korda. Esimesel juhul rakendati sisend-väljundtabeli juhuslikult valitud 36le tootele ja teenusele töös kirjeldatud modulaarsuse maksimeerimise algoritmi Exceli tööriista Solver abiga. Seejärel kombineeriti seda kauguse läve meetodiga, mis võimaldas maatriksist eemaldada müra, jättes alles kogukondade moodustamiseks olulise signaali. Järgnevalt viidi samade andmete põhjal analüüs läbi tarkvaraga Gephi ning siis ühildati Gephi kasutamine kauguse läve meetodiga. Viimase tegevusena kasutati tarkvara Gephi kogu sisend-väljundtabeli vahetarbimise osa analüüsimiseks.

Selgus, et erinevate analüüsides tulemusena moodustus erinev arv kogukondi. Excelis modulaarsuse optimeerimisel moodustus 36st tootest ja teenusest üheksa kogukonda, Gephi

moodustas samade andmete põhjal viis kogukonda. Esines kogukondi, mille struktuur oli kahe lähenemisviisi võrdlemisel sarnane. Kauguse läve meetodi rakendamine kogukondade arvu ei muutnud ning reorganiseeris neid vähesel määral. Viies kogu sisend-väljundtabeli vahetarbimise analüüsi läbi Gephi abiga, moodustust majandussektoritest seitse kogukonda.

Kogukondi moodustus väga erineva suurusega. Juhuvaimiga läbi viidud analüüsi tulemusena moodustus nii üheliikmeline kui ka neljateistkümne liikmega kogukond. Analüüsides kogu vahetarbimist, oli suurim moodustunud kogukond 26 liikmeline ning väikseim jällegi ühe liikmega.

Selgus, et enamjaolt moodustuvad kogukonnad vastavalt osalejate sarnastele omadustele ja funktsioonidele. Liikmeid ühendavate faktoritena ilmnest näiteks toit, energia, transport. Kuigi majandusharude koondumine kogukondadesse toimus eelkõige sarnasuse faktorite alusel, esines juhuvalimiga analüüsil kahe kogukonna puhul küsitavaid tulemusi. Nii kaasati metsandustoodete, puidu ning puit- ja korktoodete, paberi ja pabertoodete ning mööbli ja muu tööstustoodetega samasse kogukonda tervishoiuteenused, millel autori arvates olulised ühised seosed puuduvad. Sarnane nähtus juhtus viienda kogukonnaga, kus metalltooted, ehitised ja ehitustööd ning arhitekti- ja inseneriteenustega ühte kogukonda sattus analüüsi tulemusel riigihalduse ja –kaitse teenused ning kohustusliku sotsiaalkindlustuse teenus. Autor ei osanud tuua ka kindlat põhjust, mis sellise tulemuse tingis. Samas võis leida selgituse sellisele nähtusele analüüsides kogu vahetarbimist, mille korral kaasati eelnevalt esimesena kirjeldatud kogukonda töötleva tööstusharu allharu põhifarmaatsiatooted ja ravimipreparaadid. Võib arvata, et selle haru ja tervishoiuteenuste vaheline seos oli piisavalt oluline, mis ilmnest isegi siis, kui üks neist valimist välja jäi. Selle tulemusena järeldus, et majandusharude vahelistel seostel on märkimisväärselt oluline roll harude vahelistel kaudsetel suhetel. Veelgi enam, isegi kui valimist jääb välja märkimisväärse mõjuga toode või majandusharu, olulise seose korral on sellel kogukondade kujunemisel ikkagi tähelepanuväärne mõju. Veelgi enam, isegi kui valimist jääb välja märkimisväärse mõjuga toode või majandusharu, olulise seose korral on sellel kogukondade kujunemisel ikkagi tähelepanuväärne mõju.

Autori hinnangul oli oluline tulemus, et kuigi sektorite grupeerimisel ei teadnud algoritm ridade ja veergude nimesid või silte, rühmitusid enamjaolt ühte kogukonda kvalitatiivseid sarnasusi omavad sektorid. Mis tähendab, et numbrid kannavad edasi tähtsat majanduslikku informatsiooni ning seega on võimalik sotsiaalvõrgustiku analüüsi tulemusena paljastada olulisi majandusstruktuure.



Majandussektorite jaoks kogukondade leidmise praktiline väärtus seisneb eelkõige vastavates harudes tegelevate ettevõtete jaoks harude vaheliste seoste analüüsimises ja mõistmises, mis läbi on võimalik selliseid seoseid oma tegevuse huvides rakendada. Kogukondadesse koondumine omab majandussektoritele ja nende ettevõtetele olulisi mõjusid, muuhulgas võib sellisteks mõjudeks olla teadmiste ja oskuste vahetamine, tehnoloogiate arendamine või sisendite jagamine. Selliste mõjude identifitseerimise tulemusena on ettevõtetal võimalik oma tegevust planeeriva majandussektorite vahelistest seostest lähtuvalt, võttes eesmärgiks näiteks sünergia loomise. Majandussektorite põhjal moodustunud kogukondi on võimalik kasutada ka riskianalüüsides, hindamaks erinevate sektorite ja ettevõtete toimetulekut ning sõltuvust teistest. Huvi võiks antud analüüs pakkuda ka poliitikakujundajatele, kellel oleks võimalik lähtuvalt kogukondadest ja nende vahelistest seostest, hinnata erinevate poliitikate mõju. Kogukondade moodustamise peamiseks õigustuseks ongi nende moodustamisel tekkivate seoste mõjutamise võimalus. Selleks, et tegevusel oleks soovitud mõju, tuleb aga teada seoste tekkimise põhjusi, nende iseloomu ja tagajärgi, et valida õiged vahendid.

Autori hinnangul oli antud teema uurimine väga põnev ja vajalik, mistõttu loodetakse, et antud töö on esimene paljudest valdkonda puudutavates uurimustest. Lisaks võiks kaasata uurimusse varasemate aastate tabeleid, mis võimaldaksid lisaks ühe aasta kogukondade struktuurile näha ka muutusi, mis annaks võimaluse luua erinevaid mustreid. Kaasates siia majandusharude keskkonda puudutavad uurimused, on võimalik kogukondade moodustumisele leida põhjuseid ning tuua välja mõjud ja tagajärjed, mida kogukondadesse koondumine oma liikmetele omab.

## **SUMMARY**

### **AN ANALYSIS OF THE SYMMETRIC INPUT-OUTPUT TABLE OF ESTONIA FOR 2010 THROUGH THE MEANS OF NETWORK SCIENCE**

Kristiina Kivila

Economic industries operate side by side on a daily basis which means constant communication between sectors in the form of industrial input and output, exchanging knowledge and skills or movement of labour. The interaction between sectors is among other things affected by the environment in which they function. This results in different connections which may be studied in order to make use of such linkages, for example by raising sector's competitiveness.

The aim of this bachelor thesis is to find an algorithm which enables to implement social network analysis on national symmetric input-output table and to detect economic communities based on the data of 2010. An additional goal is to compare the results to the solutions given by heuristic method.

The research problem is to find a suitable algorithm for social network analysis of input-output table and to find connections between industries based on the clustering. The methods used to detect economic communities include the search of strict optimal solution of linear planning as well as a heuristic which provides an approximate solution. Former is an algorithm for maximizing modularity, latter uses a software for visualizing and analysing large networks called Gephi. Both methods were combined with the distance threshold method which removes all values lower than the given threshold from the matrix in order to remove the noise. The data chosen for the research originates from the Statistics Estonia and shows product by product input and output of economic sectors for 2010.

In the theoretical part, an overview of the key points of national accounting was given. On the basis of the subject of the thesis, main focus was placed on the essence of national input-output table as well as clustering of the industries. The national input-output table is a matrix showing transfers of goods between sectors of an economy. The use of such tables becomes important while analysing the economy or production processes. Regarding the clustering of industries, the linkages between economic sectors may carry important information beneficial to the industries, enterprises and policy makers.

In the second chapter, a brief overview of the nature of social network analysis was provided. In addition to that, the development of the analysis was introduced. The second part of the chapter focused on the methodology used in the thesis, describing the purpose of each part of the proposed algorithm.

In the research part, the social network analysis was applied on the symmetric input-output table. The results were based on the 36 randomly chosen vertices as well as the whole intermediate consumption part of the input-output table. The analysis was conducted five times, each time giving slightly different solution. However, the results made it possible to draw several conclusions.

Based on the results, it can be said that the communities for economic sectors are formed on the basis of similar functions and characteristics. Although some problematic results appeared, further analysis showed that the indirect relations between sectors had great effect on the structure of the communities. Furthermore, even if an important product is not represented in the sample, it will still have a relevant impact on the formation of the communities.

Another remarkable result is similar or complementary sectors, such as different energy sectors or branches of transport sectors, appearing together in a community because of the information in numeric data. This result appeared, despite of the fact that neither the algorithm nor the software knew the labels of the rows and columns, thus showing that social network analysis may reveal important economic structures.

Further work may include the comparison of the input-output tables for different years which would allow to analyse the structural changes of the economic communities. In addition, it would be useful to analyse the environment in which such communities were formed and the impacts of these communities to its members.

## VIIDATUD ALLIKAD

About ESA 2010. Eurostat.

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/esa\\_2010/introduction](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/esa_2010/introduction) (18.05.2014)

Brandes, U., Delling, D., Gaerler, M., Görke, R., Hoefler, M., Nikoloski, Z., Wagner, D. (2008). On modularity clustering. – *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering on 20*, no. 2, pp. 172-188.

Eesti statistika aastaraamat 2011. (2011). /Toimetaja Põder, K. Tallinn: Statistikaamet.

ESMS metaandmed. Statistikaamet.

[http://www.stat.ee/esms-metaandmed?id=68932&code=21409#COMMENT\\_DSET](http://www.stat.ee/esms-metaandmed?id=68932&code=21409#COMMENT_DSET) (17.05.2014)

Euroopa rahvamajanduse arvepidamise süsteem 1995 = ESA 95. (2001). /Toimetaja Purju, A. Tallinn : Statistikaamet.

Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables. (2008). /Eurostat. Luksemburg: Official Publications of the European Communities.

Lancichinetti, A., Fortunato, S. (2012) Limit of modularity maximization in community detection.

<http://arxiv.org/pdf/1107.1155v2.pdf> (20.03.2014)

Kumlander, D. (2005). Some Practical Algorithms to Solve The Maximux Clique Problem. TTÜ Infotehnoloogia teaduskond. 136 lk. (Doktoritöö)

Liiv, I. (2008). Pattern Discovery Using Seriation and Matrix Reordering: A Unified View, Extensions and an Application to Inventory Management. TTP Infothenoloogia teaduskond. 121 lk. (Doktoritöö)

McCulloh, I., Armstrong, H., Johnson, A. (2013). Social Network Analysis with Applications. Somerset: Wiley.

McNerney, J. (2009). Network Properties of Economic Input-Output Networks. Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.

Merenduse klasteruuring. (2011). / Koostajad: Portsmouth, R., Hunt, T., Terk, E., Nõmmela, K., Hartikainen, A. – Eesti Mereakadeemia toimetised, ISSN 1736-2075. Tallinn.

- Miller, R.E, Blair, P. D. (2009). Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. 2nd ed. New York: Cambridge University Press.
- Feser, E. J., Bergman, E. M. (2000). National Industry Cluster Templates: A Framework for Applied Regional Cluster Analysis. – *Regional Studies*, Vol. 34.1, pp. 1-19.
- Newman, M. E. J., Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks.  
<http://arxiv.org/pdf/condmat/0308217> (15.04.2014)
- Newman, M. E. J., Girvan, M. (2003). Mixing patterns and community structure in networks. - *Statistical Mechanics of Complex Networks*. Vol 625. New York: Springer Berlin Heidelberg, pp. 66-87.
- Nicosia, V., Mangioni, G., Carchiolo, V., Malgeri, M., (2009). Extending the definition of modularity to directed graphs with overlapping communities. – *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, Issue 03.
- SKP jooksevhindades ja SKP aheldatud väärtus (sesoonselt ja tööpäevade arvuga korrigeeritud), aasta. Statistikaamet.  
<http://www.stat.ee/68588> (20.05.2014)
- Sümmeetriline sisend-väljundtabel alushindades toodete järgi. Statistikaameti andmebaas.  
[http://pub.stat.ee/pxweb.2001/Dialog/varval.asp?ma=RAT0004&ti=S%DCMMEETRI LINE+SISEND%2DV%C4LJUNDTABEL+ALUSHINDADES+TOODETE+J%C4RGI&path=../Database/Majandus/15Rahvamajanduse\\_arvepidamine/08Sisend\\_valjundraamistik/04Sisend\\_Valjundtabelid/&lang=2](http://pub.stat.ee/pxweb.2001/Dialog/varval.asp?ma=RAT0004&ti=S%DCMMEETRI LINE+SISEND%2DV%C4LJUNDTABEL+ALUSHINDADES+TOODETE+J%C4RGI&path=../Database/Majandus/15Rahvamajanduse_arvepidamine/08Sisend_valjundraamistik/04Sisend_Valjundtabelid/&lang=2) (13.05.2014)
- Scott, J. (2013). Social Network Analysis. 3rd ed. London: SAGE.
- Termushoev, U., Webb, C., Yamano, N. (2010). Projecton of Supply and Use tables: methods and their empirical assessment. – *Economic Systems Research*. Vol 23.2011, pp. 91-123.
- Toodete ja teenuste klassifikaator 2008. Statistikaamet.  
[http://metaweb.stat.ee/view\\_xml.htm?id=2561819&selectedRow=0&siteLanguage=ee](http://metaweb.stat.ee/view_xml.htm?id=2561819&selectedRow=0&siteLanguage=ee) (18.05.2014)
- Prell, C. (2012). Social Network Analysis: History, Theory & Methodology. London: SAGE Publivations Ltd.
- Wang, J., Yu, B., Gasser, L. (2002). Classification Visualization with Shaded Similarity Matrix. IEEE Visualization.
- Wassily Leontief (1906-1999 ). Library of Economics and Liberty.  
<http://www.econlib.org/library/Enc/bios/Leontief.html> (17.05.2014)

Übi, J., Übi, E., Liiv, I. Võhandu, L. (2013). An analysis of community structure detection for educational coepetition. – *e-Learning and Technologies in Education (ICEEE)*, September, pp. 104-109.

# LISAD

## Lisa 1. Sümmeetrilisest sisend-väljudtabelist valitud tooted ja teenused

Jrk nr	Tooted ja teenused
1	Põllumajandustooted
2	Metsandustooted
3	Kalandustooted
4	Kivisüsi ja pruunsüsi; toornafta ja maagaas; metallimaagid; muud kaevandussaadused
5	Toiduained; joogid; tubakatooted
6	Tekstiilitooted; rõivad; nahk ja nahatooted
7	Puit ning puit- ja korktöötud, v.a mööbel; õlgedest ja punumismaterjalidest tooted
8	Paber ja pabertooted
9	Koks ja puhastatud naftatooted
10	Metalltöötud, v.a. masinad ja seadmed
11	Arvutid, elektroonika- ja optikaseadmed
12	Elektriseadmed
13	Mootorsõidukid, haagised ja poolhaagised
14	Mööbel; muud tööstustöötud
15	Masinate ja seadmete remondi- ja paigaldusteenused
16	Elektrienergia, gaas, aur ja õhu konditsioneerimine
17	Ehitised ja ehitustööd
18	Mootorsõidukite ja mootorrataste hulgi- ja jaemüügi- ning remonditeenused
19	Hulgimüügiteenused
20	Jaemüügiteenused
21	Maismaaveondusteenused
22	Ladustamisteenused ja veonduse abistavad teenused
23	Majutusteenused; toitlustusteenused
24	Filmi, video, telesaate tootmisteenused; helisalvestised, heliteoste avaldamine; ringhäälinguteenused
25	Telekommunikatsiooniteenused
26	Arvutiprogrammide programmeerimis-, nõustamis- ja nendega seotud teenused; teabeteenused
27	Finantsteenused
28	Kindlustus-, edasikindlustus- ja pensionifonditeenused
29	Kinnisvarateenused
30	Õigusabi- ja arvepidamisteenused; peakontoritteenused; juhtimisalased nõustamisteenused
31	Arhitekti- ja inseneriteenused; teimimise- ja analüüsiteenused
32	Teadus- ja arendusteenused

33	Rendi- ja kasutusrenditeenused
34	Riigihalduse ja -kaitse teenused; kohustusliku sotsiaalkindlustuse teenused
35	Haridusteenused
36	Tervishoiuteenused

Allikas: (Sümmeetriline ...)



**Lisa 2. Sümmeetrilise sisend-väljundtabeli vahetarbimise osa valitud 36 toote ja teenuse korral**

Jrk nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1	132,82	2,60	0,00	0,00	292,36	14,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,03	0,00	0,53	0,05	0,14	12,89	0,02	0,00	0,00	0,03	0,01	0,62	0,19	0,00	0,21	0,11	0,93	0,96	0,17	
2	0,00	56,30	0,00	0,42	0,06	0,00	210,08	17,49	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,19	0,02	0,35	0,02	0,09	0,22	0,32	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,38	0,00	0,00	0,00	0,47	0,06	0,05
3	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	30,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	6,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,04	0,04
4	5,60	0,41	0,00	5,39	0,17	0,00	0,00	0,00	60,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	316,72	41,96	0,00	0,10	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	3,15	0,38	0,00	0,00	0,00	0,46	0,15	0,10
5	55,87	0,08	1,00	0,03	233,31	2,01	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00	0,11	0,11	1,26	3,27	0,29	0,15	111,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,07	0,23	3,20	0,00	0,05	0,54	3,40	11,25	2,42
6	0,43	0,70	1,48	0,68	1,22	144,40	0,07	0,55	0,19	0,38	0,00	2,27	7,33	25,07	0,87	0,00	1,75	0,57	3,35	1,98	0,25	0,84	2,78	0,39	0,06	0,13	0,10	0,02	0,86	0,98	0,53	0,01	10,36	2,12	0,66	1,90	
7	0,02	0,00	0,00	0,92	2,10	0,63	276,09	0,31	0,00	0,60	0,52	1,27	2,10	66,89	0,00	36,12	113,59	0,19	7,56	0,94	1,54	5,46	0,21	0,04	0,15	0,16	0,00	0,00	0,59	1,61	0,11	0,00	0,22	0,05	0,15	0,05	
8	0,38	0,25	0,05	0,36	24,43	3,00	6,99	26,38	0,04	0,00	1,83	1,82	0,54	5,72	0,26	0,92	0,18	0,08	16,72	4,35	0,22	0,74	2,77	0,08	0,05	0,47	1,68	0,51	0,95	0,34	0,66	0,10	0,79	1,00	3,81	2,04	
9	26,43	15,98	6,92	13,49	8,37	1,08	5,16	0,64	1,50	2,56	0,00	0,22	0,28	6,26	1,40	24,72	50,92	3,69	14,45	3,51	129,59	9,81	0,85	0,20	0,58	0,92	0,34	0,14	2,26	1,42	1,84	0,29	5,32	6,94	3,74	1,87	
10	4,01	6,17	0,45	5,47	22,85	4,58	15,73	1,76	2,97	146,06	10,44	39,13	12,86	18,03	13,57	8,70	125,68	5,15	10,74	0,24	1,57	13,49	0,20	0,00	0,00	0,25	0,28	0,00	12,76	0,00	3,02	0,04	7,83	35,91	1,03	0,31	
11	0,48	0,28	0,23	0,04	0,06	0,63	0,13	0,19	0,19	0,00	499,77	14,20	6,07	0,92	0,73	0,37	8,17	3,83	4,19	1,62	0,00	1,24	0,51	0,70	17,35	2,92	1,85	0,03	1,56	1,11	1,08	0,62	0,43	3,43	2,03	3,88	
12	0,90	0,95	0,15	1,15	0,00	0,57	0,24	0,01	0,16	1,21	103,11	200,38	24,76	2,36	3,13	15,16	32,09	8,31	14,31	0,00	1,17	3,91	0,54	0,05	0,72	0,38	0,42	0,03	7,84	1,15	1,07	0,21	3,42	0,43	0,97	0,37	
13	1,29	2,23	0,04	2,74	0,59	0,12	0,41	0,04	0,11	0,16	1,03	0,00	60,38	0,37	0,30	0,00	3,32	41,97	4,45	0,01	43,36	0,85	0,00	0,11	0,03	0,00	0,24	0,00	0,36	0,00	0,28	0,03	6,39	2,39	0,27	0,15	
14	0,17	0,45	0,02	0,29	0,04	0,64	1,85	0,07	0,03	0,70	0,63	0,09	0,28	30,37	0,35	0,43	0,77	0,17	3,89	1,03	0,10	0,38	2,31	0,27	0,23	0,04	2,63	0,02	3,53	1,07	0,45	0,75	3,63	3,35	6,47	34,90	
15	6,97	4,06	4,79	6,56	5,92	1,48	12,02	1,35	4,37	7,02	1,16	1,74	2,07	2,01	25,03	11,30	7,92	0,89	4,58	4,53	14,15	10,30	2,29	0,21	0,00	0,00	0,68	0,29	2,64	0,00	0,15	0,12	17,17	4,22	0,82	3,44	
16	17,08	1,14	0,86	18,64	30,93	8,91	25,76	27,70	10,87	13,28	1,25	4,43	2,63	9,61	2,02	117,83	10,74	7,26	10,83	43,74	6,10	39,28	22,76	0,88	5,85	1,79	2,70	0,48	39,53	2,25	1,85	2,49	2,56	20,37	34,49	11,96	
17	6,28	3,06	0,03	0,86	0,98	0,24	1,64	0,00	0,74	4,79	0,00	0,05	0,08	0,11	0,20	3,11	80,44	0,45	4,14	6,18	1,69	11,04	2,67	0,05	7,99	1,00	1,79	0,05	105,29	0,35	2,75	0,62	0,24	91,43	5,41	3,45	
18	0,95	1,05	0,19	1,07	3,00	0,84	4,91	0,32	0,22	0,35	0,31	2,37	1,27	1,62	0,52	0,83	9,40	8,24	14,54	1,89	95,61	4,04	1,07	0,03	0,17	0,54	1,41	0,47	1,23	0,15	0,48	0,06	8,15	2,89	0,82	0,59	
19	27,29	17,29	1,52	6,99	53,75	6,67	78,38	6,17	2,47	29,61	0,23	2,51	3,01	19,36	7,44	22,12	93,75	1,46	55,62	0,00	22,27	4,63	21,77	0,56	0,41	1,44	1,59	0,28	13,79	2,17	3,10	1,02	6,43	5,87	8,72	17,36	
20	5,57	2,78	0,65	1,78	5,35	0,47	5,22	0,36	0,41	7,18	0,44	0,94	0,20	1,21	1,16	0,81	17,98	1,04	1,49	1,10	11,72	1,14	5,41	0,21	0,15	0,48	0,28	0,11	3,71	0,77	0,87	0,39	2,36	2,11	3,04	1,22	
21	3,96	21,78	0,15	12,97	53,49	6,53	58,12	6,09	4,21	17,43	4,79	3,49	7,03	16,92	2,48	5,49	82,95	4,80	100,61	25,96	67,86	181,18	3,64	0,13	0,00	1,07	0,22	0,01	3,43	3,38	0,79	0,66	7,20	4,45	5,76	1,17	
22	3,32	33,06	4,92	6,60	12,09	2,23	8,40	5,69	1,46	3,86	2,34	0,00	1,70	5,59	7,63	4,56	3,32	3,06	127,12	0,00	187,00	467,36	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,01	2,31	0,00	0,00	0,07	28,39	0,00	0,08	0,22	
23	0,04	1,73	0,26	0,03	0,67	0,18	0,72	0,10	0,07	1,45	0,60	0,57	0,43	0,53	2,34	0,08	6,84	0,37	5,69	1,22	5,11	1,99	1,16	0,70	0,66	4,89	1,46	0,21	0,60	2,99	0,51	1,52	0,22	15,94	14,44	4,21	
24	0,18	0,41	0,00	0,00	0,32	0,06	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,14	0,16	2,71	0,16	0,00	0,16	2,68	33,85	10,24	0,75	0,90	0,27	0,05	5,76	0,97	0,06	1,90	1,27	0,68	0,21	
25	1,97	3,68	0,34	0,52	3,91	1,41	6,22	0,48	0,16	2,64	14,57	0,84	0,72	1,25	0,18	4,56	10,07	1,79	21,49	6,61	7,39	11,64	2,71	7,93	265,68	15,78	5,55	2,16	8,46	3,85	2,03	0,95	0,52	3,51	3,56	1,76	
26	0,03	1,60	0,01	0,72	1,71	0,66	0,64	0,35	0,11	1,81	3,70	0,00	0,31	0,38	0,01	5,12	2,09	3,74	22,39	6,72	4,22	5,75	1,65	0,88	14,13	36,57	12,81	2,80	2,86	16,27	3,41	1,98	1,57	16,52	3,25	2,87	
27	4,88	3,46	0,74	0,84	4,74	2,31	4,91	0,80	0,70	2,74	2,99	1,62	1,11	1,95	0,87	12,49	15,43	5,01	17,60	28,26	5,23	6,69	4,79	0,27	3,83	1,66	53,70	8,49	7,47	4,40	2,25	0,37	13,49	9,27	1,23	1,82	
28	0,30	0,03	0,03	0,02	0,45	0,42	1,33	1,04	0,11	0,13	0,12	0,15	0,13	0,49	0,16	1,19	4,58	1,09	9,11	0,73	11,48	4,41	1,04	0,07	0,12	0,49	5,01	7,50	9,28	2,89	1,02	0,14	0,42	1,55	0,77	0,72	
29	1,94	5,06	0,25	0,88	7,85	8,08	10,27	1,53	0,00	10,74	5,44	3,49	5,82	7,38	6,52	6,95	11,50	29,56	86,25	168,06	8,02	48,40	58,94	0,87	6,75	14,43	17,38	3,38	64,64	20,32	8,48	3,39	5,81	20,87	14,81	8,01	
30	1,37	4,28	1,29	2,30	20,72	7,89	12,91	4,48	5,11	2,86	12,14	8,91	5,54	8,57	21,52	13,89	14,60	14,56	39,44	26,56	12,60	16,90	8,90	2,53	27,50	14,04	22,17	1,43	30,75	41,91	7,79	1,83	9,16	17,74	2,91	2,45	
31	0,67	4,15	0,01	0,00	1,31	0,67	0,07	0,46	0,22	0,00	1,58	0,00	0,64	0,11	4,91	8,62	131,03	1,26	5,85	0,00	6,75	2,17	0,04	0,26	0,11	0,95	0,10	0,01	1,88	1,64	43,08	0,99	0,37	8,58	1,64	1,81	
32	0,08	0,12	0,00	0,56	0,33	0,13	0,38	0,00	0,43	0,00	0,00	0,26	0,74	0,04	0,00	0,82	0,00	0,17	0,76	0,00	0,99	0,00	0,10	0,02	0,35	1,90	0,00	0,00	0,01	0,51	1,21	10,26	0,00	5,46	3,13	0,29	
33	1,15	2,18	0,87	0,77	5,76	1,56	2,26	0,25	0,29	10,30	5,46	2,26	0,18	0,80	1,42	12,10	31,44	1,28	23,58	6,09	29,43	24,65	5,02	1,00	2,13	7,18	4,85	3,68	6,67	5,31	3,43	1,29	7,78	2,73	3,42	2,87	
34	0,35	0,12	0,83	0,16	0,99	0,16	0,50	0,08	0,08	0,35	0,13	0,14	0,08	0,17	0,12	1,12	3,21	2,24	1,62	1,12	1,01	1,12	0,39	2,62	2,92	0,19	0,01	0,01	2,03	4,35	0,25	0,33	0,33	5,63	0,12	0,31	
35	0,21	0,07	0,01	0,18	1,08	0,21	0,30	0,02	0,07	0,29	0,23	0,67	0,03	0,16	0,23	1,08	0,97	0,48	1,31	1,37	1,64	1,03	0,54	0,08	1,49	1,01	2,83	1,99	0,26	0,80	0,37	1,92	0,17				

### Lisa 3. Põhiteksti toetav tekstiosa – töö käik Excelis modulaarsuse maksimeerimisel

Kuna andmed olid juba esitatud naabusmaatriksi kujul, oli esimeseks sammuks ooteväärtuste leidmine. Selleks leiti sisend-väljundtabeli kõikidele ridadele ja kõikidele veergudele nende summad ning maatriksi kogusumma saamiseks liideti kokku kõik ridade summad. Summade leidmiseks võeti appi Exceli funktsiooni *SUM*. Edasi kasutati antud töö teises peatükis välja toodud ooteväärtuste valemit ehk valemit 2, mis võimaldas iga naabusmaatriksi elemendi jaoks leida selle ooteväärtuse.

Seejärel kasutati modulaarsuse maksimeerimiseks valemit 1, mis tähendab, et kõigepealt lahutati esialgsest naabusmaatriksist saadud ooteväärtuste maatriks ning saadud tulemus omakorda korrutati binaarse muutujaga  $X_{ij}$ -ga, mille eesmärk oli näidata, kas kaks tippu kuuluvad ühte kogukonda või mitte.

Binaarse tunnusega kaasnevate kitsenduste jaoks tuli Excelis kasutada mitmeid valemeid. Reflektiivsuse kitsenduse, mis võttis arvesse, et iga tipp kuulub endaga samasse kogukonda, jaoks kasutati binaarsete muutujate maatriksit. Ühte kogukonda kuuluvate tippude korral on maatriksi elemendi väärtus üks, seega on element võrdne ühega ka sellisel juhul, kui on tegemist iseendaga samasse kogukonda kuulumisega. Kitsenduse kirja panemiseks kasutati Excelis funktsiooni *INDEX*, mis tagastab soovitud lahtri tabelist. Laused *INDEX* funktsiooni jaoks on:

$$= INDEX(\text{massiiv}; \text{rea number}; \text{veeru number})$$

Seega määratakse vajaliku lahtri rea ja veeru numbrid ning massiiv, millest soovitakse lahtri väärtust saada. Näiteks on määratud lahtrite rea ja veeru numbrid vastavalt 1 ja 1, 2 ja 2 jne. Seejärel kopeeriti valemit 36 korda ehk vastavalt maatriksi ridade arvule ning lahtrite tagastatud väärtused pandi võrduma ühega, et tagada esimese kitsenduse täitmine.

Sümmeetrilisuskitsenduse jaoks transponeeriti ehk vahetati binaarsete muutujate maatriksi read ja veerud kasutades Exceli funktsiooni *TRANSPOSE*. Kui kaks maatriksit on sümmeetrilised, siis transponeerimisel langeb transponeeritud maatriks kokku esialgse maatriksiga, seega pandi teise kitsendusena esialgne maatriks võrduma saadud maatriksiga.

Enim tuli tööd teha kolmanda kitsendusega, millega tagatakse, et moodustatakse vaid terved kogukonnad. Matemaatiliselt nägi kolmas kitsendus välja järgmine:

$$\begin{cases} X_{ij} + X_{ju} - 2 * X_{iu} \leq 1 \\ X_{iu} + X_{ij} - 2 * X_{uj} \leq 1 \\ X_{ju} + X_{ui} - 2 * X_{ji} \leq 1 \end{cases}$$

Kuna kitsendusi on antud ülesande puhul umbes 46 656, on Excelisse nende käsitsi kirja panemine märkimisväärselt keeruline ja ajamahukas. Selliste kitsenduste hulgas on kasutuid ridasid, mis näiteks võtavad arvesse, et tipp kuulub isenendaga samasse kogukonda.

Protsess sooviti muuta võimalikult automaatseks, mistõttu oli vaja Excelis teha mitmeid samme, mille tulemusi kajastab joonis 12, mis kujutab kolmanda kitsenduse esimest neljakümmet rida Exceli tööfailis. Et kõik numbrikombinatsioonid, mida on võimalik moodustada valemi 5 põhjal, saaksid rahuldatud, oli vaja tekitada kolm veergu, kus numbrid jookseksid 1st 36ni erineva tempoga. Sellised veerud joonisel 12 on veerud B, C ja E.

Esiteks tekitati veergu A numbrid 1st 1296ni ning seda 36 korda üksteise alla. Veergu H pandi jooksmas numbrid 1st kuni 46 656ni ehk täpselt nii palju, kui on ülesandel kitsendusi.

Veergu B loodi numbrid 1st 36ni tsükliga, kus lahtri väärtus muutub iga 36 rea järel. Selleks kasutati Exceli funktsiooni *INT*, mis ümardab arvu allapoole lähima täisarvuni ehk tagastatakse arvu täisosa. Lausend *INT* funktsiooni jaoks on järgmine:

$$= INT(number)$$

Antud juhul sisestati funktsiooni jagatis, kus jagatavaks oli väärtus veerust A ja jagajaks 36. Seni, kuni jagatis jääb alla 1, ümardatakse tulemus 0ni, mis on allapoole jääv lähim täisarv. Kuna arv 0 on kitsenduse koostamisel kasutu, lisatakse valemisse liidetav 1. Seega on veeru B jaoks koostatud valem lahtris B1:

$$= MOD(A1/36) + 1$$

Seejärel tekitati veergu C numbrid 1st 36ni nii, et lahtri väärtus muutub iga 36 rea järel. Selleks kasutati Exceli funktsiooni *MOD*, mis võimaldab jagada arve tagastades vastusena üksnes jäägi. Lausend *MOD* funktsiooni jaoks on järgmine:

$$= MOD(number, jagaja)$$

Funktsiooni *MOD* kasutamisel oli numbriks veeru A väärtus ning jagajaks 36. Funktsiooni poolt tagastatud jäägile liideti 1 ning lõplik valem lahtri C1 korral oli:

$$= MOD(A1; 36) + 1$$

Veerus E muutub lahtri väärtus iga 1296 rea järel. Selleks kasutati samuti *INT* funktsiooni. Erinevus võrreldes valemiga veerus B on, et jagatavaks on veeru H väärtus ja jagajaks arv 1296. Seega on lahtris E1 valem:

$$= INT(A1/1296) + 1$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	2	-2	1	<=	1	1
2	2	1	3	0	1	<=	1	2
3	3	1	4	-2	1	<=	1	3
4	4	1	5	0	1	<=	1	4
5	5	1	6	-2	1	<=	1	5
6	6	1	7	-2	1	<=	1	6
7	7	1	8	-2	1	<=	1	7
8	8	1	9	-2	1	<=	1	8
9	9	1	10	-2	1	<=	1	9
10	10	1	11	-2	1	<=	1	10
11	11	1	12	-2	1	<=	1	11
12	12	1	13	-2	1	<=	1	12
13	13	1	14	-2	1	<=	1	13
14	14	1	15	-2	1	<=	1	14
15	15	1	16	-2	1	<=	1	15
16	16	1	17	-2	1	<=	1	16
17	17	1	18	-2	1	<=	1	17
18	18	1	19	-2	1	<=	1	18
19	19	1	20	-2	1	<=	1	19
20	20	1	21	-2	1	<=	1	20
21	21	1	22	-2	1	<=	1	21
22	22	1	23	0	1	<=	1	22
23	23	1	24	-2	1	<=	1	23
24	24	1	25	-2	1	<=	1	24
25	25	1	26	-2	1	<=	1	25
26	26	1	27	-2	1	<=	1	26
27	27	1	28	-2	1	<=	1	27
28	28	1	29	-2	1	<=	1	28
29	29	1	30	-2	1	<=	1	29
30	30	1	31	-2	1	<=	1	30
31	31	1	32	-2	1	<=	1	31
32	32	1	33	-2	1	<=	1	32
33	33	1	34	-2	1	<=	1	33
34	34	1	35	-2	1	<=	1	34
35	35	1	36	-2	1	<=	1	35
36	36	2	1	1	1	<=	1	36
37	37	2	2	1	1	<=	1	37
38	38	2	3	1	1	<=	1	38
39	39	2	4	0	1	<=	1	39
40	40	2	5	1	1	<=	1	40

Joonis 12. Kolmanda kitsenduse esimesed nelikümmend rida Exceli tööfailis

Kolmanda kitsenduse ehk valemi 5 vasaku poole 40 esimest rida kujutab joonisel 12 veerg D. Kitsenduse kirja panemiseks kasutati väärtusi veergudest B, C ja E. Kuna eesmärgiks on väärtuste leidmine binaarsete tunnuste maatriksist, kasutati Exceli funktsiooni *INDEX*. Funktsiooni rakendati valemis kolm korda:

1. esiteks otsiti maatriksist väärtused, mille rea number asub veerus G ja veeru number veerus C – näiteks tagastati joonisel 12 esimese rea korral maatriksist väärtus, mis asus esimese rea ja teise veeru ristumiskohas;

2. teiseks otsiti maatriksist väärtused, mille rea number asub veerus C ja veeru number veerus E – näiteks tagastati joonisel 12 esimese rea puhul maatriksist väärtus, mis asub teise rea ja esimese veeru ristumiskohas;
3. kolmadaks otsiti maatriksist väärtused, mille rea number asub veerus B ja veeru number veerus E – näiteks tagastati joonisel 12 esimese rea puhul maatriksist väärtus, mis asub esimese rea ja esimese veeru ristumiskohas. Lähtudes valemist 5, korrutati kolmas funktsioon läbi -2ga.

Kitsenduse vasak pool veerus D pandi kirja seega järgmise valemiga (tabeli asukoht on näites asendatud sõnaga „massiiv”):

$$= INDEX(massiiv; B1, C1) + INDEX(massiiv; C1, E1) - 2 \times INDEX(massiiv; B1; E1)$$

Kuna valemi 5 kohaselt peab võrratuse vasak pool olema väiksem-võrdne ühest, siis tuleb tekitada ühtede veerg (joonisel 7 veerg G).



## Lisa 5. Kauguse läve meetodi ja tarkvara Gephi ühildamisel saadud kogukonnad

Nr	Kogukonnad toodete ja teenuste kaupa
1.	Põllumajandustooted Toiduained; joogid; tubakatooted Majutusteenused; toitlustusteenused Paber ja pabertooted Kalandustooted Hulgimüügiteenused
2.	Metsandustooted Tekstiilitooted; rõivad; nahk ja nahatooted Puit ning puit- ja korktooted, v.a mööbel; õlgedest ja punumismaterjalidest tooted Mööbel; muud tööstustooted Tervishoiuteenused
3.	Kivisüsi ja pruunsüsi; toornafta ja maagaas; metallimaagid; muud kaevandussaadused Elektrienergia, gaas, aur ja õhu konditsioneerimine Haridusteenused
4.	Ehitised ja ehitustööd Kinnisvarateenused Jaemüügiteenused Õigusabi- ja arvepidamisteenused; peakontoritteenused; juhtimisalased nõustamisteenused Riigihalduse ja -kaitse teenused; kohustusliku sotsiaalkindlustuse teenused Elektriseadmed Rendi- ja kasutusrenditeenused Metalltooted, v.a. masinad ja seadmed Arvutid, elektroonika- ja optikaseadmed Masinate ja seadmete remondi- ja paigaldusteenused Arhitekti- ja inseneriteenused; teimimise- ja analüüsiteenused Telekommunikatsiooniteenused Arvutiprogrammide programmeerimis-, nõustamis- ja nendega seotud teenused; teabeteenused Finantsteenused Teadus- ja arendusteenused Filmi, video, telesaate tootmisteenus; helisalvestised, heliteoste avaldamine; ringhäälinguteenused Kindlustus-, edasikindlustus- ja pensionifonditeenused
4.	Koks ja puhastatud naftatooted Mootorsõidukid, haagised ja poolhaagised Ladustamisteenused ja veonduse abistavad teenused Mootorsõidukite ja mootorrattaste hulgi- ja jaemüügi- ning remonditeenused Maismaaveondusteenused

**Lisa 6. Sisend-väljundtabeli kogu vahetarbimise osa põhjal Gephi poolt moodustatud kogukonnad toodete ja teenuste kaupa**

Nr	Kogukonnad toodete ja teenuste kaupa
1.	<p>Metsandustooted  Tervishoiuteenused  Puit ning puit- ja korktooted, v.a mööbel; õlgedest ja punumismaterjalidest tooted  Mööbel; muud tööstustooted  Põhifarmaatsiatooted ja ravimpreparaadid</p>
2.	<p>Põllumajandustooted  Toiduained; joogid; tubakatooted  Tekstiilitooted; rõivad; nahk ja nahatooted  Kemikaalid ja keemiatooted  Kummi- ja plasttooted  Majutusteenused; toitlustusteenused  Hoolekandeesutuste teenused; sotsiaalhoolekandeteenused ilma majutuseta  Kalandustooted  Hulgimüügiteenused</p>
3.	<p>Mootorsõidukite ja mootorrataste hulgi- ja jaemüügi- ning remonditeenused  Maismaaveondusteenused  Ladustamisteenused ja veonduse abistavad teenused  Rendi- ja kasutusrenditeenused  Reisibüroode, reisikorraldajate jm broneerimisteenused  Koks ja puhastatud naftatooted  Mootorsõidukid, haagised ja poolhaagised  Õhustransporditeenused  Veetransporditeenused</p>
4.	<p>Filmi, video, telesaate tootmisteenus; helisalvestised, heliteoste avaldamine;  ringhäälinguteenused  Telekommunikatsiooniteenused  Finantsteenused  Kindlustus-, edasikindlustus- ja pensionifonditeenused  Finants- ja kindlustusteenuste abiteenused  Kinnisvarateenused  Õigusabi- ja arvepidamisteenused; peakontoritteenused; juhtimisalased nõustamisteenused  Arhitekti- ja inseneriteenused; teimimise- ja analüüsisteenused  Teadus- ja arendusteenused  Reklaami- ja turu-uuringute korraldamise teenused  Muud kutse-, teadus- ja tehnikaalased teenused; veterinaariateenused  Turva- ja juurdlusteenus; hoonete ja maastike hooldusteenus; büroohaldus- ja ettevõtluse abiteenused  Riigihalduse ja -kaitse teenused; kohustusliku sotsiaalkindlustuse teenused  Loom- ja meelelahutusteenus; raamatukogu, muuseumi jm asutuse teenus; hasartmängu korraldamisteenus</p>



	<p>Sporditeenused ja lõustus- ning vabaajateenused</p> <p>Muud isikuteenused</p> <p>Paber ja pabertooted</p> <p>Kanalisatsioon; jäätme- ja saastekäitlus</p> <p>Posti- ja kulleriteenused</p> <p>Kirjastusteenused</p> <p>Arvutiprogrammide programmeerimis-, nõustamis- ja nendega seotud teenused; teabeteenused</p> <p>Arvutite ja tarbe- ning majakaupade parandusteenused</p> <p>Tööhõiveteenused</p> <p>Organisatsioonide teenused</p> <p>Trüki- ja salvestusteenused</p> <p>Arvutid, elektroonika- ja optikaseadmed</p>
5.	<p>Elektriseadmed</p> <p>Ehitised ja ehitustööd</p> <p>Muud mittemetalletest mineraalidest tooted</p> <p>Metallid</p> <p>Metalltooted, v.a. masinad ja seadmed</p> <p>Mujal klassifitseerimata masinad ja seadmed</p> <p>Muud transpordivahendid</p> <p>Masinate ja seadmete remondi- ja paigaldusteenused</p>
6.	<p>Jaemüügiteenused</p> <p>Haridusteenused</p> <p>Kivisüsi ja pruunsüsi; toornafta ja maagaas; metallimaagid; muud kaevandussaadused</p> <p>Elektrienergia, gaas, aur ja õhu konditsioneerimine</p> <p>Looduslik vesi; veepuhastus- ja varustusteenused</p>
7.	<p>Kodumajapidamiste teenused tööandjatena; oma tarbeks toodetud kaubad ja osutatud teenused</p>