

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond

Toomas Kristin 162791IABM

Äriarhitektuuri struktuurse keerukuse mõõtmise finantsarvestussüsteemi uuendamise näitel

Magistritöö

Juhendaja: Andres Kütt

Tallinn 2018

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

(kuupäev)

/allkirjastatud digitaalselt/

Annotatsioon

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on uurida äriarhitektuuri keerukuse mõõtmist matemaatiliste meetoditega ning võrrelda saadud tulemust kognitiivsel teel määratuga. Uurimisel kasutatavaks meetodikaks on Kaushik Shina poolt koostatud väitekirj, mis keskendub peamiselt teoreetilisele raamistikule projekteeritud süsteemide struktuurse keerukuse kvantifitseerimisel ja ühendatud süsteemide disaini keerukusepõhisele paradigmale. Püstitatud hüpoteeside kontrollimiseks rakendati väitekirjas kirjeldatud meetodikat, et välja selgitada, kas lahenduse disainimise algfaasis antud kognitiivne hinnang loodava äriarhitektuuri keerukusele kattub kvantifitseerimise meetodil saadud tulemustega. Tulemuste erinevuse korral oli eesmärgiks analüüsida tulemuste lahknevuste põhjuseid.

Eesmärgi saavutamiseks võeti aluseks äriarhitektuur, kus ettevõttel on vajadus välja vahetada finantsarvestuse tarkvara ja loodi kolm alternatiivset lahendust, millest igaüks mõjutab olemasolevat äriarhitektuuri erinevalt. Kõigile neljale äriarhitektuurile arvutatakse struktuurne keerukus ja võrreldakse saadud tulemust kognitiivsel teel antud hinnanguga.

Kognitiivsel teel antud hinnangu ja kvantifitseerimise meetodil saadud struktuurse keerukuse muutumise võrdlemisel selgus, et need erinevad üksteisest. Keerukuse hindamiseks peab vaatleja suutma mõista tervet struktuuri limiteeritud aja jooksul, seda enam võib pidada üllavaks tähelepanekut, kui kergelt kiputakse hindama terviku keerukust, kui samas valmistab raskusi üksikute elementide ja seoste keerukuste hindamine. Uurimistöö tegemisel selgus ka, et puuduvad integreeritud töövahendid struktuurse keerukuse mõõtmiseks ja juhtimiseks. Ilmnes, et keerukus ei ole lihtsalt keerukus, vaid oluline on üheselt määratleda keerukuse mõõtmise vaatekoht. Mehaaniliste süsteemide puhul võivad struktuurist tulenevad süsteemi loomise, tootmise, parandamise keerukused olla erinevad. Need kõik on sama struktuuri kohta kehtivad erinevad keerukuse tahud, mis väljendavad erinevaid keerukusi ja on väga tihedalt teineteisega seotud.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 73 leheküljel, millest [5] on lisad. Töös on lisaks sissejuhatusele ja kokkuvõttele [5] peatükki, koostatud on [17] joonist ja [16] tabelit.

Abstract

The purpose of this thesis is to study the measurement of complexity of a business architecture using mathematical methods and to compare the results with cognitive evaluation. The quantitative method chosen for this research is based on a thesis created by K. Shina, which focuses on a theoretical framework related to complexity-based design paradigm of interconnected systems. In order to validate the postulated hypothesis, the expected complexity of a business architecture was calculated using the quantitative method and compared to the cognitive estimate given in the early stages of the solution design.

The analysis was conducted in context of replacing an existing financial accounting software with three possible alternatives, each one having a different impact on the complexity of the resulting business architecture. It was assumed that company is using on-premises application currently and alternative solutions are on-premises, SaaS and outsourcing of financial accounting. For all four resulting business architectures the structural complexity was calculated and compared to the cognitive estimate. It was found that the results obtained by cognitive measurement and the quantitative method were actually different.

In order to evaluate the complexity, the evaluator was required to analyze the structure in a limited timeframe. It was surprising to see that there was a tendency to give an evaluation of the complexity of the entire structure quite easily, while evaluating the individual elements and relationships remained difficult.

During the study, it was found that there were no available integrated tools meant for measurement of structural complexity. It was found that when measuring complexity, it is important to accurately specify the point of measurement. In case of any systems complexity of creation, construction and modification of the system can be different. All listed aspects of complexity are different but tightly intercoupled aspects of structural complexity of a system.

The thesis is written in Estonian and contains 73 pages of text including [5] pages of extras. In addition to introduction and conclusion there are [5] chapters, [17] figures and [16] tables.

Sisukord

Sissejuhatus	8
2 Uurimustöö struktuur ja ülesehitus	10
3 Temaatika taust ja metoodika kirjeldus	11
3.1 Äriarhitektuur	11
3.2 Finantsarvestussüsteem	12
3.3 Keerukus ja selle mõõtmine	14
3.3.1 Struktuurne keerukus	17
3.3.2 Dünaamiline keerukus	19
3.3.3 Organisatsiooni keerukus	20
3.4 Keerukuse maksumus	21
3.5 Arhitektuuri loomine	23
4 Kontseptuaalne finantsarvestuse äriökosüsteem	26
5 Äriarhitektuuri struktuurne keerukus	30
5.1 Praeguse äriarhitektuuri struktuurne keerukus	30
5.2 Äriarhitektuur keerukus uue majasise rakenduse puhul	36
5.3 Äriarhitektuuri keerukus tarkvara kui teenuse sisseostu puhul	40
5.4 Äriarhitektuuri keerukus finantsarvestuse teenusena sisseostu puhul	45
5.5 Äriarhitektuuri struktuurse keerukuse arvutuse kokkuvõtteks	50
6 Keerukuste võrdlus ja valiku tegemine	51
6.1 Alternatiivsete lahenduste võrdlus	52
6.1.1 Praegune olukord vs uus majasisene rakendus	52
6.1.2 Uus majasisene rakendus vs tarkvara kui teenus	53
6.1.3 Tarkvara kui teenus vs teenuse sisse ostmine	55
6.2 Meetodi rakendatavuse tugevused ja nõrkused	57
6.3 Soovitus metoodika rakendamiseks äriarhitektuuri keerukuse mõõtmisel	60
6.4 Miks hindasin keerukuse muutumist valesti	62
6.5 Keerukuse juhtimine	62
6.6 Edasised tegevused	65
Kokkuvõte	66
Kasutatud kirjandus	67
Lisad	69

Tabelid

Tabel 1: Praeguse äriarhitektuuri elemendid.....	32
Tabel 2: Seosed praeguses äriarhitektuuris	33
Tabel 3: Praeguse äriarhitektuuri DSM binaarmatriks.....	35
Tabel 4: Uue majasisese rakenduse äriarhitektuuri elemendid.....	37
Tabel 5: Seosed äriarhitektuuris uue majasisese rakenduse puhul	37
Tabel 6: DSM binaarmatriks uue majasisese äriarhitektuuri korral	39
Tabel 7: Äriarhitektuuri elemendid SaaS mudeli puhul	41
Tabel 8: Seosed äriarhitektuuris SaaS teenusemudeli puhul.....	42
Tabel 9: SaaS teenusemudelile vastav DSM maatriks	44
Tabel 10: Äriarhitektuuri elemendid teenuse sisseostu korral	46
Tabel 11: Äriarhitektuuri seosed teenuse sisseostu korral.....	47
Tabel 12: DSM binaarmatriks teenuse sisseostu korral.....	48
Tabel 13: Alternatiivsete lahenduste struktuurne keerukus	52
Tabel 14: Topoloogiate struktuurse keerukuse võrdlus	64
Tabel 15: Tööülesanded finantsarvestuses.....	72
Tabel 16: Finantsarvestuse tööülesannete DSM binaarmatriks.....	73

Joonised

Joonis 1: Uurimustöö struktuur.....	10
Joonis 2: Tüüpilised ERP süsteemi moodulid [1]	13
Joonis 3: Gartneri Magic Quadrant pilvepõhiste finantsjuhtimiskenduste kohta [6]	14
Joonis 4: Keerukuste omavahelised seosed [4].....	16
Joonis 5: Struktuurse keerukuse komponendid [3].....	18
Joonis 6: Hüpotetiline pumbasüsteem ja selle vastav DSM binaarmaatriks	18
Joonis 7: Hävitaja maksumus võrreldes kaitse-eelarve ja riikliku kogutoodanguga [3]	22
Joonis 8: Kontseptsioonide puu [13]	24
Joonis 9: Kontseptuaalne äriarhitektuur.....	28
Joonis 10: Praegune äriarhitektuur	31
Joonis 11: Äriarhitektuur uue majasisese rakenduse puhul	36
Joonis 12: Äriarhitektuur SaaS teenusmudeli puhul.....	41
Joonis 13: Äriarhitektuur allhanke korral.....	45
Joonis 14: Süsteemi- ja äriarhitektuuri omavaheline kooskõla [7]	58
Joonis 15: Molekuli struktuur.....	59
Joonis 16: Arhitektuurimudelite spekter topoloogilise keerukuse mõõtmisel [7].....	63
Joonis 17: Näide hajutatud, hierarhisest ja tsentraliseeritud graafist.....	64

Sissejuhatus

Nagu paljud asjad siin elus sai ka käesolev uurimistöö alguse juhusest. Nimelt juhtusin osalema vestlusringis, kus teemaks oli tarkvara elutsüklil ja sellega kaasnev mõju organisatsioonile. Kõik vestluses osalejad olid ühisel arvamusel selles osas, et tarkvara arengust tulenevate muutustega on vaja kaasas käia. Tuliseks läks vestlus siis, kui hakati arutlema erinevate lahenduste üle. Ühe osaleja arvates oli üks lahendus liiga keerukas ja teise arvates teine. Näiteks teatud lahendus on keerukas infotehnoloogiliselt ja teine on äriüksuse jaoks. Vestluses kuuldu pani mind enda jaoks mõttestama, kuidas keerukust kui sellist defineerida.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on uurida äriarhitektuuri keerukust ja selle mõõtmist, kas ja millisel määral keerukus on subjektiivne, mis keerukuse juures oleneb ainult vaatelejast või kas leidub võimalus paigutada keerukus skaalale, mis annaks küsimusele ühese vastuse. Uurimisel kasutatavaks metoodikaks on valitud Kaushik Shina poolt koostatud väitekiri, mis keskendub peamiselt teoreetilisele raamistikule projekteeritud süsteemide struktuurse keerukuse kvantifitseerimisel ja ühendatud süsteemide disaini keerukusepõhisele paradigmale. Väitekirjas kirjeldatud metoodikat rakendades saame teada, kas lahenduse disainimise algfaasis antud hinnang keerukuse kohta kattub kvantifitseerimise meetodil saadud keerukusega ning kui tulemused erinevad, siis millest võivad erinevused olla põhjustatud.

Esitatud küsimusele vastuse saamiseks on esmalt konstrueeritud reaalsest elust lähtuv olukord, milleks on ettevõtte vajadus välja vahetada majasiselt installeeritud finantsarvestuse tarkvara, kuna olemasoleval puudub tootjapoolne tugi ning selle tõttu on riskid suured. Kaheks olulisemaks neist on turva- ja ühilduvusrisk. Alternatiivseid lahendusi pakutakse välja kolm ja igaüks neist mõjutab olemasolevat äriarhitektuuri erinevalt. Alternatiivse lahenduse valiku otsustamise üheks tingimuseks on leida kõige madalama keerukusega lahendus. Lähteülesandena esitab arhitekt kolm lahendust koos keerukushinnanguga, sealhulgas, kuidas keerukus muutub võrreldes praeguse lahendusega. Keerukus arvutatakse kõigile neljale äriarhitektuursele lahendusele ning võrreldakse saadud tulemust kognitiivselt antud hinnanguga.

Töö esimeses osas on sissejuhatav ülevaade taustsüsteemi kohta, kus kirjutatakse lahti mõisted nagu äriarhitektuur, finantsarvestussüsteem, keerukus koos selle erivaatenurkadega ja põhjuste kirjeldusega, miks on vaja tegeleda keerukuse juhtimisega ning lõpuks arhitektuuri loomise metoodika. Sissejuhatusele järgnevas sisulises osas koostatakse äriarhitektuur hüpoteetilisele ettevõttele ja kirjeldatakse alternatiivseid lahendusi, milline võiks olla tulemus erinevate valikute korral. Kõigile kirjeldatud äriarhitektuuridele on valitud meetodil arvatud keerukused. Töö viimases osas analüüsitakse saadud tulemusi ja võrreldakse, kuivõrd esialgne hinnang kattus arvutuslikult saadud tulemusega ning erinevuste korral analüüsitakse erinevuste tekkimise põhjuseid. Uurimistöö tulemusena on välja toodud soovitusel ja ettepanekud tulevikuks, et keerukuse hindamine ja mõõtmine annaks võimalikult õige ja objektiivse tulemuse.

2 Uurimustöö struktuur ja ülesehitus

Uurimustöö struktuurses ülesehituses on viis peamist jaotist. Esimene jaotis kirjeldab ülesandepüstituse temaatikat. Teine jaotis kajastab ärivaldkonda, mille kohta töö on kirjutatud ja annab ülevaate töös kasutatud uurimismetoodikatest. Kolmandas jaotises toimub valitud äriarhitektuursetele lahendustele keerukuse arvutamine. Neljandas jaotises analüüsitakse arvutuste tulemusi. Viies jaotis on uurimustöö kokkuvõte. Uurimustöö struktuuri visualiseerib joonis „Joonis 1: Uurimustöö struktuur“.



Joonis 1: Uurimustöö struktuur

3 Temaatika taust ja metoodika kirjeldus

Selles peatükis kirjeldatakse äriarhitektuuri ja finantsarvestussüsteemi olemust, keerukuse mõõtmiseks kasutatavat metoodikat ja samme, mida tuleb astuda ideest arhitektuurse lahenduseni jõudmiseks.

3.1 Äriarhitektuur

Uurimustöö subjekti tutvustamiseks ja töö ulatuse määratlemiseks tutvustatakse selles peatükis äriarhitektuuri ja selle eesmärgi ettevõtluses. Ühtlasi loob see ettekujutuse ärivaldkonnast, mille keerukuse arvutamiseks antud uurimustöö on tehtud.

Tuginedes R. Rosasco ja J. Dehlingeri väidetele, on äriarhitektuuri eesmärk joondada ettevõtte ärilisi eesmärgi ja IT infrastruktuuri, kasutades selleks ettevõtte arhitektuuri raamistikke viisil, mis tagavad kasvu tulevikus. Potentsiaalsed ebakõlad ettevõtte strateegia ja IT infrastruktuuri vahel tuleb avastada võimalikult varajases faasis. See nõuab kontrollimist, kas strateegias kirja pandud eesmärgid kattuvad ettevõtte visiooni ja missiooniga, et peegeldada kõikide üksuste eesmärgi. [1]

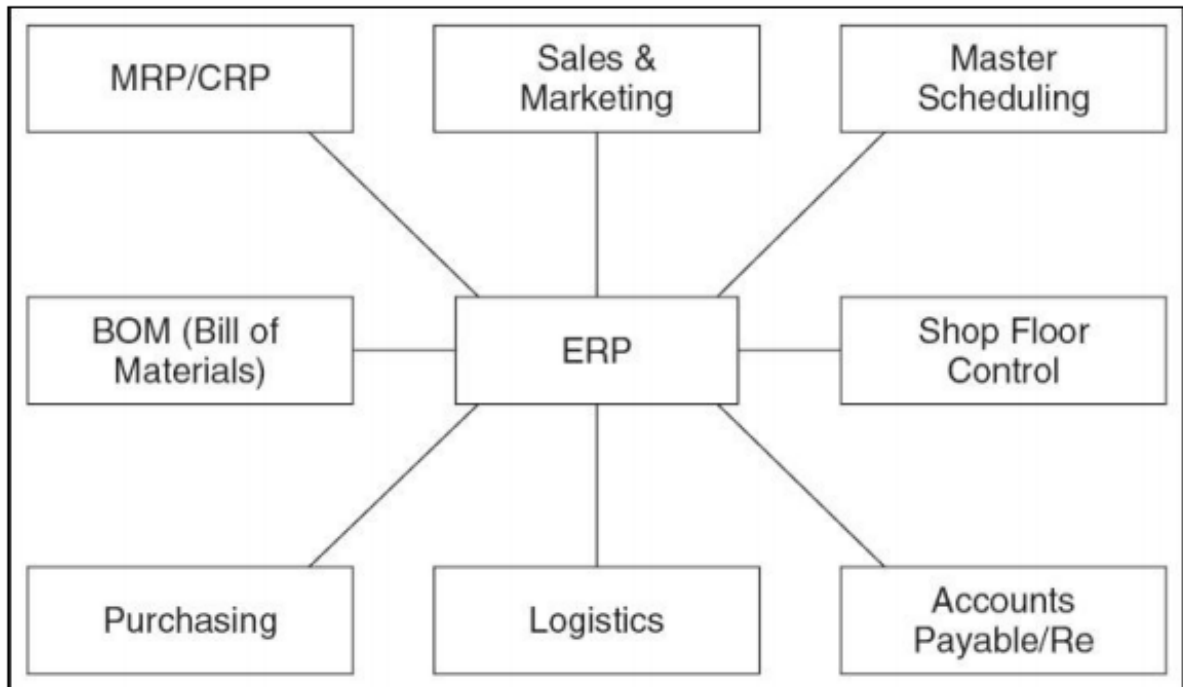
Äriettevõtted peavad oma IT infrastruktuuri strateegilisel planeerimisel olema kursis pidevate arengutega, mis puudutavad tarkvara, äristrateegiat ja protsesse. Ajast, mil Zachman töötas välja esimese raamistiku üksuste ja nendevaheliste seoste modelleerimiseks läbi erinevate ettevõtte äriarhitektuuri kihtide, on uurimused ja praktika loonud palju uusi teadmisi, kuidas juhtida ettevõtte arhitektuuri, sealhulgas äriarhitektuuri. Tänapäeval kasutavad paljud ettevõtted ettevõtte arhitektuuri juhtimist selleks, et paremini toetada strateegilise suunitlusega seotud ülesandeid, viia omavahelisse vastavusse äri ja IT ja hallata projektide portfelli. Ettevõtte arhitektuuri oluliste osade dokumenteerimine ja kaasaegsena hoidmine on aega ja pingutust nõudev ülesanne. Ühtlasi on vaja omavahel siduda ja sünkroniseerida ettevõttes toimuvaid protsesse. Kuigi üha rohkem ettevõtteid laiendab oma ettevõtte arhitektuurialast tegevust ja juhtimist, ei võta nad sageli arvesse, et nende ettevõtte ei ole infotehnoloogia ja protsesside seisukohalt isoleeritud teistest ettevõtetest. Selle asemel peaksid nad tihendama koostööd oma äripartneritega, et keerulistes äriökosüsteemides tegutsedes edu saavutada. [2]

Ettevõtte äriökosüsteem kirjeldab ettevõttesisest ja ettevõtete vahelist võrgustikku, mis toodavad ühiselt terviklikku ja integreeritud tehnoloogilist süsteemi klientidele väärtuse loomiseks. Äriökosüsteem kui mõiste on tuletatud ettevõtluskonteksti bioloogiast. Nii nagu bioloogilised ökosüsteemid koosnevad paljudest eri liiki organismidest, millel on oma vajadused ja võime olla kasulik teistele organismidele, samuti mitmesugustest liikidevahelistest sõltuvustest, kujutavad ka äriökosüsteemid äriüksuste vahelisi võrgustikke, kus iga liige panustab ökosüsteemi üldisesse heaollu ja samas sõltub teiste edust. Vastastikune elus püsimine ja iga liikme edu on mõjutatud tervikliku ökosüsteemi poolt, mis on pidevas arengus. [3]

3.2 Finantsarvestussüsteem

Finantsarvestuse süsteem on tüüpiliselt ERP (lühend sõnadest *Enterprise Resource Planning*) lahenduse üks moodul, teisteks mooduliteks on eelarvestamine, personalihaldus, hanke- ja tellimuste haldamise moodul, projektijuhtimise moodul, kliendisuhtluse moodul CRM (lühend sõnadest *Customer Relationship Management*), laohalduse moodul ja olenevalt tarkvara loojast võib mooduleid olla rohkemgi. Finantsarvestussüsteemi eesmärk on võimaldada ettevõttel oma finantsvarade üle arvet pidada. Selle ülesande täitmiseks on finantsarvestuse süsteem sageli integreeritud nii väliste süsteemidega kui teiste ERP moodulitega. ERP moodulite hulk ja süsteemi sisearhitektuur on erinevatel tarkvara tootjatel erinev, kuid üldjuhul on kasutajatel võimalus kombineerida erinevate tarkvaratootjate poolt pakutavaid mooduleid selliselt, et lõpptulemus täidaks võimalikult ulatuslikult lõppkasutaja poolt seatud nõudeid ja ootusi. Joonisel „Joonis 2: Tüüpilised ERP süsteemi moodulid“ on ära toodud tüüpilised ERP süsteemi moodulid. [4]

Käesoleva uurimistöo skoobis on keskseks mooduliks finantsarvestuse süsteem, milles on pearaamat koos maksemooduliga ja, mis joonisel „Joonis 2: Tüüpilised ERP süsteemi moodulid“ kujutatud kui moodul *Accounts Payable/Re*.



Joonis 2: Tüüpilised ERP süsteemi moodulid [5]

Paljud maailma suurimad ettevõtted on asendamas majasisesest finantsarvestuse süsteemi pilvepõhise lahendusega (SaaS – *Software as a Service*). Traditsiooniline majasisene finantsarvestuse süsteem erineb pilvepõhisest selle poolest, et ettevõttel puudub vajadus investeerida seadmetesse ja inime tööjõudu, selleks et rakendust paigaldada, hallata ja töös hoida. Just SaaS teenusemudel on selgelt kujunenud eelistatud lähenemisviisiks finantsüsteemide üleviimisel pilvepõhisele lahendusele. Internetiühendusega personaalarvutist saab kasutada kogu rakenduse funktsionaalsust veebilehitseja vahendusel. Arvestades suurenevat mobiilsust ja kasvavat ligipääsu internetile saavutavad pilvepõhiste süsteemide kasutajad suurema tööviljakuse. [4]

Gartneri poolt avaldatud joonisel „Joonis 3: Gartneri Magic Quadrant pilvepõhiste finantsjuhtimissüsteemide“ on ära toodud finantsjuhtimissüsteemide paigutus 2017. aasta juuni seisuga.



Joonis 3: Gartneri Magic Quadrant pilvepõhiste finantsjuhtimisrakenduste kohta [6]

3.3 Keerukus ja selle mõõtmine

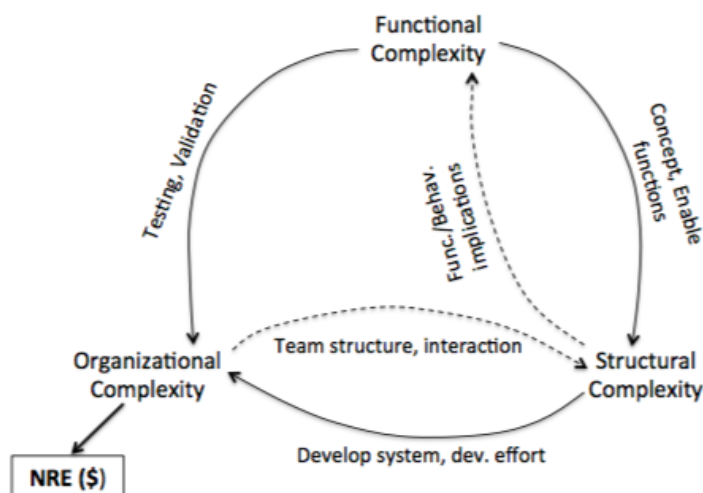
Tänapäevaste süsteemide disainimise ja hooldamise teevad väljakutset pakkuvaks asjaolud, et need on keerukad ja keerulised. Keerukate süsteemide all peetakse silmas süsteeme, mis on nii suured või detailsed, et nende toimimist ei suuda üksikisik mõista. Keerulise süsteemi all peetakse silmas süsteemi, kus süsteemi osad võivad põhjustada soovimatut käitumist, mida on raske ennetada, et tagada süsteemi ohutu ja usaldusväärne toimimine. [7] Struktuurse keerukuse juhtimise peamine eesmärk on hoida dünaamiline keerukus mõistetav ja kontrollitav [8].

McCabe väidab, et disaini keerukus on iseenesest mõistetav selleks, et ennustada disaini juurutamisele kuluvat aega ja maksumust. Ta ütleb, et enne implementatsiooniga jätkamist on vaja mõista selle keerukust. McCabe võtab kasutusele tsüklomaatilise keerukuse (cyclomatic complexity), milleks tarkvara keerukuse mõõduks on lineaarselt sõltumatud teekonnad rakenduse koodis. Seda meetrikat on laiendatud kui võrgustiku keerukust, mis mõõdab lineaarselt sõltumatuid tsükleid võrgustikus. Kui me mõtleme, et võrgustik on n sõlmpunktiga ja m seosega nende vahel, siis selle näite tsüklomaatilist keerukust saab arvutada valemiga $(m-n+1)$. [9]

Süsteemide keerukuse juhtimise heaks näiteks on Swiss kellameister, kes vähendas kellas olevate komponentide arvu 91'lt 51'le ja koosteoperatsioonide arvu 55'lt 29'le, elimineerides sellega 40 komponenti ja 26 koosteoperatsiooni, säilitades samas kella funktsionaalsed omadused. Nimetatud komponentide arvu vähendamine ja sellega seotud arhitektuursed muudatused viisid efektiivse keerukuse juhtimiseni, alandades tootmise maksumust. Uue lahenduse komponendid omavad suuremat multifunktsionaalsust ja on väiksemate ühenduste arvuga. Kuigi alles jäänud komponendid ja nende vahelised seosed muutusid keskmiselt keerukamaks, siis tsentraliseeritud arhitektuur tagas muudetud lahenduse väiksema keerukuse. Uuenduse üheks tagasilöögiks on demonteerimise võimaluse puudumine. [10]

Crawley defineerib keeruka süsteemi kui võrgustiku, millel on palju liideste kaudu omavahel ühendatud elemente, mille ülesandeks on tagada võrgustikus infovahetus ja infotöötlus. Ta rõhutab, et keerukus on absoluutne ja mõõdetav süsteemi omadus, mis ei sõltu vaatelejast. Vaatleja kognitiivne piirang keerukuse mõistmisel või suutlikkus sellega tegeleda määratleb juhitava keerukuse ülempiiri. Kui süsteem on keerulisem kui vaatleja suudab piiritletud ajavahemiku jooksul mõista, muutub süsteem liialt kalliks, et seda veakindlalt projekteerida, disainida ja juurutada. Crawley määratleb kolm keerukuse mõjutegurit: (1) võrgustiku osade ja nende liikide arv, (2) võrgustikus olevate ühenduste arv ja nende tüübid ning (3) võrgustike vaheliste ühenduste keerukus. Tasub tähele panna, et võrgustiku suurem sisemine keerukus tähendab suuremat liidese keerukust. Teisisõnu – kõik liidesed ei ole võrdsed ja erinevad liidesed on erineva keerukusega. Lihtne komponentide ja liideste kokku liitmine ei ole piisav keerukuse määramiseks. Crawley määratleb elemendina osa, mida ei saa lahutada, kui keerukuse mõõtmise aatomühik ja moodul on elementide kogu. Elemendid on ühendatud omavahel liidestega, milleks on üks neljast tüübist: relatsiooniline, topoloogiline, rakenduslik või operatiivne. Crawley eristab ka olulist, tajutavat ja tegelikku keerukust. Oluline keerukus on funktsionaalsuse saavutamiseks minimaalne vajalik keerukus. Praeguste teadmiste kohaselt puudub hetkel meetod, mis võimaldaks üheselt määrata süsteemi olulise keerukuse, arvestades kõikide funktsionaalsete nõuetega ja jõudluse kriteeriumitega. Tajutav keerukus on keerukus, mida vaatleja mõistab süsteemi mudelit vaadeldes teatud üldistuse tasemeni. Tegelik keerukus on süsteemi omadus, mis ei ole kunagi väiksem kui oluline keerukus, ning olulise keerukuse ja tegeliku keerukuse vahe on üleliigne keerukus. [11]

Eksisteerib kolm peamist keerukuse dimensiooni, mis tekivad süsteemise disaini loomise kontekstis – (1) struktuurne keerukus, (2) funktsionaalne keerukus ja (3) organisatoorne keerukus [12]. Seoseid loetletud keerukuste dimensioonide vahel kujutab visuaalselt tarkvaraarenduse äriarhitektuurne joonis „Joonis 4: Keerukuste omavahelised seosed“, kus „NRE (\$)“ (NRE – *Non-Recurrent Engineering*) tähistab unikaalset arendustööd [8].



Joonis 4: Keerukuste omavahelised seosed [13]

Struktuurse ja funktsionaalse keerukuse vahel valitseb tugev seos. Kui funktsionaalne keerukus iseloomustab süsteemi käitumist, mille tagab süsteemi arhitektuur, siis struktuurne keerukus iseloomustab süsteemi arhitektuuri, kuidas süsteemi komponendid on integreeritud ja selle kaudu süsteemi poolt pakutavat funktsionaalsuse tagavad. [8]

Süsteemi käitumist saame vaadata kui füüsilist protsessi ja funktsionaalne keerukus on selle füüsilise protsessi keerukus. Struktuurne keerukus on süsteemi ülesehituse keerukus, mis kujundab süsteemi dünaamilise keerukuse läbi süsteemi ebakindluse selle toimimise ajal ja läbi otsese sõltuvusstruktuuri süsteemi protsesside vahel. [8]

Süsteemi efektiivsuse piiride venitamine ja püüd disainida robustsemaid süsteeme kipub suurendama arhitektuuri keerukust [12]. Kui samal ajal on seatud eesmärgiks keerukuse vähendamine, ideaalis kuni määratlemata olulise tasemeni [14], on oluline tähele panna, et uued täiendavad funktsionaalsuse ja jõudluse nõuded viivad keerukust vastupidises suunas [12] [15]. Kavandavates keerukates süsteemides on jõudluse suurendamine ja keerukuse vähendamine vastandid [12].

3.3.1 Struktuurne keerukus

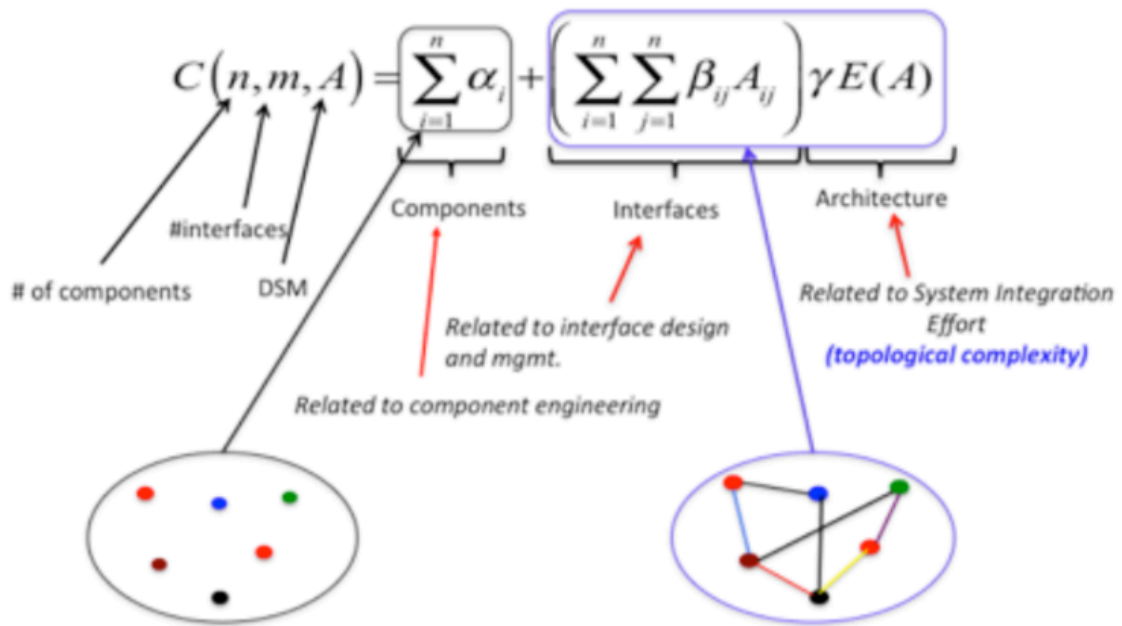
Nagu eelnevalt märgitud, on topoloogiline keerukus süsteemi ülesehituse keerukus. Selles peatükis vaadeldakse põhjalikumalt struktuurset keerukust ja uuritakse kavandatavat meetet struktuurse keerukuse mõõtmiseks, lahatakse selle koostisosi ja nende olulisi omadusi.

$$\text{Struktuurne keerukus, } C = C_1 + C_2 C_3$$

Esimene liidetav C_1 tähistab ainult üksikute komponentide keerukust (lokaalne mõju) ega sisalda infot struktuuri ja arhitektuuri kohta. Teisel liidetaval on kaks tegurit: (1) paariliste vahel olevate soeoste keerukuste summa, C_2 (kohalik efekt) ja (2) arhitektuuri mõju kui liideste C_3 (globaalne mõju) paigutus. Sama arvu liideste korral saab neid kujundada mitmesugustesse mustritesse ja ainuüksi liideste arv ise ei pruugi dikteerida, kuidas tuleks neid omavahel ühendada juhul, kui puuduvad täiendavad süsteemipiirangud. Sellest tulenevalt saame eeldada, et C_2 ja C_3 on teineteisest sõltumatud.

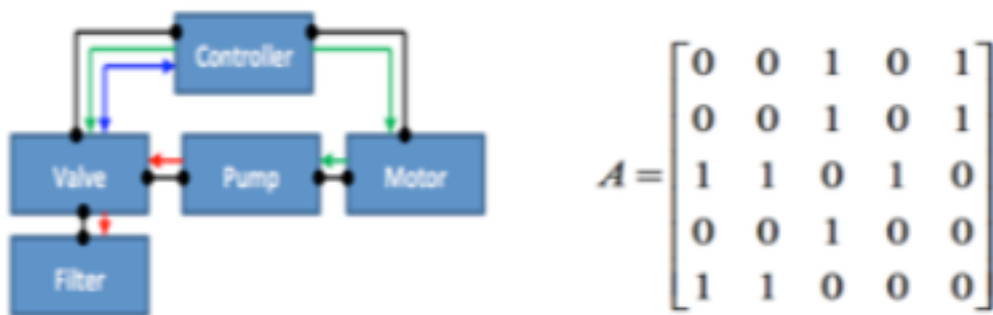
Topoloogilise keerukuse mõõtmiseks koostatakse DSM (lühend sõnadest *Design Structure Matrix*) maatriks. DSM maatriks on maatriks, mis kaardistab komponendid ja komponentide vahelised ühendused süsteemi struktuuris. Sisuliselt on tegemist süsteemi arhitektuuri kaardiga, kus igale reale ja veerule vastab üks süsteemi komponent, samas kui kastid näitavad komponentide vahelisi seoseid. DSM rakendamine on kasvava populaarsusega meetod süsteemse disaini kaardistamiseks. [16]

Struktuurse keerukuse arvutamise valemis olevate liidetavate olemust kirjeldatakse joonisel „Joonis 5: Struktuurse keerukuse komponendid“.



Joonis 5: Struktuurse keerukuse komponendid [8]

Toodud arvutusvalemi illustreerimiseks saab kasutada järgnevat näidet. Oletame, et meil on tegemist mehhaanilise pumbasüsteemiga. Vt. joonis „Joonis 6: Hüpotetiline pumbasüsteem“.



Joonis 6: Hüpotetiline pumbasüsteem ja selle vastav DSM binaarmatriks

Määrates komponentide keerukuste väärtused vektoris vastavalt {(controller=5); (pump=2); (valve=1); (filter=1); (motor=3)} saame süsteemi komponentide keerukuseks $C_1 = 5+3+2+1+1 = 12$. Järgnevalt arvutame ühendustega seotud keerukused. Määrates seoste keerukuste väärtused vektoris vastavalt {(musta värvi mehhaanilised ühendused=0,5); (punast värvi energia ülekande ühendused=2); (sinist värvi infovahetuse ühendused=1)}. Kuna mehhaanilised ja infovahetuse seosed on kahesuunalised, võetakse neid arvesse topelt ja saadakse seoste keerukuseks $C_2 = 2*5*0.5 + 1*5*1 + 2*1*1 = 12$. Konstrueerides DSM

binaarmaatriksi A graafi energia arvutamiseks, saadakse tulemuseks $E(A) = 5,6$. Pannes saadud väärtused valemisse, saadakse joonisel toodud pumbasüsteemi struktuurse keerukuse väärtuseks $C = 12+12*(5.6/5) = 25.44$.

Autorite Sinha ja de Weck väidete kohaselt on kirjeldatud struktuurse keerukuse arvutusmetoodika universaalne ja seda saab rakendada kõigil struktuuridel, millel saab määrata elemendi keerukuse, ühenduse keerukuse ja kus on võimalik kirjeldada elementide vaheline seoste struktuur.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on rakendada kirjeldatud struktuurse keerukuse mõõtmise metoodikat äriarhitektuuri keerukuse mõõtmiseks ja võrrelda saadud tulemust vaatleja poolt kognitiivselt määratud keerukusega. Crawley kirjelduse järgi on keerukus absoluutne ja mõõdetav süsteemi omadus, mis ei sõltu vaatlejast. Vaatleja kognitiivne piirang keerukuse mõistmisel määratleb juhitava keerukuse ülempiiri, siis uurimus püüab leida vastuse küsimusele, kas uurimisaluse äriarhitektuuri korral vaatleja poolt antud hinnang keerukusele ületab tema suutlikkust.

3.3.2 Dünaamiline keerukus

Selles peatükis kirjeldatakse funktsionaalset ehk dünaamilist keerukust.

Dünaamiline keerukus on keerukuse vorm struktuurist ja selles olevatest seosest, mis juhivad süsteemi toimimist. Väga keerukas või kompleksne süsteem võib käituda paljudel erinevatel viisidel või režiimides, kus režiimid on pigem spontaanselt lülitatud, mille tõttu kõrgem dünaamiline keerukus tähendab suuremat suutlikkust üllatuste pakkumiseks. [17] Dünaamiline keerukus on kaudselt süsteemi elukeskkonna funktsioon, milles süsteem peab toimima. Mis tahes süsteemi puhul võib märkimisväärne kõrvalekaldumine tegevuskeskkonnast muuta selle dünaamilist keerukust, olenevalt käitumise kõrvalekaldumise ulatusest. Suure käitumusliku ebakindluse tõttu võib süsteemil olla suur dünaamiline keerukus, mis on tingitud: (1) käitumusliku sõltuvuse struktuurist, (2) vastasmõju ebakindlusest struktuuris olevate elementide käitumisele või (3) mõlemal puhul. [8]

Dünaamilise keerukuse edukaks juhtimiseks süsteemi kavandamisel, väljatöötamisel ja kasutuselevõtul on oluline dünaamilise keerukuse nõuetekohane määratlemine.

Kujundatavate süsteemide kontekstis viitab dünaamiline keerukus süsteemi ootuspärase opereerimise tagamise keerukusele, mida mõjutab seda ümbritsev keskkond. Seetõttu võiks mõelda dünaamilisest keerukusest kui süsteemi opereerimist reguleerivate protsesside keerukusele. On arusaadav, et kõrgem dünaamiline keerukus tingib suurema tõenäosuse kõrvalekallete tekkimiseks, mis nõuab suuremat jõupingutust selle vähendamiseks. [17]

Dünaamiline keerukus on funktsioon kolmest põhikomponendist: (1) süsteemi reaktsioonide sisemine ebakindlus, (2) sisemine reaktsioonide vaheline ebakindlus ja (3) reaktsioonide edastamise struktuur. Süsteemi vastustes tekkivat ebakindlust saab veel rühmitada kahte liiki: (1) süsteemi reaktsioonide vastastikune seos, ja (2) ebakindlus süsteemi kui terviku reaktsioonides. [8] Väärtuse arvutamiseks saab kasutada juba struktuurse keerukuse arvutamisest tuttavat valemit,

$$\text{Dünaamiline keerukus, } C = C_1 + C_2 C_3$$

kus esimene tähis, C_1 tähistab süsteemi üksikute reaktsioonide keerukuste summat. Teises liidetavas on kaks tegurit: (1) paariti vastastikuste reaktsioonide keerukuste summa (C_2) ja (2) reaktsioonide vastasmõju struktuur süsteemi käitumise tulemile (C_3).

Informatsiooni entroopia mõõdikud iseloomustavad keerukust, mis on seotud üksikute süsteemide reaktsiooniga ja vastastikuse käitumisega. Informatsiooni entroopia on mingis mõttes keskmistatud mõõtemääramatus, mis on seotud vaadeldava juhusliku muutujaga. Käitumisele järgneva reaktsioonile omast ebakindlust saab mõõta Shannoni informatsiooni entroopiaga. Seda on kasutatud iga üksiku käitumise reaktsiooni dünaamilise keerukuse surrogaatmõõdikuna. Shannoni informatsiooni entroopia on ühine näitaja, mis näitab mitmekesisust või käitumisharjumustega seotud reageerimise ulatust. [18] [19]

3.3.3 Organisatsiooni keerukus

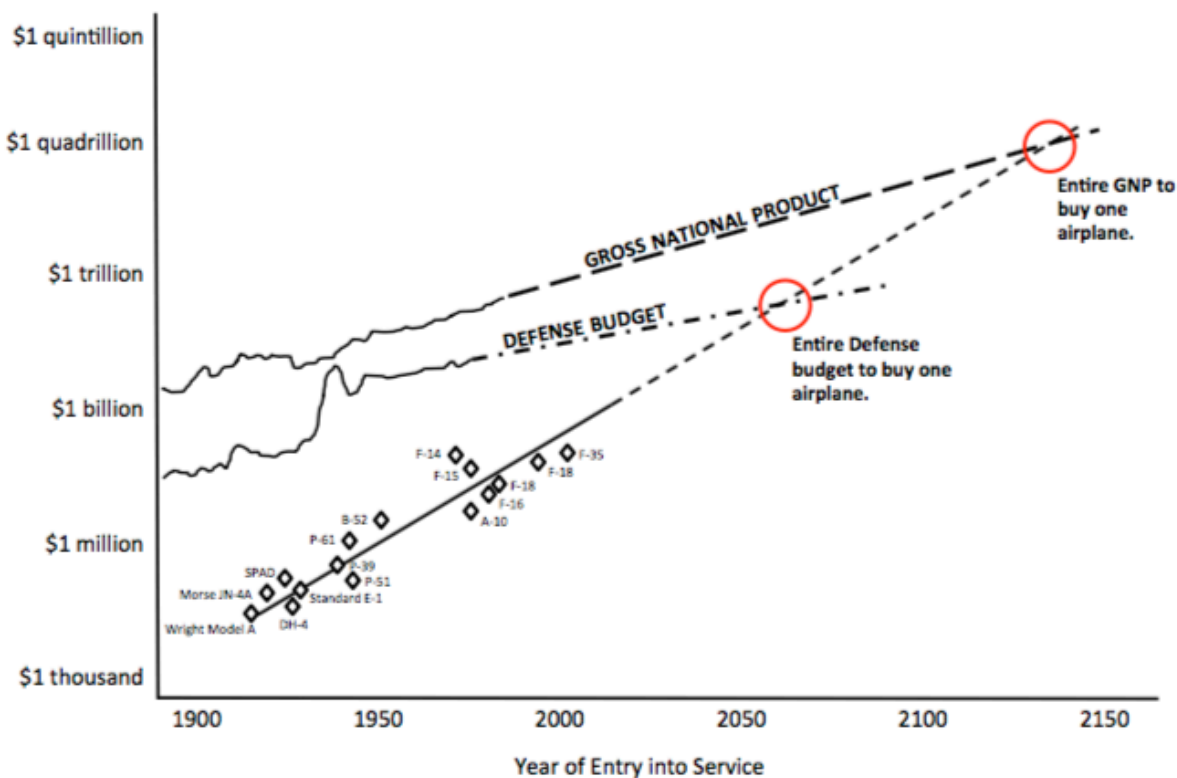
Sarah A. Sheard ja A. Mostashari defineerivad organisatsiooni keerukuse kui keskkonnast tuleneva sotsiaalpoliitise keerukuse [20]. Termin "sotsiaalpoliitiline keerukus" viitab sotsiaalpoliitilise süsteemi struktuursele keerukusele. Sellised süsteemid erinevad kvalitatiivselt lihtsaks peetavatest süsteemidest oma käitumise poolest, kuna nende omadusteks on isereguleerumisvõime, hajus kontroll, mitte-lineaarne dünaamika jne.

Sotsiaalpoliitilise süsteemi keerukuse astet võib vaadelda kui sotsiaalse grupi liikmete ja selle institutsioonide funktsionaalset eesmärki, arvestades selle liikmete autonoomia ning vastastikuse seotuse ja sõltuvuse määra. [21] Sellese gruppi on paigutatud kõik, millel on seos inimeste ja nende kognitiivsete piirangutega ja sotsioloogiliste nähtustega. Sotsiaal-poliitiline keerukus sisaldab mitmete huvigruppide seisukohti ja vaateid; pehmeid, väärtusega koormatud ja vastuolulisi eesmärke; konkurentsi. Kuid tegelikult on see kogu kategooria rohkem protsess kui tõendid. [20]. Hierarhilised organisatsioonivormid üritavad vältida keerukuse paljusid aspekte, luues lineaarse või peaaegu lineaarse elementide käitumise, samal ajal kui võrkstruktuuriga organisatsioonides tulevad välja keerukuse põhijooned [21]. Autorid J. Fischi, R. Nilchiani ja J. Wade järeldavavad oma artiklis, et sotsiaalpoliitiline keerukus on organisatsiooni arenguprotsessi ja selle keskkonnaseisundi olemus, mis sarnaneb inseneride poolt loodud süsteemide dünaamilisele keerukusele, ja soovivad mõõtmiseks kasutada sarnaselt dünaamilise keerukuse mõõtmisele entroopiapõhist meetrikat [22].

3.4 Keerukuse maksumus

Selles peatükis kirjeldatakse ja tuuakse näiteid, kuidas süsteemi arhitektuuri keerukuse muutumine on seotud ja mõjutab süsteemi maksumust.

Joonisel „Joonis 7: Hävitaja maksumus võrreldes kaitse-eelarve ja riikliku kogutoodanguga“ on näha hävituslennukite maksumus võrreldes riigikaitse eelarvega ja riikliku kogutoodanguga. Kui hävitaja F-22A (2005) kulutab ära ühe kolmandiku kaitse-eelarvest, siis sama trendi jätkudes kulutab hävitaja tootmine aastal 2054 kogu kaitse-eelarve ja aastal 2150 kulub hävitaja tootmisele kogu riiklik kogutoodang. [8]



Joonis 7: Hävitaja maksumus võrreldes kaitse-eelarve ja riikliku kogutoodanguga [8]

Antud näide toob selgelt välja kontrolli alt väljunud arhitektuuri tagajärjed lahenduste maksumustele.

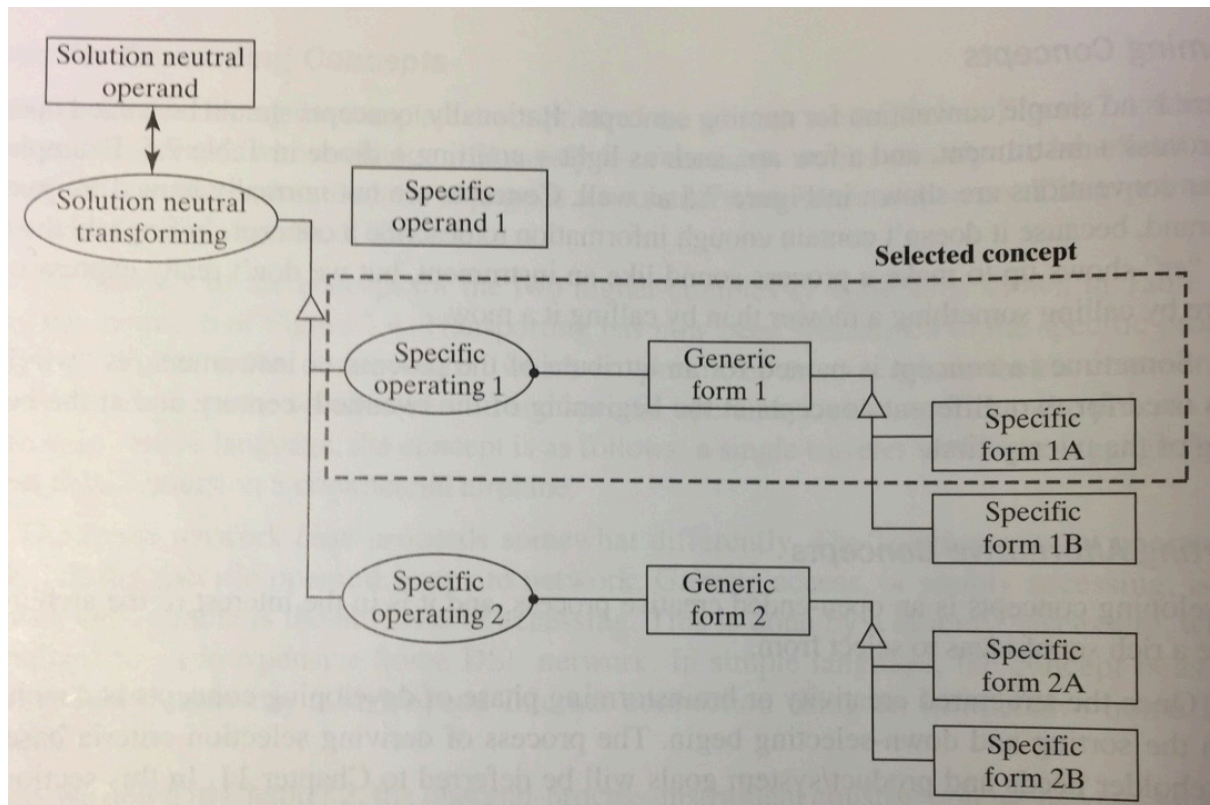
Süsteemi arhitektuuri loomine kulutab tavaliselt väga väikese osa süsteemi loomise eelarvest, kuid arhitektuuri valik määrab suurema osa arendamiskuludest. Simmonsi sõnul langetatakse otsus arhitektuuri üle tihti siis, kui on kulutatud alla 1% kogukuludest, kuid arhitektuur määrab kuni 80% kogukuludest. See on nii, kuna hilisem arhitektuuri muutmine on väga kulukas. Seetõttu on mõistlik püüda vältida vigu süsteemi arhitektuuri valimisel. Vale arhitektuurne valik võib hilisemas faasis kas süsteemi loomisel või sellega opereerimisel viia väga suurte kulutusteni. [23]

Kirjeldatud asjaolu näitab, et õige valiku tegemine arhitektuuri valimisel, olenemata sellest, kas tegu on insenertehnilise süsteemi, organisatsiooni või mõlemaga korraga, on oluline finantsilise mõjuga nii võimekusele seda süsteemi luua kui ka suutlikkusele seda töös hoida.

3.5 Arhitektuuri loomine

Selle alajaotuse viimases peatükis tuleb teemaks arhitektuuri loomise teekond ehk kuidas jõuda visioonist lahenduseni. Eelnevates peatükkides on kirjeldatud maastikku, mille arhitektuuri ja keerukust hakatakse mõõtma. Järgnevalt tutvustan arhitektuuri loomise metoodikat.

Süsteemi loomine saab alguse tahtest, soovist või probleemist, mis vajab lahendust. Lähteolukorra kirjeldus annab aimu otsitava lahenduse kohta, milline võiks olla selle funktsioon ja kuju. Kirjelduses kasutatud märksõnad aitavad arhitektil kitsendada valikuid ja seada süsteemile rakendatavaid vormilisi piiranguid. E. Crawley soovib arhitektuuri loomist alustada lahenduse-neutraalse kontseptsiooni loomisest. Esialgne ettekujutus loodavast süsteemist võib olla liiga kaugel süsteemist, mille arhitektuuri hakatakse looma. Esimese sammu eesmärk on probleemi kirjeldamine viisil, mis ei räägi ühestki konkreetsest probleemi lahendamise viisist. See hõlbustab huvigrupil jõuda probleemi lahendamise osas ühisele arusaamale ja loob aluspinna selleks, et hilisemas faasis saaks kontrollida, kas loodud arhitektuur lahendab kirjeldatud probleemi. Kui probleemi olemus on kirjeldatud, siis sellele järgnevalt saab hakata otsima viise, kuidas oleks võimalik kirjeldatud eesmärk saavutada. Pärast võimalike viiside tuvastamist saab keskenduda kontseptsioonide loomisele. Kontseptsiooni loomise eesmärgiks on lahenduse spetsifitseerimine, lisades visioonile ükshaaval arhitektuuri loomiseks vajalike elemente. Kontseptuaalne arhitektuur kirjeldab üldistatult loodavat lahendust, mille positiivseks omaduseks on, et see ei spetsifitseeri süsteemi üksikasju, vaid kirjeldab süsteemi üldsõnaliselt, andes vastused küsimustele, mis teeb mida ja miks ning kuidas. Kirjeldatud protsessi iseloomustab joonis „Joonis 8: Kontseptsioonide puu“. [14]



Joonis 8: Kontseptsioonide puu [14]

Kirjeldatud teekonna iseloomustamiseks toon järgneva näite. Olgu meil olukord, kus on vajadus teisaldada vedelik ühest anumast teise. Toodud olukorra kirjeldus ei ütle mitte midagi ei vedeliku ega anumate kohta. Ehk siis eesmärgiks on luua süsteem, mis võimaldab vedeliku transportimist. Järgmise sammuna on tarvis täpsustada, millise vedeliku või milliste vedelikega on tegemist. See teadmine seab süsteemile esmased piirangud, mis võivad olla tehnilised, juriidilised jne. On oluline vahe, kas transportida tuleb bensiini, piima või vett. Valime viimase ja keskendume võimalikele põhimõttelistele viisidele vee transportiks ühest anumast teise. Võimalikud põhimõttelised viisid on isevoolne, imemine ja lükkamine. Teades anumate suurust, asukohta, oodatavat ülekande jõudlust ja teisi asjakohaseid nõudeid ning piiranguid, saame luua kontseptsiooni kui üldsõnalise lahenduse kirjelduse koos selle rakendamise viisi kirjeldusega. Võimalikud kontseptuaalsed lahendused vee transportimiseks isevoolu teel on kasutada gravitatsiooni (näiteks akvedukt) või rõhkude vahet. Imemise teel on võimalik vett transportida vaakumpumba abil ja tsentrifugaalpump võimaldab vee ülekannet lükkamise teel. Koostatud kontseptuaalsete lahenduste hulgast saab välja valida ja edasi minna nendega, mis rahuldavad lahendusele seatud ootusi.

Kontseptuaalse arhitektuuri loomisele järgneb funktsionaalse arhitektuuri loomine. Selle loomiseks on vaja välja selgitada süsteemi opereerimise keskkond ja selle mõju loodavale süsteemile. Täiendades eelnevas lõigus kirjeldatud näidet, on oluline vahe, kas anumateks on maa-alune järv, ookeanitanker või liitrine veepudel. Sama lugu on keskkonnaga, milleks võib olla jäine kliima, suured kõrgused või toksiline keskkond. Peale keskkonnast tulenevate piirangute identifitseerimist on võimalik välja töötada funktsionaalne arhitektuur, mis kirjeldab süsteemi funktsioneerimist viisil, mis rahuldab teada olevaid piiranguid.

Väga vähesed süsteemid saavad hakkama autonoomselt ilma väliste tugisüsteemideta ja selle tõttu on järgmiseks sammuks tugisüsteemidega integratsiooni projekteerimine. Sellesse valdkonda kuulub kõik, mis tagab loodava süsteemi töövõime ja kasutatavuse. Kõige lihtsam näites võib selleks olla elektrivarustuse puudumine kohas, kus loodav süsteem peab tööle hakkama. Lisades kõnealuse arhitektuuri kihi vee transpordi näitele, siis selles faasis täiendame arhitektuuri infoga, kust pärineb ja kuidas varustame süsteemi piisava hulga elektriga. Samuti kirjeldame, kuidas tagada vajalikud hooldustööd voolikute ringiühendamiseks või nende vahetamiseks või kuidas toimub rikete avastamine ja kõrvaldamine.

Arhitekti tööülesandeks on algsest ebamäärasusest oma loovuse abil jõuda tulemuseni, mis täidab seatud eesmärgi parimal võimalikul viisil. Tulemuse kirjelduse hulka kuulub teadmine, et miks, mida ja kuidas süsteem teeb. [14]

Sellega lõppeb ülevaade teoreetilisest osast, mis kirjeldas käesoleva uurimistöö taustsüsteemi ja töö rakenduslikus osas kasutatavat metoodikat. Praktilise osa tegemiseks ja mõistmiseks on oluline teada, mis on äriarhitektuur, keerukus ja millisel viisil on võimalik keerukust mõõta. Arhitektuuri loomist kirjeldav peatükk andis ülevaate tegevuste jadast, kuidas jõuda ideest teostuseni. Järgmises osas rakendan kogutud teadmisi praktilise ülesande lahendamiseks, milleks on esmalt äriarhitektuuri loomine ja siis selle struktuurse keerukuse mõõtmine. Ülesande püstitus on kirjeldatud läbi tarkvara elukaare mõju äriarhitektuuri keerukusele eesmärgiga kontrollida, kas kirjeldatud metoodikat saab rakendada kontseptuaalse äriarhitektuuri struktuurse keerukuse mõõtmiseks ja mõõtmise tulemust kasutada otsustamiseks, millist kontseptsiooni hakata juurutama.

4 Kontseptuaalne finantsarvestuse äriökosüsteem

Eelmises peatükis kirjeldasin temaatika tausta ja töös kasutatavaid meetodikaid ülesandepüstituses seatud hüpoteesi kontrollimiseks. Püstitatud eesmärgi saavutamiseks on tarvilik teada, mis on äriarhitektuur, mis ülesandeid täidab ettevõttes finantsarvestussüsteem, millised on keerukuse komponendid, kuidas keerukuse väärtust arvutada ja kuidas luua süsteemi arhitektuuri. Kui kirjeldatud meetodika keskendub peamiselt insenertehniliste süsteemide loomisele, siis selles peatükis tahan kontrollida, kas K. Sinha poolt kirjeldatud struktuurse keerukuse mõõtmist kvantifitseerimise meetodil [8] on võimalik rakendada ka äriarhitektuuri keerukuse mõõtmiseks, kus ettevõtte organisatsioon on ühendatud rakendustarkvaraga. Selleks koostan kaks omavahel seotud võrgustikku, millest üks kirjeldab tehnilisi süsteeme ja teine organisatsiooni. Seotud võrgustikud moodustavad ühtse tervikliku süsteemi, mis kirjeldab ettevõtte äriarhitektuuri.

Metoodika rakendatavuse kontrollimiseks kirjeldan hüpoteetilist ettevõtet ja selles kasutusel olevat finantsarvestuse äriökosüsteemi, mille keskset rolli täidavad finantsarvestuse tarkvara kui tehniline komponent ja finantsarvestuse osakond kui tehnilist komponenti igapäevatööks kasutatav äriüksus. Ekspertidega konsulteerimise tulemusena on koostatud ettevõtte profiil, millele on loodud rakendusmaastik ja finantsarvestuse äriökosüsteem. Kontseptuaalse äriarhitektuuri kirjeldus on konstrueeritud tuginedes intervjuude käigus kogutud infole inimestega, kes igapäevaselt tegelevad ettevõtte finantsarvestuse süsteemide arendamise, haldamise ja tugiteenuse pakkumisega.

Hüpoteetilise ettevõtte näol on tegemist tootmisettevõttega, mille struktuuri moodustavad juhtkond, tootmisosakond, müügiosakond, ostuosakond, personaliosakond, finantsarvestuse osakond, IT arenduse ja halduse osakond. Ettevõtte põhitegevuse juhtimiseks on juurutatud tootmise juhtimiseks vajalik tarkvara. Selle rakenduse peakasutajaks on tootmisjuht (tootmisosakond), kelle tööülesandeks on vastutada rakenduses olevate tootmistegevuseks vajalike jooniste, protsessikirjelduste ja kulunormatiivsete andmete õigsuse eest. Kliendisuhtlust peetakse kliendihaldustarkvaras (CRM), mis on liidestatud tootmise juhtimise tarkvaraga. Aruandluse koostamiseks on ettevõttes aruandlusrakendus, mis presenteerib erinevate rakenduste andmebaasidest andmeaita konsolideeritud andmeid. Aruandluse teiseks peamiseks kasutajaks on ettevõtte juhtkond, kelle otsustest sõltub ettevõtte

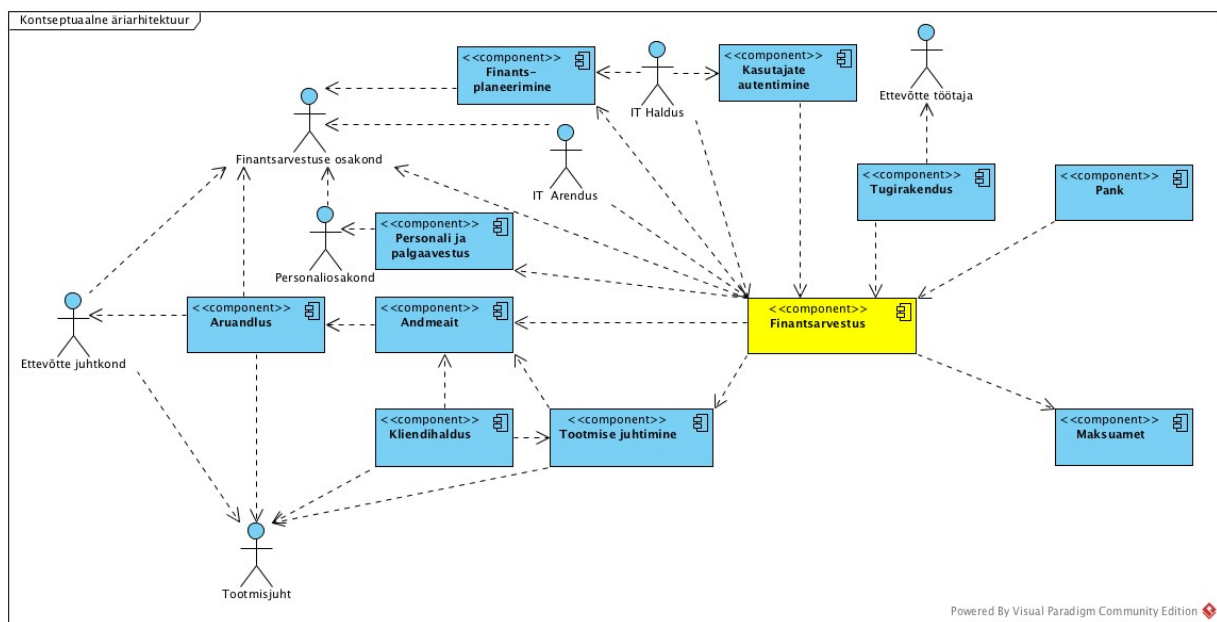
igapäevatöö. Personaliosakonna igapäevaseks töövahendiks on personali ja palgaarvestuse programm. Finantsarvestuse osakonna töö sõltub finantsarvestuse ja finantsplaneerimise rakendustest. Ettevõtte müügi- ja hanketegevusega tegelevad inimesed reisivad palju ja seadusandlusest tulenevad nõuded tingivad vajaduse sõlmida nendega täiendavaid lepinguid. Nimetatud lepingute haldamiseks on ettevõtte enda IT arendajate poolt loodud lepingute ja lähetuste haldamise tarkvara. IT haldusosakond on vastutav IT süsteemide toimimise eest.

Käesoleva uurimistöö raames käsitletakse äriarhitektuurina ettevõtte osakondade joendamist nende poolt kasutatava rakendustarkvaraga, eelkõige on fookuses finantsarvestusosakonna joendamise selle töötajate poolt kasutatava finantsarvestussüsteemiga.

Tuginedes autoritele Crawley, Cameroni ja Selva väidetele, ei ole arhitektuur iseseisev atribuut, vaid seoste hulk, mis annab edasi teavet elementide ja nende ülesannete kohta [14]. Juhindudes viidatud allika materjalidest on vaja esmaselt koostada lahendusneutraalse funktsionaalsuse kirjeldus ja seejärel kontseptuaalne äriarhitektuur. Lahendusneutraalse funktsionaalsuse kirjelduse eesmärk on kirjeldada süsteemi funktsionaalsust ilma viideteta, kuidas funktsionaalsust saavutada. Finantsarvestuse eesmärgiks on arvepidamine ettevõtte finantsvarade üle, mida saab teostada erinevatel viisidel. Ajalooliselt on selleks kasutatud arveraamatut, mida täideti käsitsi ja kuhu kanti sisse kõik ettevõtte finantsvaradega tehtud tegevused. Sama lahendust tänapäevasemasse maailma üle kandes on võimalik vajalik tulemus saavutada ka tekstitöötlusprogrammiga Notepad. Mõne tabelarvutusprogrammi kasutamine viiks oodatavale tulemusele kõige lähemale. Aga kuna kirjeldatud viisidel pole võimalik saavutada lahendusele seatud eesmärke turvalisuse, integreeritavuse, jõudluse ja jätkusuutlikkuse osas, siis edaspidi on fookuses finantsarvestuse teostamiseks arendatud programm. Kaalumisel oli ka eritellimusel programmi valmistamine, aga see variant langes ära, kuna tellitav funktsionaalsus ei anna ettevõttele konkurentsieelist ja arendatav funktsionaalsus on laiatarbes kasutuses.

Lähtudes koostatud hüpoteetilise ettevõtte profiili kirjeldusest ja eelpool mainitud autorite soovistest disainin ettevõttele finantsarvestussüsteemi ümbritseva rakendusmaastiku koos selle kasutajatega, mida kujutan joonisel „Joonis 9: Kontseptuaalne äriarhitektuur“. Viidatud joonisel on ära toodud selles ettevõttes eksisteerivad finantsarvestuse funktsionaalsed

süsteemid ja organisatsiooniüksused kui ökosüsteemi elemendid koos nendevaheliste sõltuvustega. Joonisel olevad komponendid ja nendevahelised sõltuvused on valitud selliselt, et säiliks uurimistöö fookus ja selle põhjal koostatavad erinevad lahendused võimaldaks jälgida finantsarvestussüsteemiga otseselt seotud äriarhitektuuri keerukuse muutumise dünaamikat. Joonisel olevad nooled näitavad sõltuvuste suunda, näiteks finantsarvestuse rakenduse töövõime sõltub IT halduse tegevusest ja finantsarvestuse osakonna tööülesannete täitmine sõltub finantsarvestuse rakenduse töövõimest.



Joonis 9: Kontseptuaalne äriarhitektuur

Ökosüsteemi keskmeks on valitud finantsarvestus, mille ülesandeks on tagada arvepidamine ettevõtte finantsvarade üle, sealhulgas teha makseid, pidada arvet rahaliste laekumiste ja ettevõtte varade üle, koostada ja edastada nõutud aruandlust maksuametile. Välistest osapooltest sõltub finantsarvestus pangast, kus ilma infovahetuseta ei ole võimalik teha makseid ja võtta laekumiste väljavõtteid. Tootmise juhtimine on sõltuvuses finantsarvestusest ja kliendihaldusest. Esimesel juhul ei ole tootmise juhtimisel teada, milliste tellimuste eest on tasutud ja kas eeldused tootmise jaoks on täidetud. Teisel juhul puudub ülevaade toormaterjalide tarnijatest ja tellijatest. Andmeaidas olevad andmed on usaldusväärsed, kui sinna on koondatud kõik finantsarvestuse, tootmise juhtimise ja kliendihaldusega seotud andmed. Aruandlus saab täita oma ülesandeid, kui andmeaidas on õiged ja ajakohased andmed. Personaliosakonna poolt kasutatava personali ja palgaarvestuse programmi töövõime sõltub palgamaksete tegemisest ja kajastamisest finantsarvestuses.

Ettevõttes on töötajaid, kes saavad oma tööülesandeid täita, kui ettevõtte saab sõlmida ja hallata nende lepinguid (sidevahendid, kütus, transpordivahendid jne.) ning pidada arvet lähetust üle. Tugirakenduste poolt hallatud ja automaatselt eeltöödeldud andmed on vajalikud finantsarvestussüsteemi optimeeritud tööks ja erinevate osapoolte käsitöö vähendamiseks. Finantsarvestuse osakond vajab oma tööks veel finantsplaneerimise tarkvara, mille ülesandeks on aidata prognoosida tulevikuperioodide tulusid ja kulusid. Virtuaalmaailmas on olulise tähtsusega süsteemi kasutaja ja tema volituste tuvastamine, mistõttu on finantsarvestuse turvaliseks funktsioneerimiseks vaja teada, kes süsteemiga töötab ja millised on kasutaja õigused. IT haldus on vastutav selle eest, et finantsarvestuse osakonna poolt kasutatavad rakendused oleks kättesaadavad.

Äriökosüsteemi kuuluvad lisaks tark- ja riistvarale ka seal töötavad inimesed. Kaudselt on kõik ettevõtte struktuurüksused ja nende töötajad omavahel seotud, kuid käesoleva ülesande lahendamiseks olen arhitektuuri valinud järgmises seoses. Ettevõtte juhtkond jagab korraldusi finantsarvestuse osakonnale ja tootmisjuhile ning selle läbi mõjutab nende tööd. Finantsarvestuse osakond on mõjutatud personaliosakonna poolt selle kaudu, et kõik töötajatega seotud rahalised arvestused on õigeaegselt teostatud. IT arendus mõjutab oma tööga finantsarvestuse osakonna tööd selle kaudu, et kõik arendustellimused on õigeaegselt täidetud.

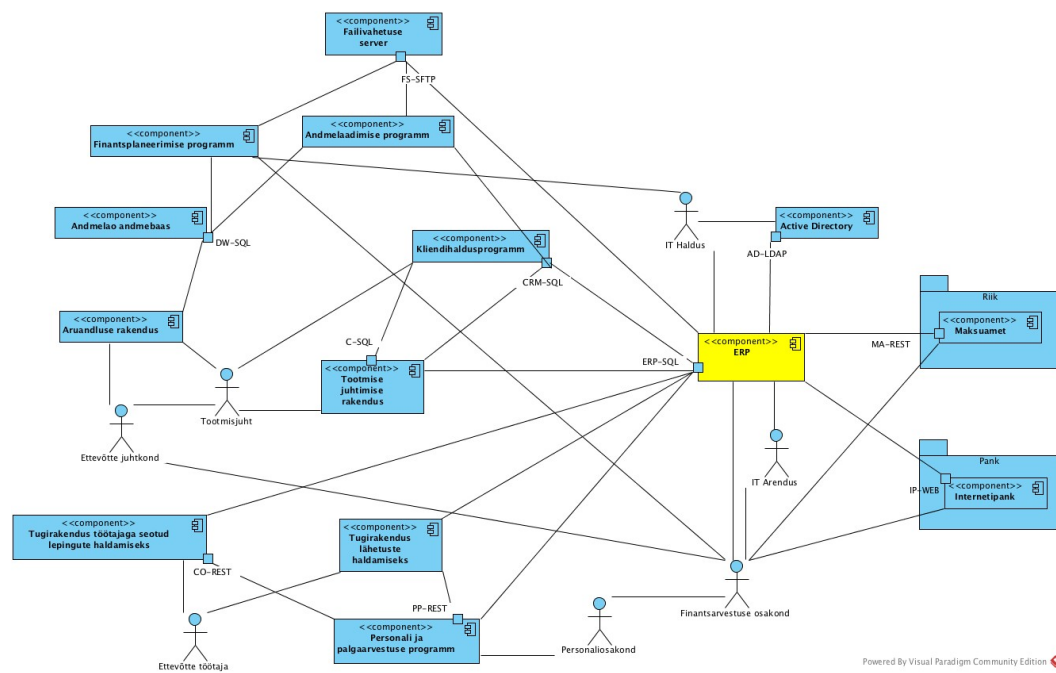
Lisas „Lisa 2: Tööülesanded finantsarvestuses“ toodud tabelis „Tabel 15: Tööülesanded finantsarvestuses“ on loetletud tööülesanded, millega tegeleb ettevõtte finantsarvestus ja milline on vajalik kompetentsi tase tööülesannete täitmiseks. Teatud mõttes on kirjeldatud tööülesannete näol tegemist äriökosüsteemi funktsionaalse käitumise tulemiga. Ekspertide abiga on koostatud tööülesannete loetelu ja hinnatud nende täitmiseks vajaliku kompetentsi taset viie palli süsteemis: algaja, alla keskmise, keskmine, üle keskmise ja spetsialist. Kogutud info on edaspidi vajalik finantsarvestuse osakonna kui äriüksuse topoloogilise keerukuse arvutamiseks.

5 Äriarhitektuuri struktuurne keerukus

Eelmises peatükis on kirjeldatud uurimistöö aluseks oleva hüpoteetilise ettevõtte profiili ja kontseptuaalset finantsarvestuse äriökosüsteemi koos tööülesannetega, mille täitmiseks kõnealune ökosüsteem on vajalik. Käesolevas peatükis on kirjeldatud nelja erinevat äriarhitektuurset lahendust, mis kõik täidavad kontseptuaalses lahenduses kirjeldatud ülesandeid. Nendele kõigile arvutatakse äriarhitektuuri struktuurne keerukus. Märgitud neljaks lahenduseks on (1) ettevõttes praegu kasutusel olev äriarhitektuurne lahendus, kus ettevõtte kasutab majasisest finantsarvestuse tarkvara, (2) esimese alternatiivina juurutada olemasoleva majasisese tarkvara asemele uus majasisene tarkvara, (3) teise alternatiivina võtta kasutusele tarkvara kui teenuse sisseostmine ja (4) neljanda alternatiivina finantsarvestuse funktsionaalsus teenusena sisse osta mõnelt teenusepakkujalt.

5.1 Praeguse äriarhitektuuri struktuurne keerukus

Järgnevalt kirjeldatakse uurimistöö aluseks koostatud hüpoteetilise ettevõtte praegust äriarhitektuuri ning arvutatakse selle topoloogiline keerukus. Äriarhitektuurne lahendus on graafiliselt kujutatud joonisel „Joonis 10: Praegune äriarhitektuur“.



Joonis 10: Praegune äriarhitektuur

Finantsarvestuse osakond kasutab finantsarvestuse tegemiseks enam kui kümme aastat tagasi juurutatud finantsarvestuse tarkvara, mille tootjapoolne tugiteenus on juba lõppenud. Vaatamata sellele, et rakenduse poolt pakutav funktsionaalsus rahuldab ettevõtte vajadusi, on äriline risk suur kuna häirete korral võib töövõime taastamine osutuda problemaatiliseks. Andmevahetuse liidestused on tehtud viisil, kus välised süsteemid kirjutavad otse SQL (lühend sõnadest *Structured Query Language*) lausetega andmebaasi ja andmete ekspordiks kasutatakse SQL skripte, mis kirjutavad väljundi failiserverisse. Muudatuste tegemine ja rakenduse üllahoid nõuab IT arenduse ja halduse osakonnalt suurt ressursi ja kompetentsi, kuna vähesed inimesed teavad ja tunnevad selle hingeelu (Ma ei taha norida, aga sõna „hingeelu“ sobib kas elusorganismist rääkides või kirjanduslikku teksti. Kahtlustan, et infotehnoloogilisel süsteemil pole hinge, vaid ta toimib kindlate algoritmide alusel vms...) ning oskavad sellega ümber käia. Kasutajate autentimine ja autoriseerimine toimub tsentraalse kasutajate halduse rakenduse vahendusel (Active Directory) viisil, kus veebirakendus teeb LDAP protokollil (lühend sõnadest LDAP) kaudu päringu Active Directorile. Välisest süsteemidest on rakendus integreeritud maksuametiga, mis võimaldab RESTful (arhitektuurne lahendus rakenduste integreerimiseks) päringutega saata finantsaruandeid ja internetipangaga maksete saamiseks ja kontoväljavõtete saamiseks.

Ettevõtte juhtkond kasutab aruannete saamiseks aruandluse rakendust, mis pärib SQL'i abil andmeid andmelao andmebaasist. Andmete laadimiseks andmeaita on kasutusel andmelaadimise programm, mis ühendub kas SQL päringute vahendusel otse allikbaasi külge või loeb failivahetuse serverisse kirjutatud andmefailide. Tootmisjuhi poolt on kasutuses tootmise juhtimise rakendus ja kliendihalduse programm, mis omavahel vahetavad andmeid SQL päringute kaudu. Müügi ja ostuosakonna (joonisel Ettevõtte töötaja) töötajad kasutavad lepingute ja lähetuste haldamiseks majasiseselt loodud tugirakendusi, mis on liidestatud nii finantsarvestuse tarkvaraga kui ka personali ja palgaarvestuse programmiga. Personaliosakond on seotud personali ja palgaarvestuse programmiga.

Joonisel „Joonis 10: Praegune äriarhitektuur“ on kujutatud graafide süsteem, millest ühe graafi elementideks on tehnilised komponendid koos seostega tehniliste komponentide vahel. Ja teise graafi elementideks on äriüksused (osakonnad, töötajad ja välised osapooled) koos seostega äriüksuste vahel. Graafide süsteemil kujutatud elementide loetelu on toodud tabelis „Tabel 1: Praeguse äriarhitektuuri elemendid“, kuhu on lisatud elemendi tüüp ja selle hinnanguline keerukus. Tüübid on jagatud kategooriatesse Süsteem, Väline süsteem ja Äriüksus. Elemendi keerukust on hinnatud viie punkti süsteemis vahemikus 1 kuni 5, kus 1 on kõige lihtsam ja 5 on kõige keerukam. Süsteemide keerukusi on hinnatud kaalutledes nende sisemist struktuuri ja funktsionaalsuse keerukust. Äriüksuste keerukust on hinnatud lähtudes selle töötajate sisemise vabaduse astmest ja mõjust ettevõtte tegevusele.

Tabel 1: Praeguse äriarhitektuuri elemendid

#	Element	Tüüp	Keerukus
1	Aruandluse rakendus	Süsteem	3
2	Maksuamet	Väline süsteem	3
3	Andmelao andmebaas	Süsteem	4
4	Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	2
5	Failivahetuse server	Süsteem	1
6	Active Directory	Süsteem	1
7	Kliendihaldusprogramm	Süsteem	3
8	Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	4
9	Finantsplaneerimise programm	Süsteem	2
10	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	Süsteem	1
11	Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	1
12	Internetipank	Väline süsteem	3
13	Andmelaadimise programm	Süsteem	2
14	ERP	Süsteem	5

#	Element	Tüüp	Keerukus
15	Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	4
16	Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	5
17	IT Haldus	Äriüksus	4
18	IT Arendus	Äriüksus	4
19	Ettevõtte töötaja	Äriüksus	1
20	Personaliosakond	Äriüksus	2
21	Tootmisjuht	Äriüksus	3

Tabelis „Tabel 2: Seosed praeguses äriarhitektuuris“ on toodud kõik graafil „Joonis 10: Praegune äriarhitektuur“ olevad seosed, kuhu on lisatud hinnanguline keerukuse seos. Keerukuse hinnangud on antud sarnaselt elementide keerukuse hinnangule viie palli süsteemis vahemikus 1 kuni 5, kus 1 tähendab kõige madalama keerukusega seost ja 5 kõige suurema keerukusega seost. Süsteemide vahelisi seoste keerukusi on hinnatud lähtudes sellest liidese tüübiga kaasnevast keerukusest ja võttes arvesse kas integreeritakse ettevõtte siseseid süsteeme või liidestatakse ettevõtte sisest süsteemi välistega. Hinnanguliselt suuremat pingutust nõudev liidestus on hinnatud keerulisemaks. Äriüksuse ja süsteemi vahelist keerukust on hinnatud lähtudes süsteemi kasutamise keerukusest ning äriüksuste vahelist keerukust lähtudes nende koostöö ebamäärasusest.

Tabel 2: Seosed praeguses äriarhitektuuris

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
ERP	Süsteem	Internetipank	IP-WEB	Väline süsteem	3
ERP	Süsteem	Active Directory	AD-LDAP	Süsteem	2
Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	ERP	ERP-SQL	Süsteem	5
Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	Süsteem	ERP	ERP-SQL	Süsteem	5
Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	ERP	ERP-SQL	Süsteem	5
Andmelaadimise programm	Süsteem	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	5
Andmelaadimise programm	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
ERP	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
Kliendihaldusprogramm	Süsteem	ERP	ERP-SQL	Süsteem	5
Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	ERP	ERP-SQL	Süsteem	5
Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	Personali ja palgaarvestuse programm	PP-REST	Süsteem	2

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
Finantsplaneerimise programm	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	5
Kliendihaldusprogramm	Süsteem	Tootmise juhtimise rakendus	C-SQL	Süsteem	5
Finantsplaneerimise programm	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	CO-REST	Süsteem	2
ERP	Süsteem	Maksuamet	MA-REST	Väline süsteem	3
Andmelaadimise programm	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Aruandluse rakendus	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Personaliosakond	Äriüksus	Personali ja palgaarvestuse programm	PP-REST	Süsteem	3
Ettevõtte töötaja	Äriüksus	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	CO-REST	Süsteem	3
Tootmisjuht	Äriüksus	Tootmise juhtimise rakendus	C-SQL	Süsteem	3
Ettevõtte töötaja	Äriüksus	Tugirakendus lähetuste haldamiseks		Süsteem	3
Tootmisjuht	Äriüksus	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	Active Directory	AD-LDAP	Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	Finantsplaneerimise programm		Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	ERP	ERP-SQL	Süsteem	3
IT Arendus	Äriüksus	ERP	ERP-SQL	Süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Aruandluse rakendus		Süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Tootmisjuht		Äriüksus	4
ERP	Süsteem	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	3
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Internetipank	IP-WEB	Väline süsteem	3
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Maksuamet	MA-REST	Väline süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	4
IT Arendus	Äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	4
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Finantsplaneerimise programm		Süsteem	3
Tootmisjuht	Äriüksus	Aruandluse rakendus		Süsteem	3
Personaliosakond	Äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	4

Tabeli „Tabel 2: Seosed praeguses äriarhitektuuris“ põhjal koostas DSM binaarmatriksi „Tabel 3: Praeguse äriarhitektuuri DSM binaarmatriks“, mis kujutab graafis olevate elementide topoloogilist kaarti ja on võetud aluseks graafi energia arvutamisele.

Tabel 3: Praeguse äriarhitektuuri DSM binaarmaatriks

0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

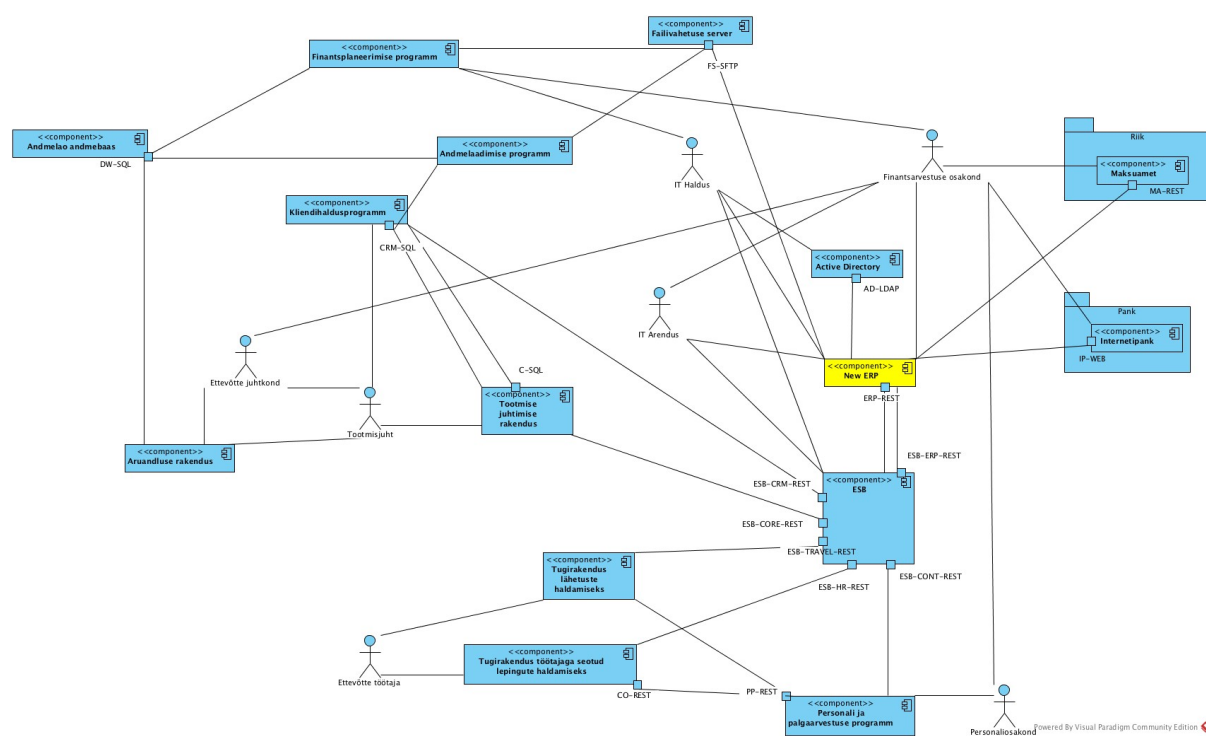
Pannes saadud arvud struktuurse keerukuse arvutamise valemisse, kus $C = C_1 + C_2 C_3$, kus C_1 on elementide keerukuste summa, C_2 on seoste keerukuste summa ja $C_3 = (E(A)/n)$, kus $E(A)$ on graafi energia ja n on graafi elementide arv. Graafi energia arvutamiseks kasutan R'i käsku „sum(abs(values <- eigen(A)\$values))“, mis DSM binaarmaatriksi alusel arvutab maatriksi eigeni absoluutväärtuste summa ehk $E(A) = 30,16$. Kuna graafi elementide keerukuste summa on 58 ja seoste keerukuse summa on 131 ning graafis on 21 elementi, saadakse tulemuseks praeguse äriarhitektuuri struktuurse keerukuse väärtuseks $C = 58 + 131 * (30,16/21) = 246,12$.

Samasugust struktuurse keerukuse arvutamise meetodikat rakendatakse edaspidi kolme järgneva alternatiivse tuleviku äriarhitektuuri struktuurse keerukuse arvutamiseks.

Järgmises peatükis koostatakse uus äriarhitektuuri mudel, kus praegune majasisene finantsarvestuse rakendus on asendatud uue majasises rakendusega ning integratsioonid on teostatud läbi ESB (lühend sõnadest *Enterprise Service Bus*).

5.2 Äriarhitektuur keerukus uue majasisese rakenduse puhul

Eelmises peatükis saime teada, milline on ettevõtte finantsarvestuse praeguse rakendusega kaasnev äriarhitektuuri struktuurne keerukus. Võttes aluseks peatükis „Struktuurne keerukus“ struktuurse keerukuse arvutamise valemi, näeme, et tulemusele avaldavad olulisel määral mõju seoste keerukus ja nende struktuur. Selleks, et hinnata, kuidas need kaks komponenti mõjutavad struktuurset keerukust äriarhitektuuris, teostatakse järgnevad muudatused: (1) olemasoleva finantsarvestuse süsteem asendatakse uuega ja (2) lisatakse ESB, mis tagab finantsarvestuse süsteemi liidestuse teiste süsteemidega REST protokolliga abil. Planeeritavate muudatuste oodatav eesmärk on vähendada struktuurset keerukust, mille võiks tagada keerukate SQL liidete asendamise väiksema keerukusega REST liidestega. Peale kirjeldatud muudatuste sisseviimist näeb äriarhitektuur välja nagu on kujutatud joonisel „Joonis 11: Äriarhitektuur uue majasisese rakenduse puhul“.



Joonis 11: Äriarhitektuur uue majasisese rakenduse puhul

Tabelis „Tabel 4: Uue majasisese rakenduse äriarhitektuuri elemendid“ on toodud äriarhitektuuri elemendid koos nende tüübi ja hinnangulise keerukusega. Vanast lahendusest üle toodud elementide puhul on säilitatud hinnang nende keerukusele ja

hinnang uute lisandunud elementide keerukusele on antud praeguse lahendusega samadel alustel.

Tabel 4: Uue majasisese rakenduse äriarhitektuuri elemendid

#	Element	Tüüp	Keerukus
1	Aruandluse rakendus	Süsteem	3
2	New ERP	Süsteem	4
3	ESB	Süsteem	2
4	Maksuamet	Väline süsteem	3
5	Andmelao andmebaas	Süsteem	4
6	Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	2
7	Failivahetuse server	Süsteem	1
8	Kliendihaldusprogramm	Süsteem	3
9	Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	4
10	Finantsplaneerimise programm	Süsteem	2
11	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	Süsteem	1
12	Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	1
13	Active Directory	Süsteem	1
14	Internetipank	Väline süsteem	3
15	Andmelaadimise programm	Süsteem	2
16	IT Arendus	Äriüksus	4
17	Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	5
18	IT Haldus	Äriüksus	4
19	Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	4
20	Tootmisjuht	Äriüksus	3
21	Personaliosakond	Äriüksus	2
22	Ettevõtte töötaja	Äriüksus	1

Tabelis „Tabel 5: Seosed äriarhitektuuris uue majasisese rakenduse puhul“ on ära toodud joonisel „Joonis 11: Äriarhitektuur uue majasisese rakenduse puhul“ olevad seosed koos elementide vahelise seose tüübiga ja hinnang uute lisandunud seoste keerukusele on antud samadel alustel kui praeguse lahenduse seoste.

Tabel 5: Seosed äriarhitektuuris uue majasisese rakenduse puhul

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
Andmelaadimise programm	Süsteem	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	5
Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	5
Kliendihaldusprogramm	Süsteem	Tootmise juhtimise rakendus	C-SQL	Süsteem	5
Andmelaadimise programm	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
Finantsplaneerimise programm	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	Personali ja palgaarvestuse programm	PP-REST	Süsteem	2
Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	CO-REST	Süsteem	2
Andmelaadimise programm	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Finantsplaneerimise programm	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Kliendihaldusprogramm	Süsteem	ESB	ESB-CRM-REST	Süsteem	2
Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	ESB	ESB-CORE-REST	Süsteem	2
Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	ESB	ESB-TRAVEL-REST	Süsteem	2
Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	ESB	ESB-HR-REST	Süsteem	2
Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	Süsteem	ESB	ESB-CONT-REST	Süsteem	2
ESB	Süsteem	New ERP	ERP-REST	Süsteem	2
New ERP	Süsteem	Maksuamet	MA-REST	Väline süsteem	2
New ERP	Süsteem	Internetipank	IP-WEB	Väline süsteem	3
New ERP	Süsteem	Active Directory	AD-LDAP	Süsteem	2
New ERP	Süsteem	ESB	ESB-ERP-REST	Süsteem	2
New ERP	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
Aruandluse rakendus	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Ettevõtte töötaja	Äriüksus	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks		Süsteem	3
Ettevõtte töötaja	Äriüksus	Tugirakendus lähetuste haldamiseks		Süsteem	3
Personaliosakond	Äriüksus	Personali ja palgaarvestuse programm		Süsteem	3
Tootmisjuht	Äriüksus	Tootmise juhtimise rakendus		Süsteem	3
Tootmisjuht	Äriüksus	Kliendihaldusprogramm		Süsteem	3
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Internetipank		Väline süsteem	3
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Maksuamet		Väline süsteem	3

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Finantsplaneerimise programm		Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	Active Directory		Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	Finantsplaneerimise programm		Süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Tootmisjuht		Äriüksus	4
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	4
IT Arendus	Äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	4
IT Haldus	Äriüksus	ESB		Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	New ERP		Süsteem	3
IT Arendus	Äriüksus	ESB		Süsteem	3
IT Arendus	Äriüksus	New ERP		Süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Aruandluse rakendus		Süsteem	3
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	New ERP		Süsteem	3
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Personaliosakond		Äriüksus	4
Tootmisjuht	Äriüksus	Aruandluse rakendus		Süsteem	3

Tabelis „Tabel 6: DSM binaarmatriks uue majasisese äriarhitektuuri korral“ on loodavale äriarhitektuuri struktuurile vastav DSM binaarmatriks, mille alusel arvutan graafi energia E(A).

Tabel 6: DSM binaarmatriks uue majasisese äriarhitektuuri korral

0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

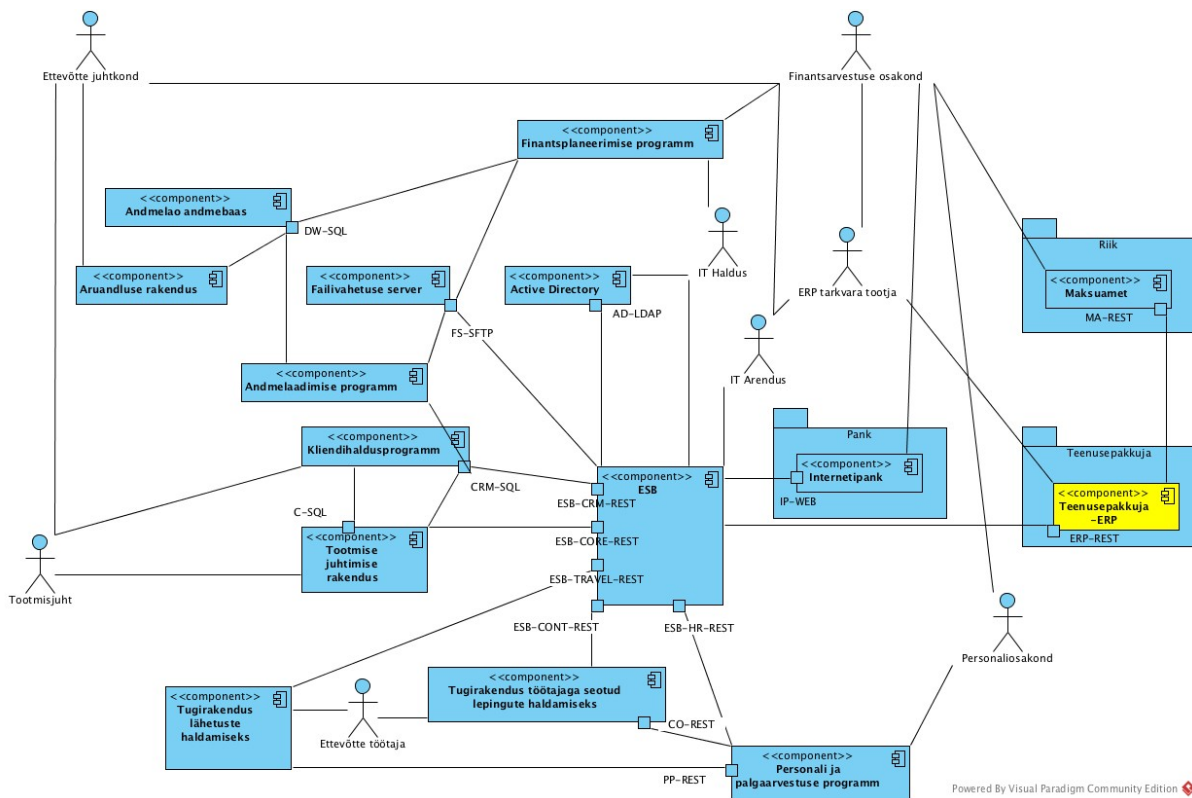
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pannes saadud arvud struktuurse keerukuse arvutusvalemisse $C = C_1 + C_2 C_3$, arvutatakse esmalt DSM binaarmaatriksi abil graafi energia R' iga saades eigeni absoluutväärtuste summaks $E(A) = 33,12$. Graafi elementide keerukuste summa on 59 ja seoste keerukuse summa on 125 ning graafis on 22 elementi, mis annab uue majasisese rakenduse kasutamisel äriarhitektuuri struktuurse keerukuse väärtuseks $C = 59 + 125 * (33,12/22) = 247,21$.

Selles peatükis leiti äriarhitektuuri keerukust väljendav suurus, kui finantsarvestuse tarkvara on installeeritud majasiselt ja integreeritud seotud rakendustega läbi ESB. Kuna ekspertide hinnangul on kujunevaks trendiks SaaS teenuse mudel, kus tarkvara looja leiab talle sobiva viisi, kuhu ja kuidas tarkvara paigaldada selliselt, et tootja ise vastutab ülalhoiu eest ja tarkvara kasutajal on ligipääs rakendusele üle interneti, siis järgmises peatükis arvutatakse kirjeldatud lahendusele äriarhitektuuri keerukus samal meetodil ja alustel nagu kahele eelmisele.

5.3 Äriarhitektuuri keerukus tarkvara kui teenuse sisseostu puhul

Kahes eelnevas peatükis arvutati ja saadi teada äriarhitektuuri keerukus uue majasiseselt installeeritud rakenduse puhul. Järgmiseks arvutatakse keerukust väljendav suuruse mudelile, kus tarkvara on paigaldatud pilve ehk ettevõtte kasutab SaaS teenuse mudelit. Pilvepõhine lahendus võib olla nii privaatne kui ka avalik, kuid koostatud mudeli puhul ei ole see määrav. Oluliseks muudatuseks äriarhitektuuris on asjaolu, et vastutus tarkvara halduse ja ülalhoiu eest läheb ettevõtte enda IT arenduse ja halduse osakonnalt üle teenuse pakkujale. Selle muudatuse tulemusel hakkab ettevõtte suuremal määral sõltuma tarkvara tootjast. Planeeritavate muudatuste prognoositav tulemus on, et struktuurne keerukus jääb samaks või siis tõuseb ainult veidi, kuna lisandub uus väline äriüksus teenusepakkujana. Koostatud mudel on näha joonisel „Joonis 12: Äriarhitektuur SaaS teenusmudeli puhul“.



Joonis 12: Äriarhitektuur SaaS teenusmodeli puhul

Võrreldes SaaS mudelit kahe eelnevaga, siis majasisese ERP rakenduse asemel on uus väline süsteem ehk teenusepakkuja-ERP ja uus väline äriüksus ehk ERP tarkvara tootja. Teatud muudatuse tulemusel on elementide vahelised seosed veidi muutunud ja järgnevalt arvutatakse, millist mõju teatud muudatus avaldab äriarhitektuuri struktuursele keerukusele.

Tabelis „Tabel 7: Äriarhitektuuri elemendid SaaS mudeli puhul“ on toodud SaaS teenusmodeli puhul kasutuses olevad äriarhitektuuri elemendid koos nende tüübi ja hinnangulise keerukusega. Vanast lahendustest üle toodud elementide puhul säilitatakse hinnang nende keerukusele kuna need ei muutu ja annan hinnangu uute lisandunud elementide keerukusele.

Tabel 7: Äriarhitektuuri elemendid SaaS mudeli puhul

#	Element	Tüüp	Keerukus
1	Aruandluse rakendus	Süsteem	3
2	Teenusepakkuja-ERP	Väline süsteem	4
3	ESB	Süsteem	2
4	Maksuamet	Väline süsteem	3
5	Andmelao andmebaas	Süsteem	4
6	Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	2
7	Failvahetuse server	Süsteem	1

#	Element	Tüüp	Keerukus
8	Kliendihaldusprogramm	Süsteem	3
9	Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	4
10	Finantsplaneerimise programm	Süsteem	2
11	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	Süsteem	1
12	Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	1
13	Active Directory	Süsteem	1
14	Internetipank	Väline süsteem	3
15	Andmelaadimise programm	Süsteem	2
16	ERP tarkvara tootja	Väline äriüksus	5
17	IT Haldus	Äriüksus	4
18	Ettevõtte töötaja	Äriüksus	1
19	Personaliosakond	Äriüksus	2
20	Tootmisjuht	Äriüksus	3
21	Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	5
22	IT Arendus	Äriüksus	4
23	Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	4

Tabelis „Tabel 8: Seosed äriarhitektuuris SaaS teenusemudeli puhul“ toon ära joonisel „Joonis 12: Äriarhitektuur SaaS teenusemudeli puhul“ olevad seosed elementide vahel koos nende tüübiga ja hinnanguga seose keerukusele.

Tabel 8: Seosed äriarhitektuuris SaaS teenusemudeli puhul

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
Andmelaadimise programm	Süsteem	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	5
Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	5
Kliendihaldusprogramm	Süsteem	Tootmise juhtimise rakendus	C-SQL	Süsteem	5
Andmelaadimise programm	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
Finantsplaneerimise programm	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	Personali ja palgaarvestuse programm	PP-REST	Süsteem	2
Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	CO-REST	Süsteem	2
Andmelaadimise programm	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Finantsplaneerimise programm	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Kliendihaldusprogramm	Süsteem	ESB	ESB-CRM-REST	Süsteem	2
Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	ESB	ESB-CORE-REST	Süsteem	2

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	ESB	ESB-TRAVEL-REST	Süsteem	2
Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	ESB	ESB-HR-REST	Süsteem	2
Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	Süsteem	ESB	ESB-CONT-REST	Süsteem	2
ESB	Süsteem	Teenusepakkuja-ERP	ERP-REST	Väline süsteem	3
Teenusepakkuja-ERP	Väline süsteem	Maksuamet	MA-REST	Väline süsteem	3
ESB	Süsteem	Internetipank	IP-WEB	Väline süsteem	3
ESB	Süsteem	Failvahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
ESB	Süsteem	Active Directory	AD-LDAP	Süsteem	1
Aruandluse rakendus	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Internetipank		Väline süsteem	5
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Maksuamet		Väline süsteem	5
Finantsarvestuse osakond	Äriüksus	Finantsplaneerimise programm		Süsteem	3
IT Arendus	Äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	4
IT Arendus	Äriüksus	ESB		Süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	4
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Tootmisjuht		Äriüksus	4
Tootmisjuht	Äriüksus	Tootmise juhtimise rakendus		Süsteem	3
Tootmisjuht	Äriüksus	Kliendihaldusprogramm		Süsteem	3
Personaliosakond	Äriüksus	Personali ja palgaarvestuse programm		Süsteem	3
Ettevõtte töötaja	Äriüksus	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks		Süsteem	3
Ettevõtte töötaja	Äriüksus	Tugirakendus lähetuste haldamiseks		Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	Active Directory		Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	Finantsplaneerimise programm		Süsteem	3
IT Haldus	Äriüksus	ESB		Süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Aruandluse rakendus		Süsteem	3
ERP tarkvara tootja	Väline äriüksus	Teenusepakkuja-ERP		Väline süsteem	5

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
ERP tarkvara tootja	Väline äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	5
IT Arendus	Äriüksus	ERP tarkvara tootja		Väline äriüksus	5
Personaliosakond	Äriüksus	Finantsarvestuse osakond		Äriüksus	4

Tabelis „Tabel 9: SaaS teenuse mudelile vastav DSM maatriks“ on äriarhitektuurile vastav struktuurile vastav DSM binaarmaatriks, mille alusel arvutatakse graafi energia $E(A)$.

Tabel 9: SaaS teenuse mudelile vastav DSM maatriks

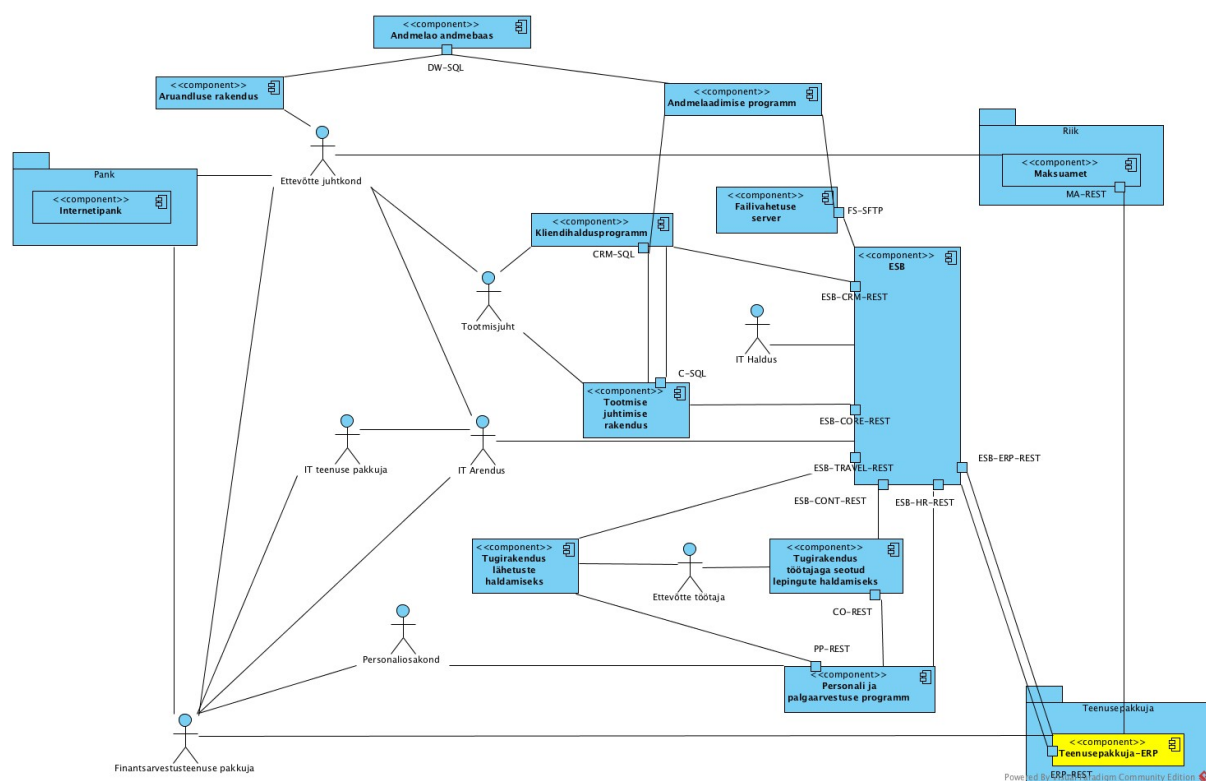
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0

Pannes saadud arvud struktuurse keerukuse arvutusvalemisse $C = C_1 + C_2 C_3$, arvutatakse esmalt DSM binaarmaatriksi abil graafi energia R' iga saades eigeni absoluutväärtuste summaks $E(A) = 33,80$. Graafi elementide keerukuste summa on 64 ja seoste keerukuse summa on 131 ning graafis olevad 23 elementi annavad arvutuse tulemusel praeguse äriarhitektuuri struktuurse keerukuse väärtuseks $C = 64 + 131 * (33,80/23) = 256,54$.

Selles peatükis leiti äriarhitektuuri struktuurset keerukust väljendav suurus, kui finantsarvestuse tarkvara on kasutusele võetud SaaS meetodil. Viimasena arvatatakse ekspertide poolt pakutud kolmandaks alternatiivseks mudeliks finantsarvestusteenus teenusena sisseostmist allhanke korras mõnelt finantsarvestusteenust pakkuvalt ettevõttelt.

5.4 Äriarhitektuuri keerukus finantsarvestuse teenusena sisseostu puhul

Eelnevas kolmes peatükis arvatati struktuurse äriarhitektuuri keerukus mudelitele, kus finantsarvestusega tegeles ettevõttesisene äriüksus. Neljandas mudelis tehakse hüpoteetilise ettevõtte äriarhitektuuris muudatus, kus ettevõtte hakkab finantsarvestusteenust väliselt teenusepakkuvalt teenusena tellima. Selle muudatuse tulemusel muutuvad vastavalt nii tehnilised integratsioonid kui ka äriüksuste vahelised seosed. Planeeritavate muudatuste prognoositav tulemus on, et struktuurne keerukus kasvab, kuna tehnilised madala keerukusega integratsioonid asenduvad keerukate seostega äriüksuste vahel. Koostatud mudel on ära toodud joonisel „Joonis 13: Äriarhitektuur allhanke korral“.



Joonis 13: Äriarhitektuur allhanke korral

Võrreldes SaaS ja mudeli allhanke äriarhitektuuri, siis peamine erinevus seisneb selles, et ettevõtte finantsarvestuse äriüksust asendab vastavat teenust osutav teenusepakkuja. Selle

muudatuse tulemusel tihenevad ettevõtete vahelises seosed. Kui eelnevate mudelite puhul oli võimalik tööd ja suhtlust korraldada ettevõtte siseselt, siis nüüd tuleb tööülesannete täitmist ja vastutust korraldada ettevõtete üleselt. Kuna ekspertide hinnangul on organisatsioonisisest tööd korraldada lihtsam kui organisatsioonide vahelist seost, siis sellest tulenevalt hinnati nii elemendi keerukust kui elemendiga seotud seoseid maksimaalsele viiele punktile. Mudelis toodud elementide tüübid ja keerukused on ära toodud tabelis „Tabel 10: Äriarhitektuuri elemendid teenuse sisseostu korral“. Elementide tüüpideks on kasutatud määratlusi: Süsteem, Väline süsteem, Äriüksus ja Väline äriüksus. Juhul kui süsteem või äriüksus kuulub ettevõtte enda haldusalasse, on tüübiks süsteem või äriüksus, kui element kuulub väljaspoole ettevõtte haldusala, on tüübiks väline süsteem või väline äriüksus.

Analoogselt eelnevatele on elementide ja seoste keerukusi hinnatud viie punkti süsteemis 1 kuni 5, kus 1 väljendab vastavalt kõige lihtsamat ja 5 kõige keerulisemat.

Tabel 10: Äriarhitektuuri elemendid teenuse sisseostu korral

#	Element	Tüüp	Keerukus
1	Aruandluse rakendus	Süsteem	3
2	Teenusepakkuja-ERP	Väline süsteem	4
3	ESB	Süsteem	2
4	Maksuamet	Väline süsteem	3
5	Andmelao andmebaas	Süsteem	4
6	Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	2
7	Failivahetuse server	Süsteem	1
8	Kliendihaldusprogramm	Süsteem	3
9	Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	4
10	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	Süsteem	1
11	Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	1
12	Internetipank	Väline süsteem	3
13	Andmelaadimise programm	Süsteem	2
14	IT teenuse pakkuja	Väline äriüksus	5
15	Finantsarvestusteenuse pakkuja	Väline äriüksus	5
16	Ettevõtte töötaja	Äriüksus	1
17	Personaliosakond	Äriüksus	2
18	Tootmisjuht	Äriüksus	3
19	IT Haldus	Äriüksus	4
20	Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	5
21	IT Arendus	Äriüksus	4

Mudelis olevad elementide vahelised seosed ja hinnang seose keerukusele on koondatud tabelisse „Tabel 11: Äriarhitektuuri seosed teenuse sisseostu korral“.

Tabel 11: Äriarhitektuuri seosed teenuse sisseostu korral

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
Andmelaadimise programm	Süsteem	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	5
Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	Kliendihaldusprogramm	CRM-SQL	Süsteem	5
Kliendihaldusprogramm	Süsteem	Tootmise juhtimise rakendus	C-SQL	Süsteem	5
Andmelaadimise programm	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	Personali ja palgaarvestuse programm	PP-REST	Süsteem	2
Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	CO-REST	Süsteem	2
Andmelaadimise programm	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
Kliendihaldusprogramm	Süsteem	ESB	ESB-CRM-REST	Süsteem	2
Tootmise juhtimise rakendus	Süsteem	ESB	ESB-CORE-REST	Süsteem	2
Tugirakendus lähetuste haldamiseks	Süsteem	ESB	ESB-TRAVEL-REST	Süsteem	2
Personali ja palgaarvestuse programm	Süsteem	ESB	ESB-HR-REST	Süsteem	2
Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks	Süsteem	ESB	ESB-CONT-REST	Süsteem	2
ESB	Süsteem	Failivahetuse server	FS-SFTP	Süsteem	1
ESB	Süsteem	Teenusepakkuja-ERP	ERP-REST	Väline süsteem	3
Teenusepakkuja-ERP	Väline süsteem	ESB	ESB-ERP-REST	Süsteem	3
Teenusepakkuja-ERP	Väline süsteem	Maksuamet	MA-REST	Väline süsteem	3
Aruandluse rakendus	Süsteem	Andmelao andmebaas	DW-SQL	Süsteem	5
IT Arendus	Äriüksus	ESB		Süsteem	3
IT Arendus	Äriüksus	Ettevõtte juhtkond		Äriüksus	4
IT Haldus	Äriüksus	ESB		Süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Tootmisjuht		Äriüksus	4
Tootmisjuht	Äriüksus	Tootmise juhtimise rakendus		Süsteem	3
Tootmisjuht	Äriüksus	Kliendihaldusprogramm		Süsteem	3

Vasakpoolne element		Parempoolne element			Seose keerukus
Element	Tüüp	Element	Liides	Tüüp	
Personaliosakond	Äriüksus	Personali ja palgaarvestuse programm		Süsteem	3
Ettevõtte töötaja	Äriüksus	Tugirakendus töötajaga seotud lepingute haldamiseks		Süsteem	3
Ettevõtte töötaja	Äriüksus	Tugirakendus lähetuste haldamiseks		Süsteem	3
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Finantsarvestusteenuse pakkuja		Väline äriüksus	5
IT Arendus	Äriüksus	Finantsarvestusteenuse pakkuja		Väline äriüksus	5
Finantsarvestusteenuse pakkuja	Väline äriüksus	Personaliosakond		Äriüksus	5
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Internetipank		Väline süsteem	5
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Aruandluse rakendus		Süsteem	3
Finantsarvestusteenuse pakkuja	Väline äriüksus	Teenusepakkuja-ERP		Väline süsteem	5
Finantsarvestusteenuse pakkuja	Väline äriüksus	Internetipank		Väline süsteem	5
Finantsarvestusteenuse pakkuja	Väline äriüksus	IT teenuse pakkuja		Väline äriüksus	5
IT Arendus	Äriüksus	IT teenuse pakkuja		Väline äriüksus	5
Ettevõtte juhtkond	Äriüksus	Maksuamet		Väline süsteem	5

Tabelis „Tabel 12: DSM binaarmaatriks teenuse sisseostu korral“ on struktuurile vastav DSM binaarmaatriks, mille alusel arvutatakse graafi energia $E(A)$.

Tabel 12: DSM binaarmaatriks teenuse sisseostu korral

0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	1	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	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0

Pannes saadud arvud struktuurse keerukuse arvutusvalemisse $C = C_1 + C_2C_3$, arvutatakse esmalt DSM binaarmatriksi abil graafi energia R' iga saades eigeni absoluutväärtuste summaks $E(A) = 30,12$. Graafi elementide keerukuste summa on 62 ja seoste keerukuse summa on 127 ning graafis olevad 21 elementi annavad äriarhitektuuri struktuurse keerukuse väärtuseks finantsarvestus teenusena sisseostu korral $C = 62 + 127 * (30,12/21) = 244,13$.

Allhanke kasutamisel äriarhitektuurse lahendusena soovitasid eksperdid kontrollida finantsarvestuse äriüksuse poolt teostatavate tööülesannete omavaheliste seoste topoloogilist keerukust. Selleks on koostatud nimekiri peamistest tööülesannetest ja DSM binaarmatriks, mis kirjeldab tööülesannete omavahelist seotust. Hüpoteesi kontrollimise eesmärk on vajadus leida vastus küsimusele, kui palju on finantsarvestusega tegelevate töötajate tööülesannete hulgas selliseid tegevusi, mis ei nõua kõrget erialast kvalifikatsiooni ja mis ei ole teiste tööülesannetega tihedalt seotud. Juhul kui selliste tööülesannete osakaal on piisavalt suur, võib osutada otstarbekaks osalise teenuse sisseostmine. Finantsarvestuses teostatavaid tööülesandeid ja nende ülesannete omavahelisi seoseid väljendab DSM binaarmatriks, mis on ära toodud lisa „Lisa 2: Tööülesanded finantsarvestuses“.

Tabelis „Tabel 16: Finantsarvestuse tööülesannete DSM binaarmatriks“ toodud DSM binaarmatriksi alusel on välja arvutatud graafi energia, mille suuruseks on saadud $E(A)=52,99$. Kui saadud väärtus jagada matriksis osalevate elementide arvuga 28, saadakse topoloogilise keerukuse väärtuseks $52,99/28=1,89$, mis näitab, et finantsarvestuse tööülesanded on omavahel tihedalt seotud ja mõne ülesande eraldamine ei tarvitse anda oodatud tulemust.

Selles peatükis arvutati kolmanda alternatiivse mudeli äriarhitektuuri struktuurne keerukus ja finantsarvestuse tööülesannete topoloogiline keerukus. Saadud arvutuse tulemused

võimaldavad järgmises peatükis võrrelda erinevate lahenduste keerukusi, mis loob täiendava sisendi otsustusprotsessile, millise lahenduse kasuks otsustada.

5.5 Äriarhitektuuri struktuurse keerukuse arvutuse kokkuvõtteks

Käesoleva peatüki neljas alampeatükis arvatati äriarhitektuuri keerukused erinevatele funktsionaalsetele lahendustele, mis baseeruvad samal kontseptuaalsel mudelil. Ehk siis tehtud töö tulemusel saadi teada sama ärilise tulemuseni viiva nelja äriökosüsteemi keerukused ja ka seda, et finantsarvestuse äriüksuse tööülesanded on omavahel tihedalt seotud.

Uurimistöö alguses kirjeldatud keerukuse mõju maksumusele võiks motiveerida eelistama madalama keerukusega lahendust. Praeguse lahenduse asendamisel uuega on lahenduse keerukusel oluline mõju selle maksumusele, millel omakorda on otsene mõju ettevõtte majandustulemustele. Teisisõnu - selleks, et lubada suuremat keerukust ja sellest tulenevalt kallimat lahendust, peab uus lahendus hakkama rohkem raha sisse tooma kui seni kasutuses olev lahendus.

Kasutatud meetodika eesmärk on keerukuse hindamisel vähendada kognitiivsuse ja subjektiivsuse osakaalu ning suurendada objektiivsuse osakaalu. Teostatud arvutus on vajalik selleks, et hinnang äriarhitektuuri keerukusele ei oleks subjektiivne ja oleneks minimaalselt hinnangu andja kognitiivsest suutlikkusest.

Järgnevas peatükis võrreldakse modelleeritud äriarhitektuuri keerukusi omavahel, kirjeldatakse uurimistöö käigus õpitut ja antakse hinnang meetodi kasutatavusele reaalelulise olukorra lahendamisel.

6 Keerukuste võrdlus ja valiku tegemine

Uurimistöö alguses seati eesmärgiks kontrollida äriarhitektuuri struktuurse keerukuse muutumist hüpoteetilises ettevõttes finantsarvestuse tarkvara uuendamise näitel. Tulemuse saavutamiseks koostati kontseptuaalne mudel, mis rahuldab ettevõtte vajadusi ja millele pidi vastama funktsionaalne äriarhitektuuri lahendus. Hüpoteesi kohaselt on ettevõttes praegu kasutuses enam kui kümme aastat tagasi juurutatud rakendus, mille tootjapoolne tugiteenus on lõppenud ja jätkuva edasise kasutamisega kaasneb risk, et häirete tekkimisega selle töös kaasnevad raskused tarkvara töövõime taastamisel. Aja jooksul, mil rakendus on olnud kasutusel, on edasi arenenud nii riistvara, operatsioonisüsteem kui vahekihtide tarkvara, mis kõik muudavad tarkvara tööks vajaliku infrastruktuuri loomise keerukamaks. Kirjeldatud riskide maandamiseks koostati kolm alternatiivset tänapäevast lahendust, mis rahuldavad ettevõtte finantsarvestuse teostamiseks vajaliku äriökosüsteemi. Kognitiivsel teel määratud keerukuste kontrollimiseks ja tegeliku struktuurse keerukuse teada saamiseks arvatati vastavad väärtused praegu kehtivale olukorrale ja kolmele alternatiivsele lahendusele.

Esimene alternatiivina pakuti välja olemasoleva rakenduse asendamine uuega. Sellisel lahendusel on minimaalne mõju äriorganisatsioonile, kuna äriökosüsteemi äriüksuste arv jääb samaks. Vähesel määral muutub ainult IT osakondade töö uute rakenduste ja teistsuguste integratsioonide tõttu.

Järgmisel alternatiivil ehk rakendustarkvara kasutamisel teenusena on otsesem mõju nii äriorganisatsioonile kui tehnilistele integratsioonidele. Osa tööülesandeid, mida täitsid ja mille eest kandsid vastust ettevõtte koosseisu kuuluvad struktuurüksused, liiguvad sellise lahenduse puhul ettevõttest välja. SaaS lahendusega kaasnevad ka muutused tehnilistes integratsioonides, mille loomisel tuleb arvesse võtta uusi vastutuspiire ja täiendavaid IT riske.

Viimase alternatiivina koostati äriarhitektuurne lahendus, kus olemasoleva rakenduse väljavahetamise asemel hakkab ettevõtte finantsarvestuse teenust mõnelt vastava valdkonna teenusepakkujalt allhankena sisse ostma. Selline äriökosüsteem hakkaks praegusest kõige rohkem erinema, kuna mudelis tuleb finantsarvestuse osakond asendada välise osapoollega ning ettevõtte majasisesed rakendused integreerida teenusepakkuja süsteemidega.

Kõigile kirjeldatud äriarhitektuursetele lahendustele on arvatud nende struktuurset keerukust väljendav arvväärtsus.

Käesolevas peatükis kõrvutatakse äriarhitektuure ja nende struktuurset keerukust. Tuuakse välja, millised on keerukust mõjutavad olulised omadused ja kuidas need alternatiivsete lahenduste puhul teineteisest erinevad. Täiendavalt kirjeldatakse arhitektuuri keerukuse arvutamise käigus tehtud avastusi ja tähepanekuid ning milliseid järeldusi ja otsuseid on võimalik nende põhjal teha.

6.1 Alternatiivsete lahenduste võrdlus

Tabelisse „Tabel 13: Alternatiivsete lahenduste struktuurne keerukus“ on koondatud kõigi nelja äriarhitektuurse lahenduse keerukuse arvutamiseks vajalikud parameetrite väärtused.

Tabel 13: Alternatiivsete lahenduste struktuurne keerukus

	Praegune olukord	Alternatiivid tulevikuks		
		Uus majasisene rakendus	SaaS	Finantsarvestuse teenusena sisseost
Elemente graafis	21	22	23	21
Seoseid graafis	38	42	40	36
C1 – Elementide keerukuste kogusumma	58	59	64	62
C2 – Seoste keerukuste kogusumma	131	125	131	127
E(A) – graafi energia	30,16	33,12	33,80	30,12
C3 – arhitektuurne keerukus	1,44	1,51	1,47	1,43
Struktuurne keerukus	246,12	247,21	256,54	244,13

Saadud tulemused on mitmes mõttes üllatavad. Järgnevalt vaatleme ja võrdleme neid ükshaaval.

6.1.1 Praegune olukord vs uus majasisene rakendus

Uurimistöö hüpoteese püstitades ja mudeleid koostades arvati, et asendades keerukad otsesed süsteemide vahelised SQL põhised integratsioonid REST liidestel põhinevate integratsioonidega läbi ESB vahesüsteemi, alaneb äriarhitektuuri struktuurne keerukus. Ehk ootus oli, et selle muudatuse juurutamisel struktuurne keerukus alaneb, aga nagu tabelist

nähtub, on ettevõtte praeguse äriarhitektuuri keerukuse väärtus 246,12 ja uue majasisese rakenduse puhul oleks keerukuseks 247,21. Tõus on küll vaid alla 1%, kuid see on olemas. Mudelis olevate elementide arv kasvas 1 elemendi võrra, mille põhjustas ESB juurutamine, ja mudelis olevate seoste arv kasvas 4 seose võrra, mis tuleneb samuti ESB juurutamisest, kuna nii IT halduse kui arenduse üksusel on üks süsteem lisaks, millega tuleb tegeleda, ning ka ESB ja ERP vajavad omavahelist ühendamist. Mudelites olevate elemendide keskmine keerukus vähenes 2,76-lt 2,68-le, alanedes 3%, ja seose keskmine keerukus tegi läbi veel suurema languse, kahanedes 3,45-lt 2,98-le, alanedes koguni 14%. Graafi energia väärtus kasvas 30,16-lt 33,12-le (tõus 10%), mis viitab olulisele topoloogilise keerukuse kasvule. Kuna üleminekuga ühelt arhitektuurilt teisele ei kaasnenu äriorganisatsiooni muutusi, siis tulenevad kirjeldatud muutused ja struktuurse keerukuse tõus ainult tehniliste integratsioonide muutmisest.

Kuna lõpptulemuse muutus jääb alla 1%, võib väita, et struktuurne keerukus jääb samaks ja mudelis tehtud muudatus ei kattunud kognitiivsel teel määratuga, kuigi oli ootus, et struktuurne keerukus väheneb.

Kui antud uurimistöös hüpoteetilise ettevõtte näitel võib saadud tulemusega leppida, kuna tegemist on lihtsustatud äriökosüsteemi mudeliga võrreldes ettevõtetes kasutusel olevatega ning ka elementide ja seoste keerukused võivad varieeruda, siis antud uurimuse tulemusel ei saa väita, et liidestuse muutmine kirjeldatud viisil struktuurset keerukust ei muuda. Selleks, et veenduda ESB juurutamise mõjust ettevõtte nii äriarhitektuurile kui IT arhitektuurile, on tarvis sama meetodit rakendada mitmete ettevõtetega näitel, kuni statistiline hälve muutub piisavalt usaldusväärseks. Korduste tegemisel tuleb ka kindlasti arvesse võtta ettevõttes olevate süsteemide integratsioone ja kas ESB on juba kasutusel või oleks selle juurutamine täiesti uueks IT infrastruktuuri komponendiks.

Võrdluse kokkuvõtteks ütleks, et subjektiivsed hinnangud keerukuse suurusele võivad olla väga lihtsalt petlikud ning kõik hüpoteesid tuleks mõistlikkuse piires objektiivselt üle kontrollida.

6.1.2 Uus majasisene rakendus vs tarkvara kui teenus

Planeerides muudatust, kus majasiselt rakenduselt minnakse üle lahendusele, kus finantsarvestuse tarkvara hakatakse kasutama teenusena, jääb struktuurne keerukus samale

tasemele või tõstab ainult veidi, kuna lisandub uus väline äriüksus teenusepakkuja näol. Kuigi prognoositi, et mudelis tehtavate muudatuste juurutamisel struktuurse keerukuse tase oluliselt ei muutu, on tabelist „Tabel 13: Alternatiivsete lahenduste struktuurne keerukus“ näha, et sellise mudeli korral, kus tarkvara kasutatakse kui teenust on struktuurse keerukuse väärtus 256,54 samal ajal kui uue majasisese rakenduse puhul saadi struktuurseks keerukuseks 247,21. Antud juhul avastati üllatuslikult, et tarkvara teenusena sisseostmise puhul keerukus suurenes 4%. Mudelis olevate elementide arv kasvas 1 elemendi võrra, mille põhjustas uue välise äriüksuse lisandumine, ja mudelis olevate seoste arv vähenes 2 seose võrra, mis tuleneb finantsarvestuse rakenduse viimisest väljapoole ettevõtte haldusala. Selliselt on nii IT halduse kui arenduse üksusel vähem üks süsteem, millega tegeleda tuleb. Mudelites olevate elementide keskmine keerukus kasvas 2,68-lt 2,78-le, kasvades 3%, mis annab samaväärse tulemuse kui hetkel kehtiv olukord. Seoste keskmine keerukus tegi läbi veel suurema tõusu, kasvades 2,98-lt 3,28-le, kerkides seega 10%. Graafi energia jäi püsima samale tasemele, kasvades 33,12-lt 33,80-le (tõus 2%), viidates suhteliselt identsele graafi topoloogiale. Kuna üleminekuga äriökosüsteemilt, kus ettevõtte kasutab majasisest finantsarvestuse rakendust, lahendusele, kus ettevõtte hakkab kasutama SaaS'il põhinevat arhitektuurset mudelilt, kaasneb äriorganisatsiooni muudatus, millega finantsarvestussüsteemiga seotud tööülesanded ja vastutus lähevad ettevõtte IT arenduse ja haldusosakonnalt üle teenusepakkujale, ei kaasnenud märkimisväärseid IT tehnilisi arhitektuurseid muudatusi, siis võib väita, et uue lahenduse keerukuse kasv tuleneb välise äriüksuse lisandumisest.

Põhjusel, et struktuurne keerukus kasvas 4%, võib väita, et kui äriorganisatsiooni muuta keerulisemaks ilma IT tehnilist arhitektuuri lihtsustamata, siis põhjustab see äriarhitektuuri struktuurse keerukuse kasvu. Tehtud katsetuse näitel selgus, et arvutuslikul teel saadud tulemus ei kattunud kognitiivsel teel määratuga. Ootus oli, et struktuurne keerukus jääb samaks või tõuseb ainult veidi, kuid see kasvas oodatust rohkem.

Saadud tulemuse kontrollimiseks paluti Oracle koostööpartneril RockSoft nende kogemuse põhjal hinnata juurutamisega kaasnevat tööde mahtu majasisese rakenduse puhul ja tarkvara kui teenuse sisseostmise puhul. Võrdluse aluseks võeti sellised lahendused, mille puhul klientidele pakuti välja mõlemad variandid ja pakutud lahendused pidid andma võrdväärse tulemuse. Tehtud pakkumiste ja tööde analüüsist selgus, et majasiseste lahenduste

juurutamise korral on tööde maht 30% suurem. Peamine erinevus tulenes rakenduse tööks vajaliku infrastruktuuri paigaldamisest. Tarkvara kui teenuse kasutamise korral on teenuspakkujal töövalmis rakendus juba olemas, mis tuleb ainult konfigurereida tellija soovidele vastavaks. Eelöeldupõhjal võiks oletada, et majasisese lahenduse juurutamine ja opereerimine on keerukam võrreldavast alternatiivsest lahendusest, kuna tuleb tegeleda nii infrastruktuuri ülespaneku ja töös hoidmisega.

Enne, kui käesoleva uurimistöö raames hüpoteetilise ettevõtte näitel tehtud lahenduse põhjal teha kaugele ulatuvaid järeldusi, on vajalik kasutatud meetodit rakendada koostöös ERP lahendusi pakkuvate ettevõtetega, kelleks võivad näiteks olla Gartneri poolt ära märgitud ettevõtted, kes on välja toodud joonisel „Joonis 3: Gartneri Magic Quadrant pilvepõhiste finantsjuhtimiskenduste kohta“. Kuna uurimistöös on kasutatud lihtsustatud äriökosüsteemi mudelit võrreldes tegutsevates ettevõtetes kasutusel olevaga ning ka elementide ja seoste keerukused võivad erineda, siis antud uurimuse tulemusel ei saa väita, et rakenduse viimine majast välja koos vastutusega tagada selle käideldavus kindlasti tõstab struktuurset keerukust. Pärast seda, kui majasisene rakendus on piisav arv kordi üle viidud SaaS-põhisele arhitektuurile ja saadud tulemuse põhjal joonistub välja usaldusväärne trend, saame teha kokkuvõtte, kuidas selline muudatus mõjub äriökosüsteemi struktuursele keerukusele.

Teisena tehtud muudatus andis järjekordse kinnituse, et subjektiivsed hinnangud struktuurse keerukuse suurusele võivad olla väga petlikud ning seatud hüpoteese on tarvis mõistlikkuse piires objektiivsust tagavate meetoditega üle kontrollida.

6.1.3 Tarkvara kui teenus vs teenuse sisse ostmine

Kolmandat äriarhitektuurset lahendust planeerides arvati, et finantsarvestuse funktsiooni delegeerimine välisele teenusepakkujale kergitab märkimisväärselt äriarhitektuuri struktuurset keerukust. Aga nagu tabelis „Tabel 13: Alternatiivsete lahenduste struktuurne keerukus“ olevatest arvutuste tulemustest näha on, siis allhanke korral finantsarvestuse teenuse sisseostmisel äriarhitektuuri struktuurne keerukus hoopis vähenes. Saadud struktuurse keerukuse väärtus on 244,13, kui SaaS mudeli korral on struktuurseks keerukuseks 256,54. Pettumuseks avastati, et tulemus alanes 5%, olles kõigi lahenduste

hulgast kõige väiksema struktuurse keerukusega äriarhitektuur. Mudelis olevate elementide koguarv vähenes 2 elemendi võrra. Uues lahenduses on finantsarvestuse osakond asendatud finantsarvestuse teenuse pakkujaga ning lisatud IT teenusepakkuja, kelle ülesandeks on hoolitseda kasutusel oleva ERP süsteemi eest. Mudelist on eemaldatud ERP autentimisteenuse osutamiseks vajalik Active Directory. Samuti kadus ära vajadus finantsplaneerimise programmi järele ja ette ei nähtud lepingulist vahekorda finantsarvestust teenusena kasutava ettevõtte ja ERP rakenduse tootja vahel. Mudelis olevate seoste arv vähenes 4 seose võrra eemaldatud elementide arvelt. Elementide keskmine keerukus kasvas 2,78-lt 2,95-le, kasvades 6%. Seoste keskmine keerukus tegi läbi veel suurema tõusu, kasvades 3,28-lt 3,53-le, kerkides 8%, mis on vägagi märkimisväärne, eriti kui võtta arvesse struktuurse keerukuse alanemist. Graafi energia vähenes võrreldes teiste lahendustega absoluutse miinimumini, alanedes 33,80-lt 30,12-le (alanemine 11%), mis viitab suurenenud hierarhilisele topoloogiale graafis.

Vaatamata asjaolule, et nii elementide kui seoste keskmine keerukus kasvas, mõjutas graafi energia vähenemine struktuurset keerukust, vähendades seda 5% võrra. Kui võtta arvesse, et graafi energia on kõige madalam tsentraliseeritud topoloogia korral ning kõige kõrgem hajustopoloogia korral ning tsentraliseeritud topoloogia jääb nende vahele, siis selgitab see ka saadud tulemust, kuna viimati loodud mudelis on hajusus vähenenud ning suurem osa seoseid koondub ESB ja finantsarvestusteenuse pakkuja ümber. Kokkuvõtteks tasub sellest näitest meelde jätta, et vaatamata arhitektuuris osalevate elementide ja seoste keerukuse kasvule on võimalik neid õigesti ühendades struktuurset keerukust vähendada. Tehtud katse näitel selgus, et arvutuslikul teel saadud tulemus erineb kognitiivsel teel määratuga. Ootus oli, et struktuurne keerukus kasvab, kuid selle asemel see hoopis vähenes.

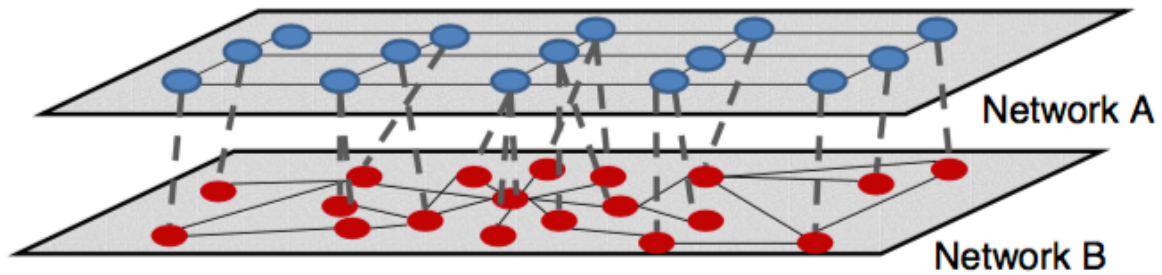
Sarnaselt eelnevatele mudelite võrdlustele ei saa antud näite varal täie kindlusega väita, et finantsarvestusteenuse sisseostmine tagab kõige väiksema keerukusega äriökosüsteemi. Käesolev uurimistöö vaatleb ainult struktuurset keerukust, kuid lisaks struktuursele keerukusele eksisteerib veel funktsionaalne keerukus, mida ei ole siin arvesse võetud.

Lahendus, mille korral finantsarvestust teenusena sisse ostetakse, tõi selgelt välja, et keerukust õigesti juhtides ja seda kontrolli all hoides on võimalik saavutada väiksema struktuurse keerukusega lõpptulemus kui subjektiivselt hinnates võiks arvata.

6.2 Meetodi rakendatavuse tugevused ja nõrkused

Selles peatükis annab töö autor hinnangu töö sisulises osas kirjeldatud äriarhitektuuri keerukuse mõõtmise kõigus saadud kogemuse põhjal potentsiaalseid meetodika tugevusi, nõrkusi ja piiranguid. Uurimistöö idealistlikuks lõppeesmärgiks oli käesoleva töö tulemusel jõuda väiteni, milline kolmest kirjeldatud alternatiivsest äriarhitektuurist on kõige otstarbekam. Hinnates peatükis 6.1 toodud meetodite võrdluseid ja kaaludes saadud arvutuste tulemusi, siis väidan, et töö ideaalset lõppeesmärki ei saavutatud ning käesoleva uurimistöö tulemusel ei ole võimalik usaldusväärset väita, millist alternatiivset äriarhitektuuri on kõige otstarbekam rakendada. Järgenvalt analüüsitakse põhjuseid, miks autor nii arvab ja kirjeldab, mida uurimistööd tehes õppis.

Tuginedes autoritele E. Crawley, B. Cameron ja D. Selva poolt koostatud publikatsioonile [14] moodustab süsteemi arhitektuuri selle elementide abstraktne kirjeldus ja süsteemis olevate elementide vahelised seosed. Selle saab siduda autorite R. Rosasco ja J. Dehlinger kirjeldusega äriarhitektuuri eesmärgist, milleks on ettevõtte äriliste eesmärkide joondamine IT infrastruktuuriga viisil, mis tagavad kasvu tulevikus [1]. Ühendades toodud süsteemiarhitektuuri ja äriarhitektuuri kirjeldused saab teha üldistuse, et mõlemad on sama universumi teineteisega tihedalt seotud kaks paralleelset maailma. Kui süsteemiarhitektuuri elementideks on kogum riist- ja tarkvaralisi komponente, mis suhtlevad omavahel digitaalseid signaale saates ja vastu võttes, siis äriarhitektuur laiendab süsteemiarhitektuuri, lisades sellele kasutajad ja andes funktsionaalse eesmärgi. Süsteemiarhitektuur erineb äriarhitektuurist selle poolest, et kui süsteemi saab välja lülitada, siis äriarhitektuuri ei saa. Autor K. Sinha kirjeldab süsteemiarhitektuuri keerukust kolmes erinevas dimensioonis: (1) struktuurne, (2) funktsionaalne ja (3) organisatoorne [8], millest viimane seob omavahel süsteemiarhitektuuri ja äriarhitektuuri. Kahe arhitektuuri kui või võrgustiku omavaheline kooskõla näeb välja selline, nagu on kujutatud joonisel „Joonis 14: Süsteemi- ja äriarhitektuuri omavaheline kooskõla“.



Joonis 14: Süsteemi- ja äriarhitektuuri omavaheline kooskõla [8]

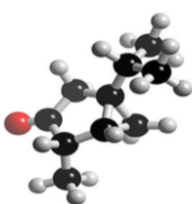
Toodud võrgustikke saab nimetada graafideks, mistõttu on meil tegemist graafide süsteemiga¹. Kusjuures ei ole määrava tähtsusega kumb võrgustikest, kas A või B, on süsteemiarhitektuur ja kumb on äriarhitektuur. Peab pidama silmas, et äriarhitektuuri eesmärk on aidata ettevõttel saavutada ärilisi eesmärke ja süsteemiarhitektuuri eesmärk on toetada äriarhitektuuris olevatel elementidel täita oma funktsioone. Võrgustikud A ja B on tihedalt seotud, mõjutades teineteist vastastikku. Äriliselt seatud eesmärke on võimalik saavutada, kui arhitektuuridesse valida õiged elemendid ja need omavahel õigesti siduda, mille tulemusena saadud struktuur on ettevõtte staatiline osa. Selleks, et ettevõtte hakkaks täitma oma eesmärke ja saavutama oodatavaid tulemusi, on vaja see panna funktsioneerima, ehk arhitektuurides olevad elemendid ja seosed peavad hakkama täitma oma funktsioone. Töötava ettevõttega kaasneb määramatus, mille suurus oleneb võrgustikus olevatest elementidest, seostest elementide vahel, seoste topoloogiast ja seoste arvust (seoste arv täielikus graafis saab arvutada valemiga $n*(n-1)/2$, kus n on graafis olevate elementide arv), mida võimendab nii elementide kui seoste olekute arv. Juhul kui elementide olekute arv ja seoste olekute arv oleksid mõlemad lõplikud hulga², saaksime välja arvutada graafide süsteemi lõpliku olekute arvu. Kuna aga võimalike olekute arv tuleneb positiivsete ratsionaalarvude hulgast, mille suurimaks vääruks on lõpmatus, siis tuginedes K. Sinha dissertatsioonis toodud keerukuse kvantifitseerimise teoreetilistele alustele saab väita, et uurimistöös kasutatud meetodil keerukuse arvutamine oleneb väga olulisel määral võimekusest luua funktsioon (valem), millega saab arvutada kõigi graafide süsteemis olevate seoste ja elementide olekute arvu.

¹ Graafide süsteem on graafide hulk, mille elementide vahel on fikseeritud seosed.

² Matemaatikas nimetatakse lõplikuks hulgaks hulka, mille elementide arv on võrdne mõne naturaalarvuga.

Vaadeldes käesoleva uurimistöö raames loodud äriarhitektuure, saab neid pidada staatilisteks võrgustikeks, mille struktuurse keerukuse kvantifitseerimise tulemus näitab, kui suurt pingutust nõuab selle struktuuri loomine, kontrollimine ja selles vea leidmine. Aga kuna see ei ütle, millise funktsionaalse protsessi see loob ja millist tulemust see protsess võiks anda, siis pole võimalik saadud tulemuse alusel võtta seisukohta, et milline kolmest alternatiivsest äriarhitektuurist oleks kõige otstarbekam juurutada.

Struktuuri loomine oleneb kasutada olevatest elementidest ja seostest. Illustreerin oma mõtet joonisega „Joonis 15: Molekuli struktuur“.



Joonis 15: Molekuli struktuur

Eeldame, et ülesandeks on panna kokku täpselt selline struktuur nagu joonisel kujutatud ja struktuuriks on meile antud pallikesed ja pulgad. Ilmselt ei võta see väga palju aega, kui meil on kasutada täpselt õige arv täpselt õige kujuga klotse, mis tagab, et midagi ei jää üle ega puudu ning ühtegi seost ei saa valesi luua. Kuid olukord oleks hoopis teine, kui pallikesed ja pulgad tuleks välja valida lõputult suurest anumast, milles olevate molekuli elementide kuju (näiteks augu läbimõõt pallikeses) varieerub. Analoogne olukord valitseb ka äriarhitektuuri kokkupanekul, kus elementide täpne arv ja keerukus ei ole teada. Kui mehaaniliste elementide puhul võib oletada, et nende struktuurne keerukus on stabiilne, siis äriorganisatsiooni puhul on elementideks inimesed, kellede puhul keerukuse mõõtmine ja hindamine on komplitseeritum. Kirjeldatud asjaolu seab piiranguid meetodi kasutamisele ja suurendab saadava tulemuse volatiilsust.

Metoodika tugevuste ja nõrkuste analüüsi tulemuse võib lühidalt kokku võtta väitega, et antud metoodikat saab rakendada struktuurse keerukuse mõõtmiseks seda edukamalt, mida staatilisemalt on määratletud seoste ja elementide keerukus, kui eesmärk on hinnata, kontrollida või võrrelda struktuuri loomise keerukust või kui on vaja prognoosida pingutuse suurust struktuurist vea leidmiseks. Mida rohkem kaldub eesmärk funktsionaalse

lõpptulemuse saavutamise mõõtmise poole, seda rohkem on lõpliku valiku tegemisel tarvis suurendada dünaamilise keerukuse osakaalu.

6.3 Soovitus metoodika rakendamiseks äriarhitektuuri keerukuse mõõtmisel

Vaatamata eelmises peatükis toodud metoodika puudustele äriarhitektuuri keerukuse mõõtmisel võib jääda arvamusele, et struktuurse keerukuse mõõtmise meetodikat saab rakendada äriarhitektuuri keerukuse mõõtmiseks. Järgnevalt tuuakse välja mõned näpunäited, millega võiks arvestada metoodika rakendamisel.

Äriarhitektuuri struktuurse keerukuse mõõtmiseks on esmalt tarvis luua kahest graafist koosnev graafide süsteem. Üks neist modelleerib IT tehnilist arhitektuuri ja teine organisatsiooni arhitektuuri. Esimese loomiseks saab edukalt ära kasutada konfiguratsiooni andmebaasi, kui selline peaks ettevõttes olemas olema, selle puudumisel on tarvis vaeva näha kõigi seoste kirjeldamisega. Organisatsiooni arhitektuuri loomisel saab ära kasutada ettevõtte organisatsiooni puud, mis oma olemuselt ongi juba graaf, ja kui seda täiendada ettevõttesisesese ametialase suhtlusvõrgustiku struktuuriga, saame tulemuseks graafi, mis iseloomustab inimeste ja osakondade vahelist infovoogu. Viimaseks sammuks graafide süsteemi loomisel on nende kahe graafi omavaheline ühendamine. Suureks ohuks ja probleemseks kohaks on siin võrreldamatute asjade omavaheline võrdlemine, näiteks kuidas võrrelda ja anda hinnang rakendustarkvara ja osakonnajuhataja keerukuse kohta. Esimene neist on kogum instruksioone, mille järgi arvuti teeb midagi, ja teisel juhul on tegemist bioloogilise elusorganismi - mõtleva inimesega. Kirjeldatud probleemi lahendamiseks soovitatakse kasutada analoogi agiilses tarkvara arendusmetoodikas SCRUM kasutusel olevat *story point'ide* määramist [24]. Kui hinnangu andmise aluseks kasutada kas tegevusele kuluvat aega ja/või tegevuse rahalist maksumust, siis need kaks omadust on ühised mõlemale dimensioonile, nii tehnilisele kui organisatsioonile. Skaala, millelt hinnanguid võtta tuleb, peab valima piisavalt suure ulatusega, et see võimaldaks asetada kõiki graafide süsteemide elemente ja seoseid skaalal õigele kohale. Käesolevas töös on valitud skaala ulatuseks 1 kuni 5, kuna kõik elemendid ja seosed olid hüpoteetilised ning puudus võimalus hinnata reaalselt eksisteerivaid elemente. Reaalselt eksisteeriva või loodava süsteemi korral neid puuduseid ole ja hinnanguid on võimalik anda suurema täpsusega.

Sarnaseid elemente ja seoseid tuleks hinnata samadel alustel. Näiteks elementide (inimene või tarkvara) korral võib määrava tähtsusega faktoriks olla aeg: kui palju kulub tunde, päevi või kuid vajaliku rolli täitmiseks. Faktoriks võib olla kavajaliku investeringu suurus. Sobiliku inimese leidmise korral võib aeg kuluda kas värbamisele, koolitamisele jne. Tehnilise komponendi puhul võib aeg kuluda selle arendamisele või hankimisele. Mitme alusmõõdiku asemel (näiteks aeg ja raha) soovitaks kasutada ühtainust leides viisi, kuidas abimõõdik teisendada alusmõõdikuks. Aluseks võetav valiku kriteerium tuleks valida selle järgi, mille mõju soovitakse kõige rohkem mõõta. Kui soovitakse mõõta mõju maksumusele (aitab vastata küsimusele, kui palju maksab loomine või tööseisak), siis tuleb valiku kriteeriumiks võtta raha, ja kui mõju perioodile, siis aeg (aitab vastata küsimusele, kui kaua kestab loomine või tööseisak). Seostele saab hinnanguid anda sarnastel alustel kui elementidele. Näiteks inimese korral, kui kaua kestab kokkuleppe saavutamine või väljaõpe tarkvara kasutamiseks, ning tehnilise komponendi puhul, kui kaua võtab aega integratsiooni loomine või mittetöötava seose leidmine. Hinnangute suurused hakkavad olenema ettevõttes kasutusel olevast tarkvarast, töötajate kompetentsusest, inimeste ja koostööpartnerite omavahelisest läbisaamisest jne. Selle tõttu võib juhtuda, et sarnasele olukorrale kahes erinevas ettevõttes hinnangut andes võivad tulemused suuresti erineda.

Loodud graafide süsteemide alusel tuleb koostada DSM binaarmatriks ja arvutada struktuurne keerukus.

Erinevatel ettevõtetel võib äriarhitektuuri struktuurse keerukuse mõõtmise motivatsioon ja eesmärk olla erinevad. Nagu eelnevast selgub on keerukuse juhtimine väga paljude muutujatega optimeerimisülesanne olukorras, kus muutujate väärtused ei ole üheselt määratud. Hinnangute andmisel ja valikute tegemisel peab arvestama:

- Süsteemile esitatavaid funktsionaalseid nõuded
- Funktsionaalsete nõuete muutumist ajas
- Mitte-funktsionaalsed nõuded olevikus ja tulevikus
- Ettevõttes olevat ärilist kompetentsi
- Ettevõttes olevat tehnilist kompetentsi

- Võimalusei kompetentsi värbamiseks ja koolitamiseks
- Ettevõtte suutlikkus tehnilise infrastruktuuri ülespanekuks ja ülalhoiuks
- Tarkvara asetsemist oma elukaarel
- Tarkvara looja valmisolek juurutada uusi nõudeid
- Uue funktsionaalsuse maksumus
- Nõuded käideldavusele ja talitluspidevusele
- Turvanõuded
- Jne. Jne.

6.4 Miks hindasin keerukuse muutumist valesti

Uurimustöö käigus tuli ilmsiks, et kognitiivsel teel keerukuse hindamine alahindab keerukuse multidimensionaalsust. Võiks arvata, et realiseerus oht, kus süsteem osutus vaatleja jaoks keerulisemaks kui ta suutis mõista ja piiritleda ning vead hinnangute andmisel tekkisid sellest. Keerukus ei ole lihtsalt keerukus, vaid oluline on täpselt määratleda, mille keerukust mõõdetakse ja juhitakse. Mehaaniliste süsteemide puhul võivad keerukuse dimensioonideks olla süsteemi loomine, tootmine, süsteemi töös hoidmine, süsteemis vea leidmine või selle parandamine, süsteemi lahti võtmine, utiliseerimine jne. Need kõik on sama struktuuri kohta kehtivad erinevad keerukuse tahud, mis väljendavad erinevaid keerukusi, kuid on väga tihedalt teineteisega seotud.

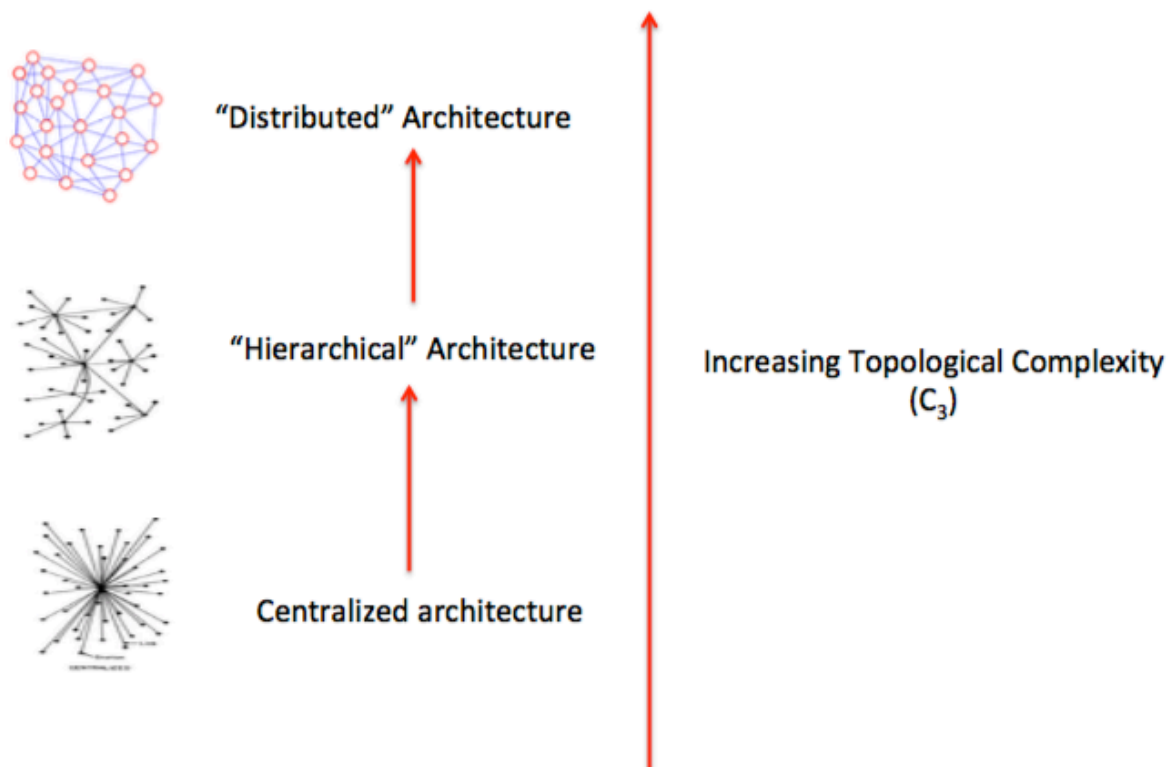
6.5 Keerukuse juhtimine

Nagu uurimistööst selgus peituvad keerukuse tagamaad süsteemi elementide käitumise ja vastasmõju ebakindluses. Selleks et oskaksime süsteemi keerukust juhtida peame teadma, mis mõjutab süsteemi keerukust. Vastuse sellele küsimusele saab leida keerukuse arvutamist näitavalt jooniselt „Joonis 5: Struktuurse keerukuse komponendid “. Keerukuse juhtimiseks saab kasutada selliseid tehnikaid nagu

1. Elementide keerukuse muutmine
2. Seoste keerukuste muutmine
3. Seoste vahelise struktuuri muutmine

Peatükis „Edasised tegevused“ soovitatakse üheks keerukuse juhtimist lihtsustavaks tegevuseks CAD tarkvarasse vajaliku funktsionaalsuse lisamise, et juba varajases projekteerimisfaasis oleks võimalik projekteeritava süsteemi keerukust mõõta ja monitoorida süsteemis tehtavate muudatuste mõju keerukusele.

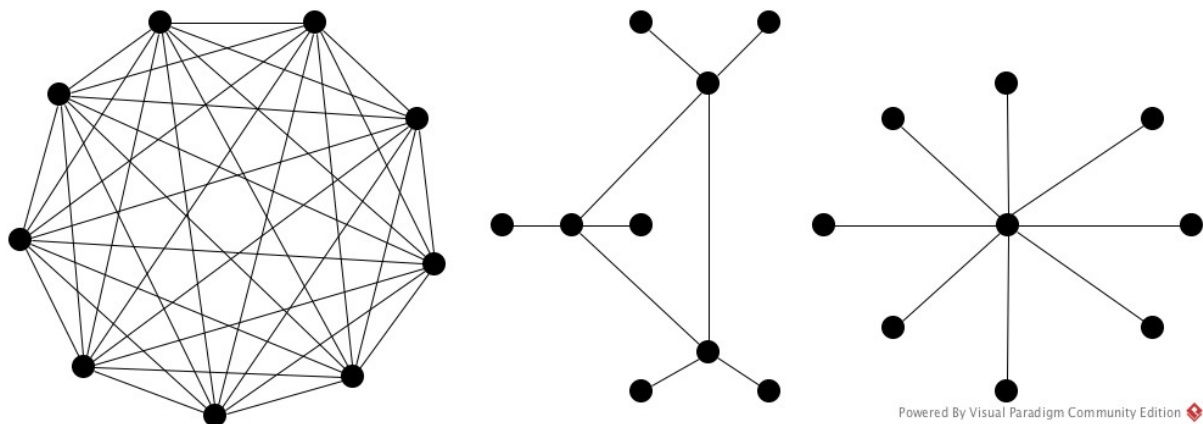
Joonis „Joonis 16: Arhitektuurimudelite spekter topoloogilise keerukuse mõõtmisel “ näitab topoloogilise keerukuse muutmist, millest on võimalik tuletada muudatuste hulka, mille abil on võimalik juhtida struktuurset keerukust.



Joonis 16: Arhitektuurimudelite spekter topoloogilise keerukuse mõõtmisel [8]

Graafi energia ja struktuurse keerukuse väärtuse muutumise illustreerimiseks saab tuua ühe võrdluse 9 elemendiga graafi näitel. Olgu meil 3 graafi: (1) hajus, (2) hierarhiline ja (3)

tentraliseeritud, nagu on välja toodud joonisel „Joonis 17: Näide hajutatud, hierarhilisest ja tsentraliseeritud graafist“.



Joonis 17: Näide hajutatud, hierarhilisest ja tsentraliseeritud graafist

Kui eeldada, et kõigi elementide ja seoste keerukuse väärtused kõigis kolmes näites on 1, siis saame nende graafide struktuurseks keerukuseks tulemused nagu toodud tabelis „Tabel 14: Topoloogiate struktuurse keerukuse võrdlus“.

Tabel 14: Topoloogiate struktuurse keerukuse võrdlus

	Hajus	Hierarhiline	Tsentraliseeritud
Graafi energia $E(A)$	16	9,46	5,66
$E(A)/n$	1,78	1,05	0,63
Seoseid graafis	36	9	8
Struktuurne keerukus	73	18,46	14,03

Struktuurne keerukus oleneb kolmest komponendist: (1) elementide keerukuste summa, (2) seoste keerukuste summa ja (3) graafi energia elemendi kohta. Kuna esimene liidetakse kahe viimase korrutisega, siis kõige enam mõjutavad tulemust kaks viimast. Tabelist näeme, et graafi energia väärtust elemendi kohta alaneb ~68%, liikudes vasakult paremale, kuid seoste

arv samal ajal üleminekul hajusalt hierarhilisele väheneb 4 korda ja hierarhiliselt tsentraliseeritule 13%. Millest on võimalik järeldada, et struktuurse keerukuse vähendamiseks tuleb leida kõige suuremat keerukuse kasvu põhjustav element koos oma seostega ning leida viis selle elemendi lihtsustamiseks, korrates tegevust seni, kuni võimalused on ammendunud või on saavutatud keerukuse määr, mis vastab olulisele keerukusele. Toodud näites vastab tsentraliseeritud struktuur olulise keerukuse määrale ja hajus struktuur maksimaalsele keerukuse määrale. Kõik ülejäänud struktuuride keerukused jäävad nende kahe vahele (seda eeldusel, et nii elemendi kui seose keerukuse väärtus on 1 ja seda ei saa muuta). Juhul kui süsteemi arhitektil on soov maksimaalset keerukust vähendada kaks korda, peab ta leidma struktuuri, mille korral struktuurse keerukuse väärtuseks on 36,5. Sellise süsteemi keerukus oleks veel 2,6 korda suurem olulisest keerukusest.

6.6 Edasised tegevused

Selles punktis antakse edasi paar mõtet, mida võiks teha tulevikus või millest võiks tulevikus keerukuse mõõtmisel ja juhtimisel kasu olla.

Nagu kognitiivselt määratud keerukuse ja arvutuslikult saadud keerukuse tulemuste analüüsist selgus, erinesid tulemused üksteisest kõigil juhtudel. Üheks põhjuseks võib olla äriarhitektuuri dünaamiline keerukus, mida antud uurimistöo skoobis ei olnud. Üheks edasiseks tegevuseks võiks olla viisi leidmine äriarhitektuuri dünaamilise keerukuse mõõtmiseks. Uurimistöo koostamisel kasutatud allikates on märgitud, et seda on võimalik teha entroopia kaudu, kuid puuduvad juhised, kuidas täpsemalt entroopiat rakendada.

Teise võimalusena võib CAD tarkvarade tootjatele teha ettepaneku, et nad juurutaksid arhitektuuri modelleerimise tarkvaras keerukuse mõõtmise ja tooksid välja riskantsemad kohad. Selline funktsionaalsus võimaldaks inseneridel ja arhitektidel varajases faasis probleemset kohad avastada. Otsingu käigus, kas midagi sellist võiks juba olemas olla, leidsin allika [24], mis rõhutab DSM maatriksi ajakohasena hoidmise olulisust ja selle kasutamist komponentide vastastikuse mõju jälgimiseks arhitektuuris.

Kokkuvõte

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli uurida äriarhitektuuri keerukuse mõõtmist matemaatiliste meetoditega ning võrrelda saadud tulemust kognitiivsel teel määratuga. Uurimisel kasutatavaks meetodikas oli valitud K. Shina poolt koostatud väitekiri, mis keskendub peamiselt teoreetilisele raamistikule projekteeritud süsteemide struktuurse keerukuse kvantifitseerimisel ja ühendatud süsteemide disaini keerukusepõhisele paradigmale. Püstitatud hüpoteeside kontrollimiseks rakendati väitekirjas kirjeldatud meetodikat, et välja selgitada, kas lahenduse disainimise algfaasis antud kognitiivne hinnang loodava äriarhitektuuri keerukusele kattub kvantifitseerimise meetodil saadud tulemustega. Tulemuste erinevuse korral tuli analüüsida lahknevuste põhjuseid.

Esitatud küsimusele vastuse saamiseks oli esmalt konstrueeritud hüpoteetiline olukord, kus ettevõttel on vajadus välja vahetada finantsarvestuse tarkvara. Töö käigus pakuti välja kolm alternatiivset lahendust, millest igaüks mõjutab olemasolevat äriarhitektuuri erinevalt. Praegusele äriarhitektuurile ja kolmele uuele lahendusele arvutati struktuurne keerukus kvantifitseerimise meetodil ja võrreldi saadud tulemust kognitiivselt antud hinnanguga, kuidas uus lahendus võiks äriarhitektuuri struktuurset keerukust muuta.

Erinevatel meetoditel saadud tulemuste võrdlemisel ilmnes, et kognitiivsel teel keerukuse hindamine alahindab keerukuse hindamise kompleksust. Keerukuse hindamiseks peab vaatleja suutma mõista ja piiritleda vaadeldavat struktuuri limiteeritud aja jooksul. Uurimistöö tegemisel selgus, et puuduvad töövahendid, kuhu on integreeritud struktuurse keerukuse mõõtmiseks ja juhtimiseks vajalik funktsionaalsus. Ilmnes ka, et keerukus ei ole lihtsalt keerukus, vaid oluline on üheselt määratleda keerukuse mõõtmise vaatekoht. Mehaaniliste süsteemide puhul võivad struktuurist tulenevad süsteemi loomise, tootmise, parandamise keerukused olla erinevad. Need kõik on sama struktuuri kohta kehtivad erinevad keerukuse tahud, mis väljendavad erinevaid keerukusi ja on väga tihedalt üksteisega seotud.

Kasutatud kirjandus

- [1] N. Rosasco and J. Dehlinger, "Business Architecture Elicitation for Enterprise Architecture: VMOST versus Conventional Strategy Capture," in *Ninth International Conference on Software Engineering Research*, 2011.
- [2] P. Drews and I. Schirmer, "From Enterprise Architecture to Business Ecosystem Architecture: Stages and Challenges for Extending Architectures beyond Organizational Boundaries," in *Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops and Demonstrations (EDOCW)*, Ulm, Germany, 2014.
- [3] S. J. Mäkinen and O. Dedehayir, "Business ecosystem evolution and strategic considerations: A literature review," in *Engineering, Technology and Innovation (ICE)*, Munich, Germany, 2012.
- [4] C. W.-H. C.-K. L. j. H.-M. C. You-Shyang, *Analysis of performance measures in cloud-based ubiquitous SaaS CRM project systems*, Vols. ISSN 1573-0484, Springer US, 2017.
- [5] L. F. Motiwalla and J. Thompson, "Enterprise Systems for Management," Pearson Education, 2012.
- [6] M. Johnson, "EXPERTS CORNER: GARTNER RELEASES MAGIC QUADRANT FOR CLOUD CORE FINANCIAL APPLICATIONS," Bridgepoint Consulting, 2017. [Online]. Available: <https://www.bridgepointconsulting.com/experts-corner-gartner-releases-magic-quadrant-cloud-core-financial-applications/>. [Accessed 2018].
- [7] Dan Sturtevant, "System Design and the Cost of Architectural Complexity," MIT PhD Thesis, 2013.
- [8] K. Sinha, "Structural Complexity and its Implications for Design of Cyber Physical Systems," Massachusetts Institute of Technology, 2014.
- [9] M. T.J. and B. C. W., "Design complexity measurement and testing," *Communications of the ACM*, vol. 32, no. 12, 1989.
- [10] A. M.M and A. T., *Flexible Assembly Systems*, Vols. ISBN-10: 0387502467, Springer-Verlag, 1988.
- [11] C. E., "System Architecture," Massachusetts Institute of Technology, 2007.
- [12] Carlson J. M. and Doyle J. C., *Complexity and Robustness*, PNAS, 2002.
- [13] Lindemann U., Maurer M. and Braun T., *Structural Complexity Management - An Approach for the Field of Product Design*, Springer, 2008.
- [14] B. C. a. D. S. Edward Crawley, *Strategy and Product Development for Complex Systems*, Vols. ISBN-13: 978-0-13-397534-5, 2016.
- [15] Frey D.D., Palladino J., Sullivan J.P and Atherton M, "Part Count and Design of Robust Systems," *Systems Engineering (INCOSE)*, vol. 10, no. 3, pp. 203-221, 2007.
- [16] S. D. E. E. W. P. S. A. Gebala, "A model-based method for organizing tasks in product development," *Research in Engineering Design*, vol. 6, no. 1, pp. 1-13, 1994.
- [17] J. Marczyk, "Complexity Management: New Perspective and Challenges for CAE in the 21st Century," 2008.
- [18] C. T.M and T. J.A., *Elements of Information Theory*, Wiley Interscience, 2006.

- [19] A. D. D. J. H. C. S. G. Willcox K., "Stochastic Process Decision Methods for Complex-Cyber-Physical Systems," DARPA META, 2011.
- [20] A. M. Sarah A. Sheard, "A Complexity Typology for Systems Engineering," pp. 993-945, 2010.
- [21] "SocioPolitical Complexity," Complexity Labs, [Online]. Available: <http://complexitylabs.io/sociopolitical-complexity/>. [Accessed 2018].
- [22] R. N. J. W. J. Fischi, "Dynamic Complexity Measures for Use in Complexity-Based System Design," *IEEE SYSTEMS JOURNAL*, vol. 11, no. 4, pp. 2018-2027, 2017.
- [23] W. Simmons, B. Koo and E. Crawley, "Architecture generation for moon-mars exploraton using an executable meta-language," Vols. AIAA-2005-6726, 2005.
- [24] M. W. Mantle and R. Lichty, *Managing the Unmanageable: Rules, Tools, and Insights for Managing Software People and Teams*, Pearson Education Inc., 2013.
- [25] P. T. j. O. L. d. W. Grogan, "Infrastructure System Simulation Interoperability Using the High-Level Architecture," *IEEE Systems Journal*, vol. PP, no. 99, 2015.
- [26] S. D. E. j. T. R. Browning, *Design Structure Matrix Methods and Applications*, Vols. ISBN: 978-0-26-230219-7, 2012.
- [27] C. S. C. M. B. H. James A. Gopsill, "Automatic generation of design structure matrices through the evolution of product models," *Engineering Design Informatics*, vol. 30, no. 4, pp. 424-445, 4 10 2016.

Lisad

Lisa 1: Terminoloogia

Termin	Tähendus
Cloud computing	<i>Cloud computing</i> on serverite, rakenduste, andmesalvestuse ja infrastruktuuri virtualiseeritud kombinatsioon, mis pakub paindlikku teenust minimaalsete halduskuludega paljudele klientidele üle interneti.
CRM	Lühend tuleneb sõnade „ <i>Customer Relationship Management</i> “ esitähtedest ja tähendab viisi või rakendust, kuidas või mille abil ettevõtte juhib suhtlemist praeguste ja tulevaste klientidega. Kliendisuhtluse parendamiseks ja äritulemuslikkuse tõstmiseks kasutatakse andmeanalüüsi.
Entroopia	Kaose või juhuslikkuse tase süsteemis.
ERP	Lühend tuleneb sõnade „ <i>Enterprise Resource Planning</i> “ esitähtedest. ERP eesmärgiks on pakkuda ettevõttele terviklikku ja ajakohast vaadet ettevõtte varade kohta.
ESB	Lühend tuleneb sõnade „ <i>Enterprise Service Bus</i> “ esitähtedest. ESB on süsteemidevaheline kommunikatsiooni mudel, mis juurutab teenusele suunatud hajusa klient-server arhitektuuri.
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i> teenuse mudel, kus teenuse sisuks on riistvara (server, kettamassiiv, arvutivõrk) ja sellega seotud tarkvara (virtualiseerimise tehnoloogia) kasutamise võimaldamine. Tegemist on traditsioonilise serveri majutuse edasiarendusega, kus teenuse

Termin	Tähendus
	kasutaja ei pea planeerima pikemat ajaperioodi, vaid tellib teenusepakkujalt riistvara kui selle järgi tekib vajadus, ning vabastab riistvara, kui selle järele vajadus kaob. Teenusepakkuja ülesandeks on tagada serveriruumide ja seal olevate serverite töövõime.
LDAP	Lühend tuleneb sõnade „ <i>Lightweight Directory Access Protocol</i> “ esitähtedest, mis on avatud rakendusprotokoll kataloogiteenustele päringute tegemiseks.
On-premises	<i>On-premises</i> tarkvara on tarkvara, mis on installeeritud ja töötab tarkvara kasutava ettevõtte arvutites.
PaaS	<i>Platform as a Service</i> on teenuse tarne mudel kus teenusepakkuja pakub lisaks riistvaralisele infrastruktuurile ka tarkvaralist infrastruktuuri platvormi. Tüüpiliselt on selleks andmebaas, rakenduste vahelihid ja arendusvahendid. Virtualiseeritud ja klasterdatud kõrgkäideldav arhitektuur on sagedasti antud teenuse aluseks. Teenusepakkuja ülesandeks on tagada tarkvaralise platvormi töövõime, versioonide uuendamine, kasutajapoole kättesaadavus jne.
REST ja RESTful	REST on tarkvara arhitektuur ja RESTful viitab arhitektuuri kasutamisele veebiteenuse korral.
SaaS	<i>Software as a Service</i> on tarkvara litsentseerimise ja teenuse tarne mudel, kus tarkvara on teenuse pakkuja poolt tsentraalselt hallatud ja rakendusele ligipääs on tellimuspõhine. Sellise lahenduse puhul lasub teenuse töövõime tagamine täielikult teenuse pakkujal. Üldjuhul on teenus kättesaadav veebilehitseja vahendusel ja teenuse kasutaja peab hoolitsema internetiühenduse olemasolu eest. Teenusepakkuja

Termin	Tähendus
	ülesandeks on tagada rakenduse kättesaadavus ja kõik rakendusega seotud haldustegevused nagu kasutajate nõustamine, monitoorimine, regulaarne versioonide uuendamine, varukoopiate tegemine jne.

Lisa 2: Tööülesanded finantsarvestuses

Tabel 15: Tööülesanded finantsarvestuses

Tööülesanne	Vajalik kompetentsi tase
Algdokumentide kontroll ja töötlemine	algaja
Raamatupidamise sise-eeskirjade ja kontoplaani väljatöötamine	spetsialist
Müügiarvete koostamine	alla keskmise
Ostuarvete kajastamine	algaja
Põhivaraarvestus	keskmise
Laoarvestus	üle keskmise
Antud ja saadud laenude arvestus	keskmise
Maksuaruandlus koostamine ja esitamine	spetsialist
Statistiliste aruannete koostamine	keskmise
Pangaülekannete teostamine	algaja
Tasumiste ja laekumiste kajastamine programmis	algaja
Raamatupidamisalased konsultatsioonid	spetsialist
Varasemate perioodide korrastamine	spetsialist
Jooksvate aruannete koostamine vastavalt kliendi soovile	üle keskmise
Majandusaastaruande koostamine	spetsialist
Majandusaastaruande sisestamine RIK'i	algaja
Kliendi esindamine Maksuametis	spetsialist
Käibemaksukohustuslaseks registreerimine	algaja
Arhiveerimine	algaja
Palgaarvestus	keskmise
Kassarvestus	keskmise
Lepingute ja muude dokumentide koostamine	spetsialist
Võlglaste jälgimine ja meeldetuletuste saatmine	keskmise
Eelarve koostamine	üle keskmise
Eelarve täitmise jälgimine	keskmise
Raamatupidamistarkvara kasutamise koolitus	spetsialist
Raamatupidamistarkvara kasutamise nõustamine	üle keskmise

Tabel 16: Finantsarvestuse tööülesannete DSM binaarmaatriks

0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1		
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	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	1	1	0	0	0	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	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	
0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0