VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS EKONOMIKOS IR NEKILNOJAMOJO TURTO VADYBOS KATEDRA

Augustinas Vabuolas

DALYKINĖS KOMUNIKACIJOS PROBLEMATIKA IR EFEKTYVIOS KOMUNIKACINĖS PLATFORMOS MODELIS STATYBOS PROJEKTUOSE

COLLABORATION ISSUES AND A THEORETICAL FRAMEWORK OF COLLABORATION PLATFORM FOR CONSTRUCTION PROJECTS

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijos ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003
Statybos ekonomikos ir verslo specializacija
Statybos technologijų studijų kryptis

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS EKONOMIKOS IR NEKILNOJAMO TURTO VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
(Parašas)
Antanas Kaklauskas
(Vardas, pavardė)
2014 05 27
(Data)

Augustinas Vabuolas

DALYKINĖS KOMUNIKACIJOS PROBLEMATIKA IR EFEKTYVIOS KOMUNIKACINĖS PLATFORMOS MODELIS STATYBOS PROJEKTUOSE

COLLABORATION ISSUES AND A THEORETICAL FRAMEWORK OF COLLABORATION PLATFORM FOR CONSTRUCTION PROJECTS

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijos ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003
Statybos ekonomikos ir verslo specializacija
Statybos technologijų studijų kryptis

Vadovas dr. doc. Mindaugas Kvedaravičius — (Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) 2014-05-23 (Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Rita Lietuvienė — (Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) 2014-05-23 (Data)

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS EKONOMIKOS IR NEKILNOJAMOJO TURTO VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Artūras Kaklauskas
(Vardas, pavardė)

2014 05 27
(Data)

Technologijos mokslų sritis

Statybų technologijų mokslo kryptis

Statybų technologijų studijų kryptis

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos ekonomikos ir verslo specializacija

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS

.....Nr. .....
Vilnius

Studentui (ei).....Augustinui Vabuolui.....
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: .....Dalykinės komunikacijos problematika ir efektyvios komunikacinės platformos modelis statybos projektuose.....

.....

.....

patvirtinta 2013 m. lapkričio 7 d. dekano įsakymu Nr. 571 st

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2014 m. gegužės 27 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

1) Atlikti statybos projekto dalyvių komunikacijos būdų analizę. 2) Ištirti ir parinkti tinkamiausius metodus bei priemones literatūros šaltinių analizei, technologinių sprendinių paieškai, duomenų surinkimui ir apdorojimui bei komunikacijos diegimo modelio sudarymui. 3) Parinkti optimalių komunikacinės platformos sprendinį konkrečiai pasirinktai statybos šakos įmonei; 4) Pateikti siūlymus statybos įmonės komunikacinės platformos modelio kūrimui.

Vadovas .....dr. Mindaugas Krutinis.....
(Parašas) (Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau
.....
(Parašas)
.....Augustinas Vabuolas.....
(Vardas, pavardė)
.....2013-10.....
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos ekonomikos ir nekilnojamo turto vadybos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. .....
Data .....-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Statybos technologijų ir valdymo** programos magistro baigiamasis darbas

Pavadinimas **Dalykinės komunikacijos problematika ir efektyvios komunikacinės platformos modelis statybos projektuose**

Autorius **Augustinas Vabuolas**
Vadovas **doc. dr. Mindaugas Krutinis**

Kalba:
lietuvių

Anotacija

Magistro darbe tiriama statybos projekto dalyvių dalykinė komunikacija ir jos efektyvumą didinantys sprendiniai, pagrįsti informacinių technologijų ir statinio informacinio modelio taikymu. Kaip darbo rezultatas sukuriamas komunikacinės platformos pasirinkimo ir įdiegimo modelis.

Darbą sudaro įvadas, keturi skyriai (*Metodinė dalis*, *Tyrimo objekto ir problemos apžvalga*, *Analitinė dalis*, *Praktinė tiriamoji dalis*), darbo išvados ir pasiūlymai bei naudotos literatūros sąrašas. Papildomai pateikiamas santrumpų ir apibrėžimų sąrašas.

Pirmasis magistro darbo skyrius - *Metodinė dalis*. Šiame skyriuje teoriškai pagrindžiami ir trumpai aprašomi metodai, kurie bus naudojami tiriamajame darbe apsibrėžtam rezultatui pasiekti.

Antrasis magistro darbo skyrius - *Tyrimo objekto ir problemos apžvalga*. Šiame skyriuje apžvelgiama statybos projekto dalyvių linijinė komunikacija kaip objektas ir integrali komunikacija kaip alternatyva. Taip pat pateikiami standartizuoti statybos projekto vystymo procesai kiekvienam iš komunikacijos tipų. Remiantis jais suformuojami privalumai bei trūkumai. Ištyrus problemą, pasiūlomas abstraktus jos sprendinys, kuris plačiau aprašomas kituose skyriuose.

Trečiasis magistro darbo skyrius - *Analitinė dalis*. Šioje dalyje apžvelgiama komunikacinių platformų technologiniai sprendiniai bei jų įrangos vertinimo rodikliai.

Ketvirtasis magistro darbo skyrius - *Praktinė tiriamoji dalis*. Praktinėje dalyje tiriama organizacija, kurioje vyrauja linijinė komunikacija, parenkamas optimalus komunikacinės platformos sprendinys. Remiantis praktinių tyrimų seka ir bendruoju darbe atliktu tyrimu, sudaromas tyrimo rezultatas - universalus komunikacinės platformos pasirinkimo ir įdiegimo modelis organizacijose.

Paskutinėje magistro darbo dalyje aprašomos bendrosios darbo išvados ir pasiūlymai, pateikiant svarbiausius tyrimo rezultatus, problemos sprendimo būdus ir tolimesnių tyrimų kryptis.

Prasminiai žodžiai: statybos projektai, linijinė komunikacija, integrali komunikacija, statinio informacinis modelis, informacinės technologijos, komunikacinės platformos modelis.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of Construction Economics and Property Management

ISBN ISSN
Copies No. .....
Date .....-.....-.....

Master Degree Studies **Construction Technologies and Management** study programme Master Graduation Thesis

Title **Collaboration Issues and a Theoretical Framework of Collaboration Platform for Construction Projects**

Author **Augustinas Vabuolas**

Academic supervisor **Assoc Prof Dr Mindaugas Krutinis**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

Master thesis analyses construction project business communication and its efficiency improvement techniques between project parties. Methodology is based on applications of information technologies and Building Information Model (BIM). As a result of analyses, the model for choosing communication platform and its installation option is created.

Paper consists of an introduction, ('Methodology', 'The Review of a Research Objectives and Issues', 'The Technologies Review', 'Practical Analysis') and the conclusion. Furthermore, suggestions with a bibliography are provided as well as a list of terminology.

'Chapter: Methodology' of the master theses provides a review of the main technologies which are used in order to obtain the objective of the project.

'Chapter: The Review of Research Objectives and Issues' investigates construction project linear communication and integrated communication models between the parties. Moreover, standardized construction development processes are provided for each of the communication types. Advantages and disadvantages are outlined based on a different development approach. An initial solution is obtained which is later analysed in detail.

'Chapter: The Technologies Review' outlines the main communication platform technologies and quality indicators.

'Chapter: Practical Analysis' investigates organisation in which a linear communication is dominant. An alternative choice for the communication platform is generated and justified. Corresponding with analysis led to the final investigation results – generation of a model for choosing communication platform and its installation option.

The last part of the thesis summarises the main project results, solutions and suggestions for different communication platforms.

Keywords: communication platform, linear communication, integrated communication, model for choosing communication platform, information technologies, Building Information Model.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų, sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo organizavimo tvarkos aprašo 2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Augustinas Vabuolas, 20082952

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Statybos fakultetas

(Fakultetas)

Statybos technologijos ir valdymas, SEVfm-12

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO) SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2014 m. gegužės 6 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Dalykinės komunikacijos problematika ir efektyvios komunikacinės platformos modelis statybos projektuose“ patvirtintas 2013 m. lapkričio 7 d. dekano potvarkiu Nr. 571st, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Parenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: doc. dr. Mindaugas Krutinis. Mano darbo vadovas doc. dr. Mindaugas Krutinis.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)

Augustinas Vabuolas

(Vardas ir pavardė)

SANTRUMPOS

SIM (angl. BIM) - statinio informacinis modelis (angl. Building Information Model).

IRT (angl. ICT) - informacinės ir ryšių technologijos (angl. Information and Communications Technology).

IT (angl. IT) - informacinės technologijos (angl. Information Technology).

TERMINAI IR JŲ APIBRĖŽTYS

Statinio informacinis modelis - skaitmeninis pateikimas struktūrinių ir funkcinių statinio parametrų, kurių visuma tampa projekto dalyvių informacijos ir žinių apie statinį šaltiniu. Juo remiantis priimami sprendimai visame statinio gyvavimo cikle (Barlish, Sulivian 2012).

Statybos dalyvis - juridinis ar fizinis asmuo, dalyvaujantis statybos projekto vystyme.

Statybos projekto dalyvių komunikacija - tai statybos dalyvių sukurtos/sutvarkytos informacijos bei patirties perdavimas ir priėmimas, siekiant efektyvaus projekto vystymo ir galutinio bendro rezultato - eksploatacijai parengto statinio.

Statybos projekto dalyvių linijinė komunikacija - komunikacijos tipas, kuomet didžioji dalis sukurtos/sutvarkytos informacijos perduodama viena kryptimi iš baigto statybos projekto etapo/žingsnio į naują etapą/žingsnį. Komunikacijos procesas tarp dalyvių nėra nenutrūkstantis, nesibaigiantis ir integralus visu projekto vystymo laikotarpiu.

Statybos projekto dalyvių integrali komunikacija - komunikacijos tipas, kuomet specialistai dalinasi ir keičiasi sukurta/sutvarkyta informacija bei patirtimi ir įgūdžiais tam tikruose procesuose, žiūrint į projektą kaip į visumą, o ne kaip į atskirus etapus (Yeomans *et al.* 2006). Taip siekiama bendro tikslo - pranokti normatyvinius projekto lūkesčius. Komunikacijos procesas tarp dalyvių yra nenutrūkstantis, nesibaigiantis ir integralus visu projekto vystymo laikotarpiu.

Statybos projekto dalyvių komunikacinė platforma - sistema, kuri yra projekto vystymo įrankis ir naujausios projekto informacijos šaltinis, prie kurios turi priėjimą visi projekto dalyviai. Sistemoje dalyviai komunikuoja visą projekto vystymo laikotarpį (Yeomans *et al.* 2006).

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. T. Saaty sudaryta skalė pagal kurią lyginami rodikliai (Saaty 1980) 13
2 lentelė. Kepner-Trego sprendimų analizės pavyzdys renkantis automobilį (Mikulskienė 2012) 15
3 lentelė. *Holder Construction* statybos organizacijos apibendrinti rezultatai taikant SIM (Giel *et al.* 2010) 36
4 lentelė. *Saaty* skalė, pagal kurią lyginami rodikliai 73
5 lentelė. Eksperto Nr. 1 vertinimo matrica 74
6 lentelė. Eksperto Nr. 2 vertinimo matrica 74
7 lentelė. Eksperto Nr. 3 vertinimo matrica 74
8 lentelė. Eksperto Nr. 4 vertinimo matrica 75
9 lentelė. Eksperto Nr. 5 vertinimo matrica 75
10 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica 75
11 lentelė. Ekspertų vertinimo vidurkių matrica 76
12 lentelė. Porinio palyginimo metodas 77
13 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica SAW 78
14 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica SAW 79
15 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica su įvertintais svoriais SAW 79
16 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica TOPSIS 80
17 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica su įvertintais svoriais TOPSIS 81
18 lentelė. Idealiausi variantai TOPSIS 81
19 lentelė. Atstumo tarp lyginamojo ir idealaus bei santykinio atstumų variantams nustatymas 82
20 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica COPRAS 82
21 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica su įvertintais svoriais COPRAS 83
22 lentelė. Sprendimo eiga COPRAS 84

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Komunikacijos problemos sprendimo algoritmas 2
2 pav. Linijinės komunikacijos modelis 3
3 pav. Statybos pramonės produktyvumo indeksas, palygintas su kitomis pramonės šakomis (Teicholz 2013) 5
4 pav. Statybos pramonės IRT technologijų adaptacijos rodikliai 2013 m. (Connect & Construct... 2013) 6
5 pav. Dalykinės komunikacijos modelis prieš ir po komunikacijos platformos diegimo (Byggeri 2005) 7
6 pav. Pavyzdinė procedūrų diagrama su plaukimo takeliais (Procedūrų diagramos... 2011) 16
7 pav. Procesų diagramų sutartiniai ženklai 17
8 pav. Tipinio statybos projekto komunikacijos schema, pagrįsta linijiniu modeliu (Fahdah 2008) 23
9 pav. Projekto vystymo dalyviai taikant integralią komunikaciją 25
10 pav. Projekto rengimo ir įgyvendinimo eiga taikant integralią komunikaciją 26
11 pav. Grafikas vaizduojantis duomenų nuostolius per visą pastato projektavimo ir gyvavimo ciklą (Arayici *et al.* 2005) 29
12 pav. Statinio ir jo projekto apibrėžtumo kitimas laike taikant ir netaikant SIM (Levring 2010) 31
13 pav. Statitinio ir jo projekto rengimo bei įgyvendinimo rodiklių kitimas skirtinguose etapuose (The construction... 2007) 32
14 pav. SIM raida suskirstyta į etapus (linijinis modelis) (Linderoth 2010) 33
15 pav. Pirminis etapas (Linderoth 2010) 33
16 pav. 1 etapas (Linderoth 2010) 33
17 pav. 2 etapas (Linderoth 2010) 34
18 pav. 3 etapas (Linderoth 2010) 34
19 pav. SIM modelio koncepcija esant integracijai (Arayici *et al.* 2005) 35
20 pav. SIM serverio principinė schema (DeSanctis, Poole 2004) 38
21 pav. *State-of-art* SIM serveris (France 2011) 40
22 pav. *SOA4BIM* sistemos modelis (Grilo, Jardim-Goncalves 2011) 41
23 pav. Satelitinis tinklo modelis *PLAGE* platformoje (Aguiar, Tavares 2012) 42
24 pav. Struktūrinis-lyginis *PLAGE* modelis (Aguiar, Tavares 2012) 43
25 pav. Supaprastintas dalykinės komunikacijos platformos modelis pagrįstas saitynu (Chassiakos, Sakellaropoulos 2008) 45
26 pav. SIM debesies kompiuterijos pavyzdinė schema (France 2011) 47

27 pav. Realybė papildyta statinio informaciniu modeliu (Jiao *et al.* 2013) 48
28 pav. Debesies kompiuterijos principinė schema (France 2011) 48
29 pav. Sustambinta schema, iliustruojanti sistemą su *MIM* programine įranga ir serveriu, kuris komunikuoja su architekto statinio informaciniu modeliu ir rangovo užklausomis (Crevling 2011) 50
30 pav. Supaprastinta schema, iliuostruojanti *MIM* duomenų bazėje esančias lenteles, kuriose saugomi duomenys apie elementus (Crevling 2011) 51
31 pav. Diagrama, iliustruojanti *MIM* komponentų atliekamas procedūras ir tarpusavio ryšius (Crevling 2011) 52
32 pav. Sustambinta diagrama, iliustruojanti SITS sandarą, sąsają tarp skirtingų projekto dalyvių programinių aplinkų ir jų apjungimą į vieningą modelį (Panushev 2012) 53
33 pav. SITS schema, iliustruojanti informacinio modelio išsaugojimą (Panushev 2012) . 54
34 pav. SITS schema, iliustruojanti vartotojo navigaciją po jam aktualų modelį (Panushev 2012) 55
35 pav. Supaprastinta schema, iliustruojanti versijų kontrolės sistemos veikimo principą taikant dualistinį metodą (Rantanen 2012) 57
36 pav. Supaprastinta schema, iliustruojanti *BIM Tracking* sistemos veikimo principą (Miller 2012) 59
37 pav. Vartotojo sąsajoje matomas vaizdas, iliustruojantis 3D modelio vaizdą, perkeltą į vartotojo nešiojamą įrenginį su informacija apie pasirinktą elementą (Dalgaard 2013) 61
38 pav. Sustambinta schema, iliustruojanti sistemos, leidžiančios SIM peržiūrą mobiliais įrenginiais, sandarą ir veikimą (Dalgaard 2013) 62
39 pav. Schema, iliustruojanti sistemos, leidžiančios SIM peržiūrą mobiliais įrenginiais, veikimo algoritmą (Dalgaard 2013) 63
40 pav. Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo modelis (1 dalis) 68
41 pav. Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo modelis (2 dalis) 69
42 pav. Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo modelis (3 dalis) 70
43 pav. Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo modelis (4 dalis) 71
44 pav. Komunikacinės platformos diegimo organizacijoje modelis (praktinio pritaikymo modelis) 85

TURINYS

ĮVADAS 1
1. METODINĖ DALIS 9
1.1. Literatūros analizės metodas 9
1.2. Anketinės apklausos metodas 11
1.3. Porinio palyginimo metodas 12
1.4. Daugiakriterės analizės metodas 14
1.5. Procedūrų diagramos 16
1.6. Modelis 19
2. TYRIMO OBJEKTO IR PROBLEMOS APŽVALGA 21
2.1. Tyrimo objekto apžvalga 21
2.1.1. Linijinė komunikacija 21
2.1.2. Integrali komunikacija 24
2.2. Tyrimo problemos apžvalga 28
2.2.1. Tyrimo problemos kilmė 28
2.2.2. Tyrimo problemos sprendinys 36
3. ANALITINĖ DALIS 37
3.1. Pagrindiniai technologiniai sprendiniai 37
3.1.1. SIM serverio taikymas 37
3.1.2. Žiniatinklio platformos 40
3.1.3. SIM ir debesies kompiuterija 46
3.2. Pagalbiniai technologiniai sprendiniai 49
3.2.1. Modelių ir jų elementų tvarkyklė 49
3.2.2. Statinio informacijos tvarkyklės sistema 52
3.2.3. Versijų kontrolės sistema 55
3.2.4. Statinio informacijos stebėjimo sistema 58
3.2.5. SIM ir 3D modelių peržiūra, naudojant išmaniuosius įrenginius 60
3.3. Sprendinių rodiklai 63
4. PRAKTINĖ TIRIAMOJI DALIS 67
4.1. Įmonės technologinio poreikio tyrimas 67
4.2. Įmonės technologinės įrangos poreikio tyrimas 72
4.2.1. Organizacijos ekspertų apklausa 72
4.2.2. Rodiklių reikšmingumo nustatymas 75
4.3. Optimalios technologinės įrangos tyrimas 78
4.3.1. SAW metodas 78

4.3.2. Topsis 80
4.3.3. Copras 82
4.4. Praktinio tyrimo rezultatai 84
4.5. Praktinio pritaikymo modelis 84
4.5.1. Proceso užduočių vykdytojai 86
4.5.2. Proceso užduotys 86
DARBO IŠVADOS IR PASIŪLYMAI 89
LITERATŪROS SĄRAŠAS 92

ĮVADAS

Daugybė tyrimų ir darbų yra atlikta siekiant didinti statybos pramonės efektyvumą. Yra žinoma daugybė priežasčių, kodėl projektai vėluoja, kur patiriami nuostoliai. Tačiau, nors technologijos žengia į priekį labai sparčiai, statybos pramonės efektyvumo rodiklis nesikeičia jau pusšimtį metų. Tai skatina pagalvoti apie problemą kiek iš kitos pusės – komunikacinių ir informacinių technologijų (toliau – IT) pusės. Šis darbas skirtas pažvelgti į statybos projekto dalyvių komunikaciją, jos sampratą ir formą, kaip į kertinę problemą, kurios sprendimas turėtų būti pirmasis žingsnis siekiant efektyvumo.

Darbo struktūra ir eiga

Darbą sudaro 6 skyriai ir literatūros sąrašas. Magistrinio darbo skyriai: *Įvadas*, *Metodinė dalis*, *Tyrimo objekto ir problemos apžvalga*, *Analitinė dalis*, *Praktinė tiriamoji dalis*, *Darbo išvados ir pasiūlymai*. Papildomai pateikti santrumpų ir savokų sąrašai. Darbo apimtis 92 puslapiai, kuriuose pateikti 44 paveikslai, 22 lentelės. Darbe remtasi 66 literatūros šaltiniais.

Kiekvienas tiriamasis darbas orientuotas į tam tikros problemos sprendimą, todėl šiame darbe bus taikomas problemos sprendimo algoritmas (žr. 1 pav.).



1 pav. Komunikacijos problemos sprendimo algoritmas

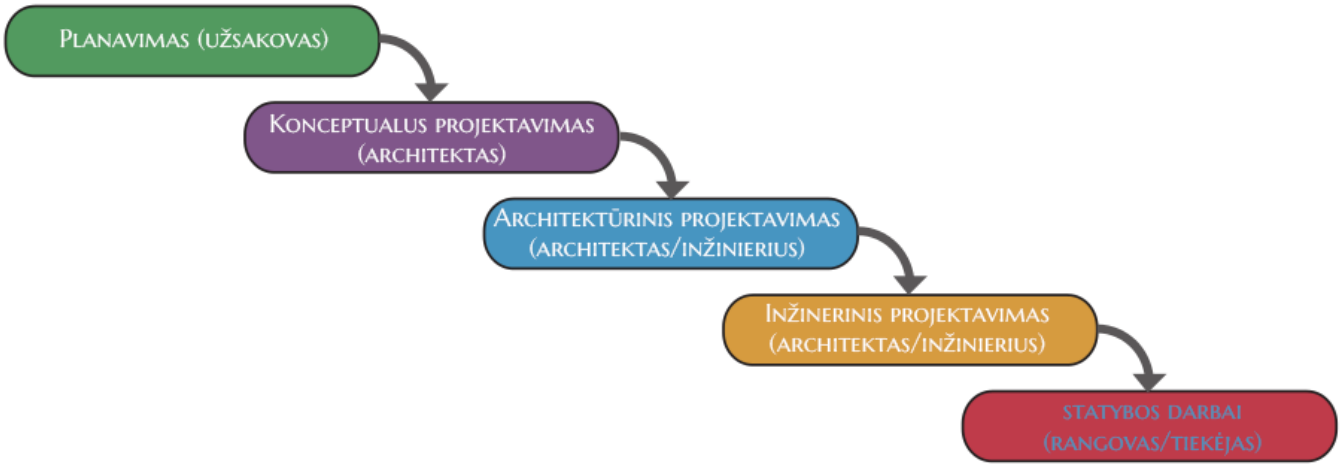
Schemoje pateiktų pagrindinių problemos sprendimo žingsnių vieta šio darbo struktūroje:

- komunikacijos problemos ir objekto identifikavimas – ir poskyriai;
- tikslo iškėlimas – poskyris;
- metodikos pasirinkimas problemos sprendimui – 1 skyrius;
- komunikacijos problemos analizė ir objekto identifikavimas – 2.2 ir 2.1 poskyriuose;

- komunikacijos technologinių sprendinių suformavimas – 3.1 ir 3.1 poskyriuose;
- optimalios komunikacinės platformos parinkimas – 4.1, 4.2, 4.3 poskyriuose;
- komunikacinės platformos pasirinkimo ir įdiegimo praktikoje modelio sudarymas – 4.5 poskyris;
- sprendimo įgyvendinimas ir patikrinimas – ši algoritmo dalis neatsiejama praktikoje sprendžiant problemą, tačiau šiame darbe ji numatoma kaip galimi tolesni tyrimai.

Darbo objektas

Analitinės dalies darbo objektas yra statybos projekto dalyvių linijinės komunikacijos modelis, neintegruojant statinio informacinio modelio (toliau – SIM) (žr. 2 pav.).



2 pav. Linijinės komunikacijos modelis

Šis modelis iliustruoja projekto rengimo ir įgyvendinimo filosofiją, kurioje visi projekto dalyviai nėra suinteresuoti ir neturi galimybių bendradarbiauti tarpusavyje. Nėra abipusio ryšio nei vienoje projekto stadijoje. Visos šalys suinteresuotos tik individualia nauda, siekia atlikti savo darbus, nevertinant būsimų ar jau buvusių procesų.

Tiriamos praktinė dalies darbo objektas sukonkretizuojamas iki pasirinktos organizacijos, rengiančios ir įgyvendinančios statybos projektus nuo projektavimo iki statinio pridavimo. Organizacijoje projekto dalyviai bendrauja ir rengia bei įgyvendina projektus linijinės komunikacijos principais, netaikomi SIM ir IT integruoti komunikaciniai sprendiniai.

Darbo problematika

Organizacijos, kuriose vyrauja linijinė komunikacija be integruotų informacinių ir ryšių technologijų (toliau – IRT) sprendinių esminė problema yra žemas efektyvumas, kurį identifikuoja šie

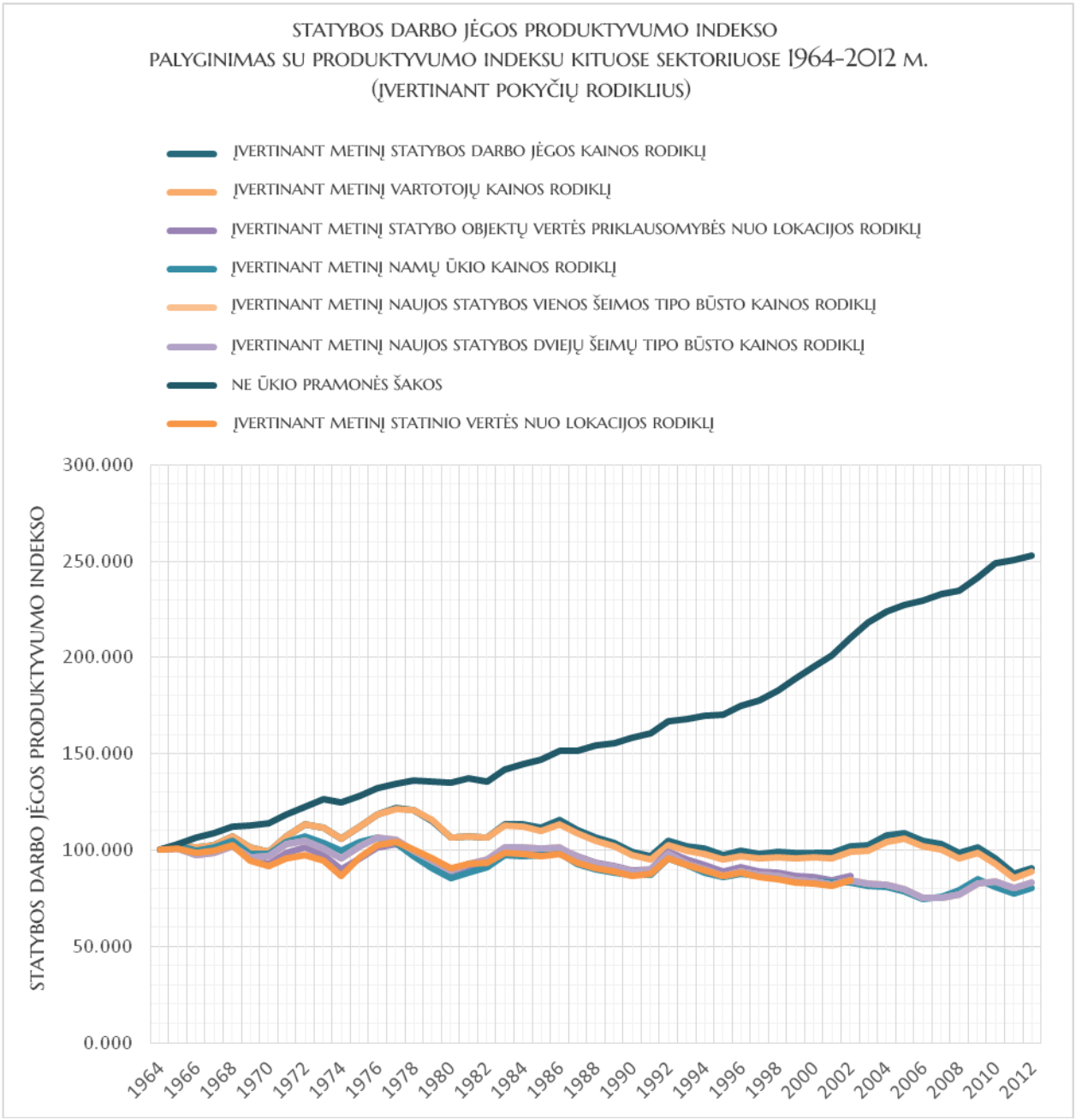
rodikliai (Gallaher *et al.* 2006):

- 50-85 % klaidų – dėl neišbaigtos arba klaidingos informacijos;
- 10-30 % darbo laiko – informacijos ieškojimas, tvarkymas;
- 20 % išlaidų – pertekliniai darbai, medžiagos;

Viską apibendrinus, iki 30 % išlaidų susidaro dėl neišvystytos pažangios dalykinės komunikacijos (Fahdah 2008; Gallaher *et al.* 2006).

Darbo aktualumas

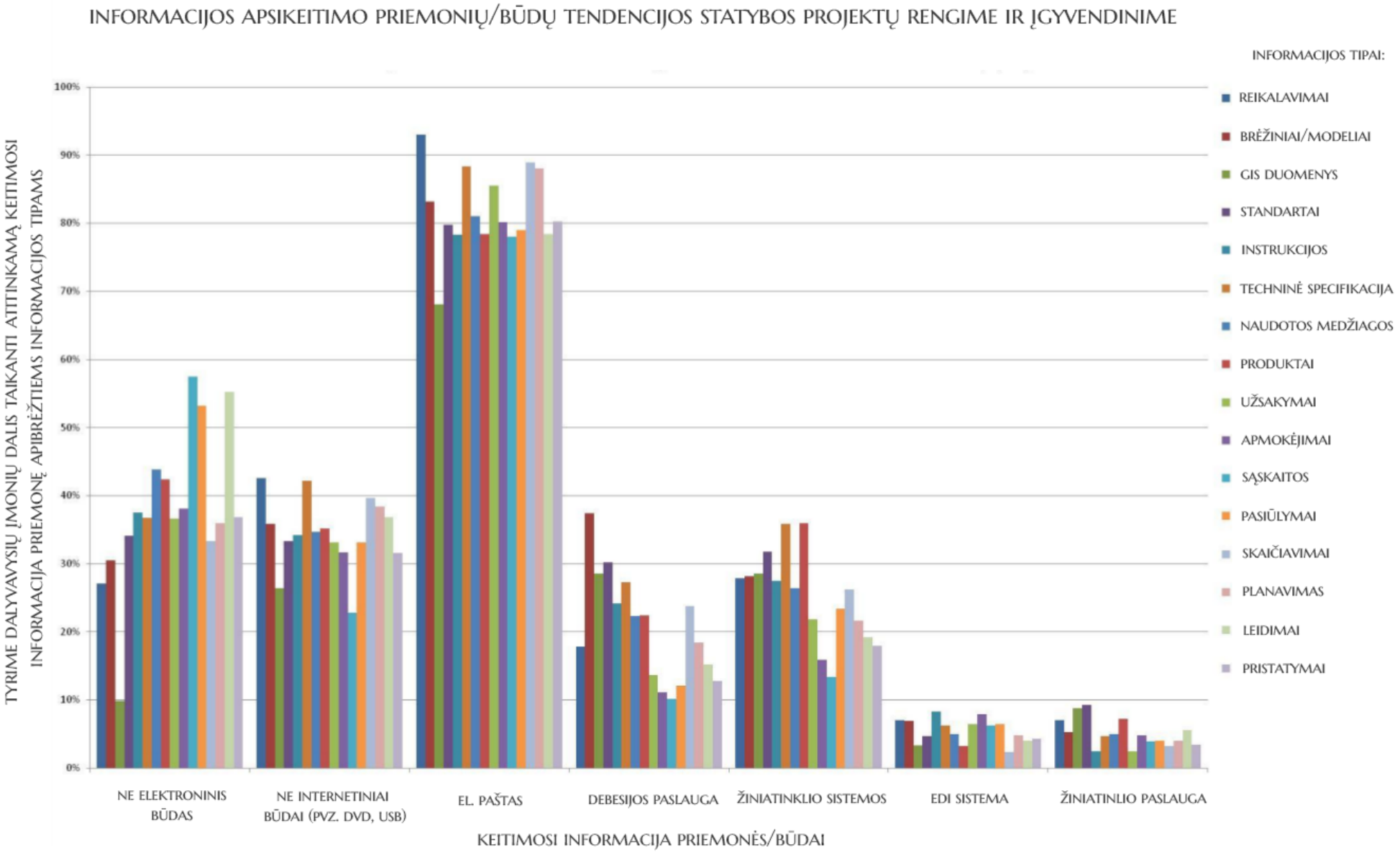
Darbo aktualumą pabrėžia keletas esminių faktorių. Vienas jų yra statybos pramonės produktyvumo indeksas (žr. 3 pav.)



3 pav. Statybos pramonės produktyvumo indeksas, palygintas su kitomis pramonės šakomis (Teicholz 2013)

Penkiasdešimt metų besitęsianti rodiklio stagnacija įrodo, kad nauji tyrimai naujomis kryptimis yra aktualūs tyrinėjant, kas lemia mažą efektyvumą statybos sektoriuje.

Antrasis aktualus faktorius yra IRT technologijų adaptacijos statybos sektoriuje rodikliai (žr. 4 pav.)(Connect & Construct... 2013).

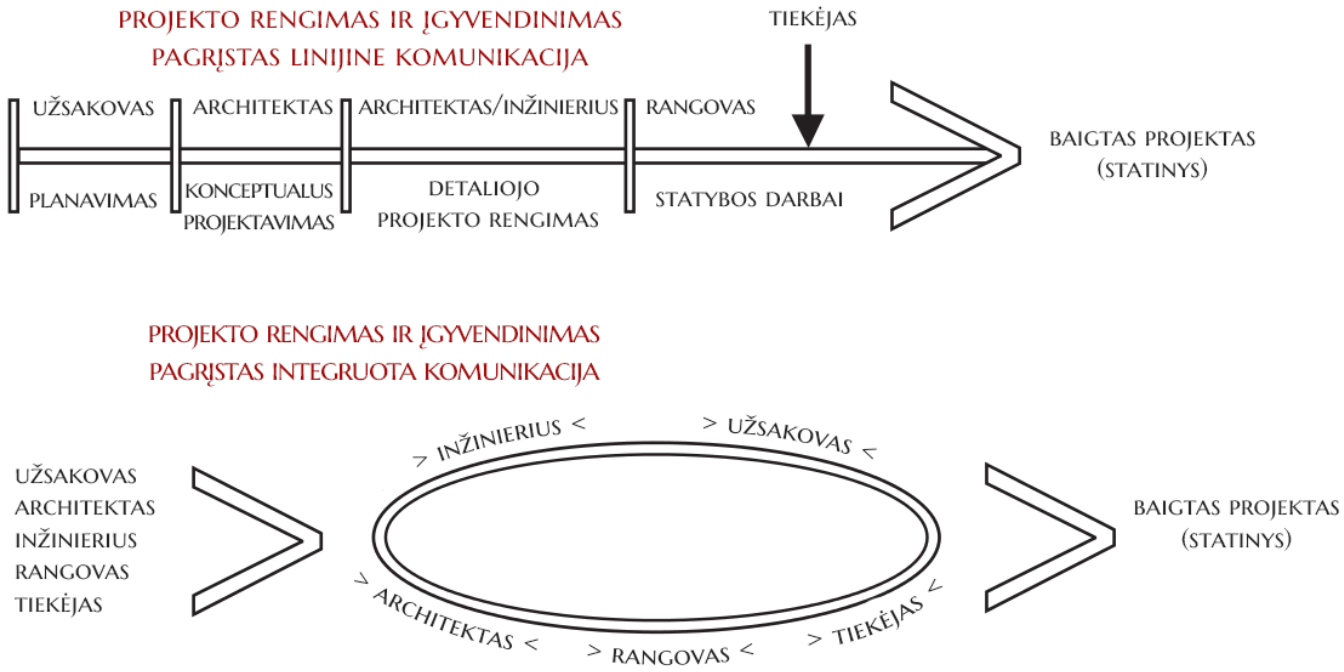


4 pav. Statybos pramonės IRT technologijų adaptacijos rodikliai 2013 m. (Connect & Construct... 2013)

Remiantis šiais rodikliais akivaizdu, kad apie 80 % statybos projekto dalyvių naudoja el. paštą keitimuisi informacija ir bendradarbiavimui bei apie 40 % informacijos mainų vyksta ne elektroninėje formoje. Visa tai lemia didelius informacijos nuostolius, necentralizuotą informacijos valdymą, laiko nuostolius, brangius projekto pakeitimus, vėlyvus sprendinius, didelį klaidų kiekį ir kt. Iš šių duomenų akivaizdu, kad komunikacija vyksta linijiniu būdu, nėra skiriama dėmesio vieningam pažangios komunikacijos sprendiniui projekto dalyvių grandinėje ir tai gali būti viena iš pagrindinių priežasčių, lemianti produktyvumo stagnaciją.

Darbo tikslas

Sudaryti modelį, perteikiantį pažangios komunikacinės platformos diegimą, kurį pritaikius sumažėtų projekto įgyvendinimo išlaidos iki 10 % projekto vertės. Diegiama komunikacinė platforma leistų nuolat efektyviai bendradarbiauti visą projekto laikotarpį per sistemą – komunikacinę platformą (žr. 5 pav.).



5 pav. Dalykinės komunikacijos modelis prieš ir po komunikacijos platformos diegimo (Byggeri 2005)

Darbo uždaviniai

Darbe suformuluoti šie uždaviniai:

1. **Pasirinkti tyrimo metodus ir priemones.** Uždavinio tikslas – parinkti metodai ir priemonės, kuriuos taikant bus pasiektas darbo tikslas – komunikacijos diegimo modelis;

2. **Apžvelgti komunikacijos problemą ir objektą.** Uždavinio tikslas – detalizuotas tyrimo objektas, problema ir jos kilmė, dabartinė situacija, charakteringi rodikliai;

3. **Išskirti pagrindinius technologinius sprendinius komunikacijai ir jų taikymo atvejus.** Uždavinio tikslas – suformuoti technologiniai sprendiniai, skirti realizuoti efektyvesnę komunikacinę platformą;

4. **Išanalizuoti ir pateikti esminius rodiklius sprendimo priėmimui kiekvienos technologijos atveju.** Uždavinio tikslas – suformuoti rodikliai, kurie turi būti vertinami renkantis konkrečią komunikacijos sistemą pagal kiekvieną sprendinių technologiją;

5. **Išanalizuoti užsienio šalyse egzistuojančias inovatyvias priemones, palengvinančias pagrindinių sprendinių taikymą.** Uždavinio tikslas – suformuotos inovatyvios priemonės, keliančios pagrindinių priemonių efektyvumą ir sprendžiančios jų trūkumus;

6. **Iš įmonės surinkti ir susisteminti duomenis, reikalingus lyginamajai analizei atlikti.** Uždavinio tikslas – surinkta informacija apie įmonės poreikius ir lūkesčius diegiamai komunikacijos sistemai;

7. **Atlikti lyginamąją analizę, skirtą rasti optimaliam sprendiniui.** Uždavinio tikslas – parinktas optimalus įmonei sprendinys, kuris leis sumažinti projekto sąnaudas;

8. **Pateikti optimalų sprendimą su taikytinomis inovatyviomis, efektyvumą didinančiomis priemonėmis.** Uždavinio tikslas – parinkta tiriamai organizacijai optimali komunikacinė platforma;

9. **Sudaryti komunikacinės platformos diegimo modelį.** Uždavinio tikslas – komunikacinės platformos modelis, savo procesais ir savybėmis artimas realiems procesams;

1. METODINĖ DALIS

Metodologija suprantama kaip mokslas, teoriškai pagrindžiantis ir aprašantis metodus, taikomus tam tikroje mokslo sferoje. Tokie aprašymai, kurie apsiriboja tik taikymu praktikoje, arba kitaip sakant, veiksmų, padedančių pasiekti norimą rezultatą, seka, vadinami metodika. Tiek metodologija, tiek metodika susideda iš metodų (Gintalas 2011). Remiantis apibrėžimu, šioje darbo dalyje teoriškai pagrindžiami ir trumpai aprašomi metodai, kurie naudojami šiame darbe apsibrėžtam rezultatui pasiekti.

1.1. Literatūros analizės metodas

Metodo aprašymas (Mokslinių šaltinių... 2010)

Literatūros analizė – tai visapusiškas pasirinktos srities mokslinio tyrimo rezultatų nagrinėjimas, leidžiantis apibrėžti darbe vartojamas sąvokas, numatyti darbo struktūrą ir jo ribas. Literatūros analizė gali būti pagalbinė mokslinio tyrimo priemonė, pavyzdžiui, eksperimentiniame tyrime. Tačiau taip pat gali tapti savarankišku tyrimo metodu.

Analizė atliekama šiais etapais:

- šaltinių (straipsnių, knygų) paieška;
- pagrindinių šaltinių pasirinkimas;
- šaltinio kokybės įvertinimas;
- esminės informacijos (žinių) išgavimas;
- žinių apibendrinimas (sintezė) ir pateikimas.

Iškelti analizės uždaviniai:

- Kokie žinomi šio darbo problemos sprendimai?
- Kaip kiekvienas siūlomas sprendimas, pagrįstas eksperimentais (atvejų studijomis, industriniais taikymais)?
- Kaip kitų autorių siūlomus sprendimus galima pritaikyti kuriant sprendimo modelį šio darbo problemai?

Šaltiniai pasirenkami atsižvelgiant į:

- šaltinio indeksavimą pagrindinėse srities duomenų bazėse (*IEEExplore, ACM, ScienceDirect, ISIKnowledge*);

- šaltinio cituojamumo lygį;
- šaltinio paskelbimo vietos (žurnalo, konferencijos) svarbą ir įtaką (galima pažiūrėti ISIKnowledge);
- šaltinio naujumą;
- šaltinio apimtį (atmetami trumpieji straipsniai, plakatai);
- šaltinyje paskelbtų rezultatų pagrindimą eksperimentiniais tyrimais arba atvejų studijomis.

Šaltinio kokybė vertinama remiantis:

- Ar aiškiai suformuluotas tyrimo tikslas?
- Ar pateiktas tyrimų kontekstas?
- Ar pagrįsti siūlomi sprendimai?
- Ar aprašytas sprendimas (algoritmas, metodas) gali būti atkartotas (t.y. realizuotas remiantis pateiktu aprašymu)?
- Ar testiniai duomenys, su kuriais buvo atliekami tyrimai, yra etaloniniai (t.y. naudojami ir kitų srityje dirbančių mokslininkų) ir yra viešai paskelbti ir prieinami?
- Ar eksperimento eiga (procedūra) tinkamai aprašyta ir gali būti atkartota?
- Ar siūlomas sprendimas palygintas su kitais sprendimais?
- Ar naudojami tinkami palyginimo kriterijai (metrikos)?
- Ar tyrimo rezultatai išanalizuoti ir tinkamai paaiškinti?
- Ar tyrimo rezultatai patvirtina siūlomo sprendimo tinkamumą problemai spręsti?

Metodo alternatyvos

Tinkamų alternatyvų, kurios pakeistų šį metodą ir leistų gauti ne mažesnį objektyvios informacijos kiekį apie atliktus kiekybinius ir kokybinius tyrimus visame pasaulyje per tą patį laiko tarpą, nėra.

Metodo taikymo pagrindimas

Kadangi tinkamų alternatyvų neegzistuoja, tai šis metodas tinkamiausias norint susipažinti su esamais tyrimais pasirinktoje srityje, iškelti hipotezes, suformuoti problematiką ir patikrinti jos aktualumą, gauti kiekybinius ir kokybinius duomenis, palyginti gautus rezultatus ir sprendinius su kituose moksliniuose darbuose siūlomais.

Metodo taikymo principai šiame darbe

Šio darbo atveju analizė bus taikoma mokslinei literatūrai ir yra vienas iš tyrimo metodų. Taikant šį metodą bus siekiama gauti informaciją apie nagrinėjamą konkrečią problemą, gautus teorinius ir empirinius mokslo rezultatus. Remiantis išanalizuota informacija bus: apibrėžiama darbo tyrimo problema, ieškomi jos sprendimo būdai, gaunami pradiniai duomenys, nustatoma tyrimo vieta. Visa tai bus atliekama atsižvelgiant į panašios tematikos tyrimus, siekiant įvertinti tyrimų naujumą ir ribotumą. Šiame darbe taikant šį metodą bus:

- detalizuojama statybos dalyvių komunikacijos problematika ir objektas;
- išskiriami pagrindiniai technologiniai sprendiniai statybos dalyvių dalykinei komunikacijai;
- susipažįstama su gerąja praktika taikant įvardintas technologijas pasaulyje ir išskiriami inovatyvūs pagalbiniai technologiniai sprendiniai.

1.2. Anketinės apklausos metodas

Metodo aprašymas (Kardelis 2002)

Anketinės apklausos metodas yra vienas iš apklausos metodų. Šis metodas yra tiesioginė ir pagrindinė priemonė reikiamai informacijai ir duomenims apie respondentą gauti, pateikiant iš anksto suformuotą anketą.

Į apklausą galime žiūrėti kaip į komunikacijos procesą, kuris apima šiuos pagrindinius kintamuosius:

- asmuo, atliekantis apklausą, vadinamas interviu gavėjas arba apklausėjas;
- žmogus arba grupė, kuriuos apklausia, vadinami respondentais;
- apklausa – vienpusė komunikacija, kurią valdo interviu gavėjas.

Bendrieji anketos reikalavimai:

- pirmiausia turi būti motyvuotai, logiškai paaiškinta, dėl ko atliekamas tyrimas, po to pateikiama trumpa anketos užpildymo instrukcija;
- apklausiamojo pastangos atsakyti turi būti minimalios, todėl klausimai turi būti konkretūs, o atsakymų variantai suprantami;
- reikia vengti sudėtingų, erzinančių klausimų;
- svarbi anketos apimtis ir vizualinė forma, todėl turi būti pateikta kuo intuityvesnė forma.

Metodo alternatyvos

Viena iš galimų alternatyvų yra stebėjimas. Mokslinis stebėjimas – tai kryptingai organizuotas aplinkos daiktų ir reiškinių suvokimas (Kardelis 2002). Stebėjimo metu nėra keičiamas pats objektas, todėl galėtų būti surenkama visa aktuali informacija apie konkretų tiriamą objektą esamuoju laiku, šiuo atveju – įmonę, kurioje egzistuoja linijinė komunikacija. Taip pat dar viena galima alternatyva yra interviu. Tiriamasis interviu apibrėžiamas kaip tyrėjo inicijuotas dviejų asmenų pokalbis (šiuo atveju pokalbis suprantamas kaip interviu technika, todėl jis neturėtų būti skiriamas kaip atskiras tyrimo metodas), kurio tikslas – gauti būtiną tyrimo uždaviniams informaciją. Taigi, interviu su tiriamos organizacijos atstovu galėtų būti būdas, kaip išsiaiškinti organizacijos poreikius ir esamą situaciją.

Metodo taikymo pagrindimas

Pasirinktas anketavimo metodas dėl šių priežasčių:

- anketavimas leidžia tirti objektą kitoje šalyje (šiuo atveju Jungtinėse Karalystėse);
- anketavimas trunka trumpai iš tyrėjo pusės lyginant su stebėjimu;
- anketavimas leidžia tyrėjui ir respondentui nepriklausomai dirbti;
- atsakymas į anketos klausimus gali būti vykdomas dalimis skirtingų kompetencijų asmenų ir jiems patogiu laiku (tiriama organizacija didelė ir skirtingus duomenis gali pateikti skirtingi padaliniai).

Metodo taikymo principai šiame darbe

Šio darbo atveju, bus siekiama išsiaiškinti statybos įmonės, kuri dalyvauja tyrime, technologinius poreikius dalykinei komunikacijai tarp statybos projekto dalyvių. Mūsų atveju respondentas bus – Jungtinės Karalystės statybos darbų įmonės *VolkerWessels* atstovas. Taikomos apklausos rūšis: anketinė apklausa paštu. Klausimų rūšis: uždarieji (pateikiami galimi atsakymai respondentui), tiesioginiai. Respondento apklausos metu bus pristatoma, kokiu tikslu vykdoma apklausa, apibūdinama problema. Šio darbo atveju įmonė bus supažindinta su vykdomu tiriamuoju darbu, jo objektu ir problematika. Sutikus dalyvauti tyrime, bus išsiųsta anketa. Anketoje bus pateikta analizės metu sudarytas komunikacinės technologijos pasirinkimo algoritmas (medis), kuris leidžia pasirinkti tinkamą komunikacinės platformos technologiją statybos projekto įmonei. Taip pat anketinė apklausa bus derinama su dvipuse komunikacija. Respondentas bus konsultuojamas el. paštu kilus neaiškumams dėl klausimo formos ar rezultato sekos.

1.3. Porinio palyginimo metodas

Metodo aprašymas (Saaty 1980)

Porinis palyginimo metodas naudojamas prioritetams nustatyti, turint tam tikrą santykinį svarbumą arba vertingiausių elementų hierarchinę struktūrą. Šio darbo atveju metodas bus taikomas nustatant pasirinktos komunikacinės platformos technologijos įrangos/paslaugos vertinimo kriterijų reikšmingumus pagal organizacijos poreikius. Svoriai bus reikalingi norint parinkti technologinę įrangą/paslaugą daugiakriterės analizės metodu. Palyginimas poromis vyksta svarstyklių principu, palyginant, kiek vienas kriterijus yra svarbesnis už kitą. Kriterijus ir subkriterijus lyginame grupės ribose. Jei kriterijų svarbumas vienodas arba lygus, tuomet įvertinimas lygus vienetui. Vertinimą atlieka ekspertų grupė. Vertinimas vyksta remiantis skale, pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. T. Saaty sudaryta skalė pagal kurią lyginami rodikliai (Saaty 1980)

Įvertinimas	Žodinis apibrėžimas	Paaiškinimas
1	Lygus	Abudu kriterijai yra vienodai svarbūs
3	Vidutinio stiprumo	Vieno kriterijaus svarbumas mažai skiriasi už kitą
5	Stiprus	Vienas kriterijus yra vidutiniškai svarbesnis už kitą
7	Labai stiprus	Vienas kriterijus daug svarbesnis už kitą
9	Aukščiausias laipsnis	Vienas kriterijus yra labai daug svarbesnis už kitą
2,4,6,8 – tarpinis įvertinimas, kai reikalingas kompromisas		

Metodo alternatyvos

Visi šiuo metu žinomi ir taikomi daugiakriterio vertinimo veiksnių svorių nustatymo būdai pagrįsti ekspertų nuomone. Todėl apibendrinant esminės alternatyvos vykdant svorio nustatymą galėtų būti išskiriamos dvi: vienais atvejais svoriai nurodomi tiesiogiai vieneto dalimis, kitais atvejais, vėlgi remiantis ekspertais, nustatomi atliekant sudėtingus skaičiavimus.

Metodo taikymo pagrindimas

Paprasčiausia taikyti minėtą tiesioginį vertinimą, kai ekspertai vieneto dalimis iš karto nurodo veiksnių svorius. Kai veiksnių nedaug, jie duoda bene geriausią rezultatą. Tačiau šio darbo atveju veiksnių yra ne mažiau nei penki ir jie priklausomai nuo laiko ir tiriamo objekto gali kisti, ir ekspertui bus sunku nustatyti didėjančio veiksnių skaičiaus svorių teisingus tarpusavio santykius nagrinėjamo reiškinio atžvilgiu. Dėl to nuomonių nesuderinamumas vis didėja, dažnai jis viršija leistinąsias ribas ir ekspertinių apklausos rezultatų negalima naudoti tolesniam skaičiavimui. Tokiais atvejais šiuo metu plačiausiai taikomas T. Saaty porinio lyginimo metodas, kuris yra tinkamas ir bus taikomas šiame darbe.

Metodo taikymo principai šiame darbe

Šiame darbe palyginimo metodas bus derinamas su apklausos metodu. Organizacijoje atskirai ekspertų grupei bus nusiunčiama anketa, kurioje surašomi vertinimai pagal pateiktą skalę. Užpildy-

tos anketos atsiunčiamos atgal ir atliekamas ekspertų nuomonės suderinamumo patikrinimas. Esant ekspertų nuomonių nesuderinamumui, vertinama keliais etapais, t. y. ekspertams rodomos jų klaidos ir prašoma jas ištaisyti. Kai nuomonė suderinama, apskaičiuojami rodiklių reikšmingumai iš gautų duomenų.

1.4. Daugiakriterės analizės metodas

Metodo aprašymas

Dabartinė visuomenė labai dažnai susiduria su įvairiais uždaviniais, kuriais siekiama gauti optimalų rezultatą mažiausiomis išlaidomis. Būtent tų rezultatų svarba ir neišvengiamumas reikalauja specialios matematinės teorijos – optimalių sprendinių paieškos. Visuose tokio tipo uždaviniuose kokybės rodikliai – kriterijai, priklauso nuo sprendimo. Uždavinio tikslas – surasti tokį sprendimą, kad kriterijaus reikšmė būtų optimali. Pavyzdys galėtų būti vieno ar kelių kintamųjų funkcijos maksimumo ar minimumo paieška. Tačiau aktualūs gali būti ir keli kriterijai. Šiandieniniame gyvenime daugybė sprendžiamų uždavinių yra daugiakriteriai. Daugiakriterių uždavinių esminis bruožas – kad sprendinys negali būti geriausias visų kriterijų atžvilgiu. Reikia ieškoti kompromiso, t. y. tokio sprendinio, kuris nėra optimalus kiekvienam atskirai paimtam kriterijui, bet yra kompromisiškai priimtinas visų bendrai paimtų kriterijų atžvilgiu. Žinomiausi daugiakriterės sprendimų paramos metodai yra:

- analitinis hierarchijos procesas: AHP, ANP;
- atstumo iki idealaus taško: TOPSIS, ELECTRE, MUŠA, AKUT A, VIKOR, PROMETHEE;
- paprastas svertinis sumavimas: SAW, MOORA;
- kompleksinis proporcingumo įvertinimas: COPRAS, COPRAS-G, SWARA, FARE.

Metodo alternatyvos

Kaip anksčiau minėta, viena iš alternatyvų galėtų būti vieno ar kelių kintamųjų funkcijos maksimumo ar minimumo paieška. Kita labiau svarstytina alternatyva yra *Kepner-Tregoe* sprendimų analizė. Tai lyginamasis metodas, kai ekspertų grupė skaitmeniškai įvertina kriterijus ir kiekvieną iš alternatyvų. Vertinama individualiai, kiekvienas ekspertas nusprendžia kriterijaus įvertinimą. Naudojant metodą atliekami veiksmai:

- kiekvienas kriterijus yra įvardijamas taškais (tai vadinama kriterijaus svoriu) pagal jo svarbą kitų kriterijų atžvilgiu (pvz., 1 – mažiausias, 10 – didžiausias (geidžiamiausio sprendimo kriterijaus vertinimas));
- alternatyvos įvertinamos individualiai taškais pagal visus tikslo kriterijus;

- bendras alternatyvos įvertis skaičiuojamas taip: alternatyvos taškai dauginami iš kiekvieno kriterijaus svorio ir susumuojama visų kriterijų atžvilgiu (Mikulskienė 2012).

Metode egzistuoja du vertinimo lygmenys: privalomas (atmetama, kai netenkina bent vienas iš reikalavimų) ir pageidaujamas (vertinama balais) (Mikulskienė 2012). Metodo taikymo pavyzdys renkantis automobilį pateikiamas 2 lentelėje.

2 lentelė. Kepner-Trego sprendimų analizės pavyzdys renkantis automobilį (Mikulskienė 2012)

Kriterijus		**Mazda 3**	**Fiat Panda**	**Honda CRV**
Privalomi				
Automatinė pavara		+	+	+
Kaina apie 30 000 lt		+	+	-
Pageidaujami				
	Kriterijau vertė	Svoris·Vertė	Svoris·Vertė	Svoris·Vertė
Variklio tūris	10	$5 \cdot 10 = 50$	$9 \cdot 10 = 90$	Nevertinama
Centrinis užraktas	5	$10 \cdot 5 = 50$	$0 \cdot 5 = 0$	Nevertinama
Kondicionierius	9	$10 \cdot 9 = 90$	$10 \cdot 9 = 90$	Nevertinama
Iš viso		190	180	Nevertinama

Metodo taikymo pagrindimas

Daugiakriterė analizė buvo pasirinkta, nes vieno ar kelių kintamųjų funkcijos maksimumo ar minimumo paieška netinka, kai aktualių kriterijų yra keletas. *Kepner-Tregoe* metodo taikymas turi trūkumą – nėra aiškiai suvokiamas skirtumas tarp kriterijaus įvertinimų 10 ir 8, o daugiakriterės analizės metoduose šio darbo atveju gaunami įvertinimai, remiantis standartizuota T. Satty sudaryta skale. Taip pat kartais sudėtinga metodo pateiktą sprendinį interpretuoti kitų variantų atžvilgiu, kai balai artimi. Taigi įvertinus faktą, kad kriterijų gali būti daug, t.y. daugiau nei tiriamuoju momentu suformuota, daugiakriterės analizės metodai yra tinkamesni ir atlikus alternatyvų palyginimą keliais daugiakriterės sprendimų paramos metodais, galima palyginti gautus optimalius variantus ir įsitikinti rezultato patikimumu.

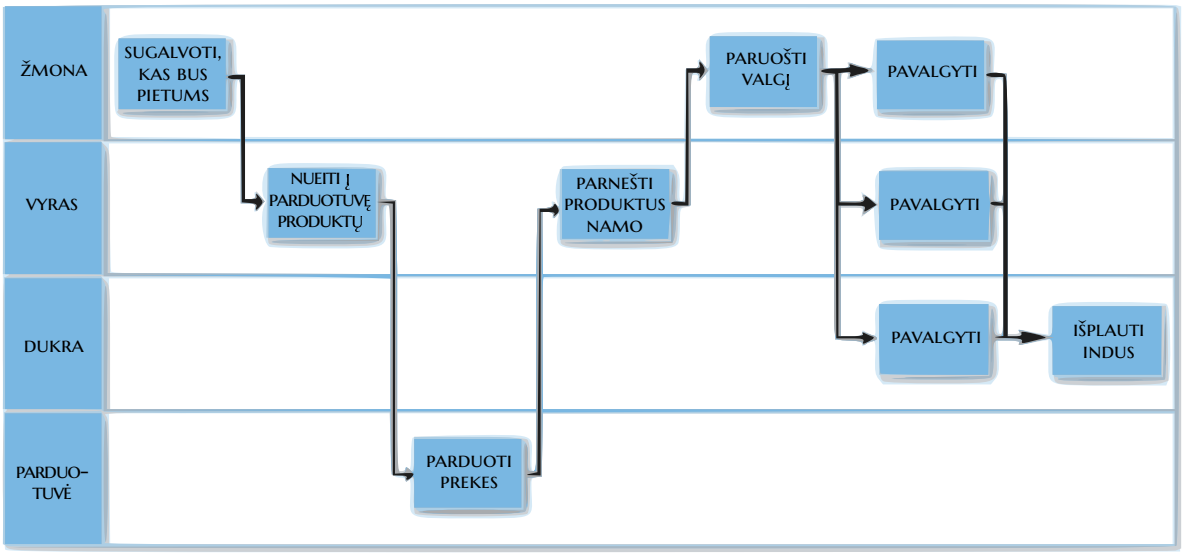
Metodo taikymo principai šiame darbe

Šiame darbe bus atliekama daugiakriterė analizė, siekiant pasirinkti optimalią technologinę įrangą komunikacijos platformai organizacijoje. Norint užtikrinti rezultatų patikimumą, analizė bus atliekama pasirenkant po vieną metodą iš daugiakriterės analizės metodų grupių: AHP, TOPSIS, SAW ir COPRAS. Analizei reikalingi svoriai apskaičiuojami taikant porinio palyginimo metodą (žr. 1.3 poskyrį), o rodikliai suformuojami analitinėje darbo dalyje (žr. 3.3 poskyrį).

1.5. Procedūrų diagramos

Diagramų aprašymas (Procedūrų diagramos... 2011)

Diagramos naudojamos vizualiai pavaizduoti vykdomiems proceso žingsniams, jų tarpusavio ryšiams bei naudojamiems duomenims. Tais atvejais, kai yra nemažai vykdytojų, būna naudojami plaukimo takeliai (angl. swimlanes). Takeliai atitinka vykdytojus, pavyzdžiui, struktūrinius įmonės padalinius, o veiksmų seka pavaizduoja procesą. Dažnas plaukimo takelių panaudojimo atvejis yra kai proceso žingsniai vykdomi keliuose skirtinguose struktūriniuose įmonės padaliniuose. Puikus pavyzdys – procesinio valdymo diegimas įmonėse, turinčiose hierarchinę struktūrą, nes čia būtina vaizdžiai pademonstruoti paskirų proceso žingsnių vykdytojus.



6 pav. Pavyzdinė procedūrų diagrama su plaukimo takeliais (Procedūrų diagramos... 2011)

Dažniausiai procesų diagramose (grafinėse procedūrose) naudojami elementai pateikiami 7 lentelėje.

Nr.	Elemento pavadinimas	Elemento simbolis
1.	Terminatorius	
2.	Poprocesis (angl.)	
3.	Procesas (angl.)	
4.	Dokumentas (angl.)	
5.	Rankiniai veiksmai (angl.)	
6.	Duomenys	
7.	Sprendimas	
8.	Arba	
9.	Jungtis	
10.	Jungtis už puslapio ribų	

7 pav. Procesų diagramų sutartiniai ženklai

- Terminatorius – sąlyginis elementas, reiškiantis proceso galutinį tašką;

- Poprocesis – tai tam tikrų tikslingų veiksmų visuma, kuri jau yra detalizuota ir išskaidyta į smulkesnius žingsnius, kurie sudaro smulkesnį procesą naujoje diagramoje, kuri pateikiamą šalia pagrindinės;
- Procesas – tai tam tikrų tikslingų veiksmų visuma;
- Dokumentas – tikslinga ir savarankiška duomenų visuma;
- Rankiniai veiksmai – neapibrėžtas procesas, kuris vykdomas priklausomai nuo situacijos;
- Duomenys – bet kokie duomenys (vietoje šio elemento gali būti naudojami keli kiti, detalesni);
- Sprendimas – sąlygomis paremta operacija, turinti kelias galimas baigtis;
- Arba – elementas atliekantis loginį arba. Pagal gautas įvestis, šis elementas parenka tolesnę žingsnių seką;
- Jungtis – paprastai naudojama sudėtingose diagramose vienam diagramos taškui su kitu sujungti, nenaudojant įprastos rodyklės. Šios figūros centre įrašomas raktas, kuris yra kaip nuoroda į kitą diagramos tašką su tuo pačiu raktu;
- Jungtis už puslapio ribų – naudojama parodyti, jog proceso žingsnių seka nesibaigia, o persikelia į kitame puslapyje esantį procesą (diagramą) su tuo pačiu raktu esančio šio simbolio viduje.

Procedūrų diagramų alternatyvos

Kaip alternatyva diegimo procesui pavaizduoti galėtų būti nestandartizuota diagrama, kurios elementai, ryšiai sukuriami ir aprašomi šio darbo kontekste ir orientuoti tik į šį darbą. Taip pat galima paminėti UML tipo diagramas, kurių specifiniai tipai naudojami aprašyti sistemos sekoms, panaudos atvejams ir veikloms. UML diagramos orientuotos į sistemų projektavimą IT srityje.

Procedūrų diagramų pagrindimas

Siekiant, kad diagramos būtų kuo labiau standartizuotos ir suprantamos nepriklausomai nuo skaitytojo išsilavinimo pakraipos, buvo atmestos nestandartizuoto aiškinamojo tipo diagramos. Tai buvo padaryta dar ir dėl to, kad būtų neracionalu naudoti tokio tipo diagramas kuriant komunikacinės platformos diegimo modelį, kuris turi būti lengvai skaitomas tiek diegimo specialistams, tiek statybos darbais užsiimančios organizacijos darbuotojams. Taigi, procedūrų diagramos yra optimalus pasirinkimas, nes UML tipo diagramos atmetamos dėl savo orientacijos į kompiuterinių sistemų projektavimą, o ne į realaus pasaulio procesų modeliavimą.

Diagramų taikymo principai šiame darbe

Šiame darbe procedūrų diagramos bus taikomos kuriant komunikacinės technologijos pasirinkimo organizacijoje schemą ir praktinio pritaikymo modelį, iliustruojantį komunikacinės platformos

diegimą. Praktinio pritaikymo modelyje svarbūs proceso vykdytojai, todėl šioje diagramoje bus naudojami plaukimo takeliai. Į komunikacijos technologijos pasirinkimą bus žvelgiama kaip į procedūrą, kurios žingsnius turi atlikti įmonės vidiniai arba samdomi specialistai, tačiau nėra svarbūs konkretūs žingsnių vykdytojai. Technologijos parinkimo diagramoje svarbiausia žingsnių eiliškumas ir sprendimų teisingumas. Sprendimams reikalingų duomenų gavimas yra žingsnio vykdytojo atsakomybė ir šioje schemoje nėra vaizduojamas kaip procesas.

1.6. Modelis

Modelio aprašymas (Rudzkienė 2011)

Daugelio mokslinių tyrimų tikslas – sudaryti modelį. Modeliai iš esmės yra abstrakčios konstrukcijos, kuriomis mėginama pavaizduoti tik kai kurias realaus pasaulio savybes. Modelio sąvokos apibrėžimus galima rasti ne tik moksliniuose, bet ir populiariuose šaltiniuose. Pavyzdžiui, Tarptautinių žodžių žodyne teigiama, kad modelis – originalo atvaizdas, tapatus pasirinktu struktūros lygmeniu arba pasirinktomis funkcijomis.

Modelių tipai (Rudzkienė 2011)

Modeliams klasifikuoti taikomos įvairios schemos, tačiau dažniausiai išskiriami penki modelių tipai:

- verbalinis (žodinis);
- konceptualus (abstraktus);
- grafinis;
- statistinis;
- matematinis.

Modelio tipo pagrindimas

Modelio tipas pasirenkamas pagal sprendžiamą uždavinį. Šiame darbe yra siekiama sudaryti komunikacinės platformos diegimo modelį, kuris būtų kuo lengviau suprantamas tiek specialistui, diegiančiam technologiją, tiek organizacijai, kurioje diegiama platforma. Dėl šių priežasčių, modelis turi būti vizualus. Taip pat modelio tipas turi būti tinkamas pavaizduoti imituojamam procesui. Taigi, remiantis tipiniais modelių panaudos atvejais ir jų koncepcija, reikalavimus atitinka konceptualusis modelis. Konceptualusis modelis yra vaizdinis metodas (diagrama), vaizduojanti priežastinius ryšius tarp faktorių, kurie, manoma, yra reikšmingi nagrinėjamam problemai ar objektui. Sudarant konceptualų modelį reikia aprašyti visus į modelį įtraukiamus elementus ir šių elementų elgseną apibrėžiančias taisykles. Operacijų tyrimo projektų kontekste konceptualiojo modeliavimo taikymas yra platesnis

ir siejamas su visu vykstančiu procesu nutariant ką įtraukti į modelį. Konceptualiojo modelio pranašumas yra tai, kad jis yra vizualus ir jame lengva matyti galimybes. Konceptualūs modeliai dažnai naudojami kompiuterių moksle ir dirbtiniame intelekte kur modeliuojant idėjas, žinias ir koncepcijas dėmesys kreipiamas į modeliavimo technikas ir ontologijas. Operacijų tyrimo projektų kontekste konceptualiojo modeliavimo taikymas yra platesnis ir siejamas su visu vykstančiu procesu nutariant ką įtraukti į modelį.

Modelio sudarymo principai (Rudzkienė 2011)

Sudaromas modelis turi suprantamai pavaizduoti komunikacinės platformos diegimą organizacijoje, vykdančioje statybos projektavimo ir rangos darbus. Konceptualiam modeliui pavaizduoti naudojamos procedūrų diagramos, aprašytos anksčiau. Taip pat laikomasi modelio sudarymo principų, kad jis būtų:

- išsamus (turi būti įtraukti visi svarbūs ryšiai);
- paprastas (visi ryšiai, kurie reikšmingai nepalengvina reiškinio supratimo turi būti pašalinti);
- pagrįstas ir patikimas (visas modelis, kaip ir atskiros jo dalys, turi būti pagrįstas ir patikimas);
- logiškai neprieštaringas;
- apibendrinantis (turi gerai veikti įvairiose vietose ir situacijose);
- lengvai pateikiamas (rezultatus ir išvadas turi lengvai suprasti vadybininkai ir sprendimų priėmėjai);
- teisingas (neprieštarauti žinomiems faktams).

2. TYRIMO OBJEKTO IR PROBLEMOS APŽVALGA

2.1. Tyrimo objekto apžvalga

Šiame poskyryje bus apžvelgiama du statybos projekto dalyvių komunikacijos tipai. Šie tipai nusako informacijos sklaidos ir projekto rengimo bei įgyvendinimo principus. Pirmasis tipas yra darbo tiriamasis objektas – linijinė komunikacijos, o antrasis yra galima alternatyva – integrali komunikacija.

2.1.1. Linijinė komunikacija

Linijinė komunikacija reiškia nuoseklų projektų rengimą ir įgyvendinimą (angl. waterfall project managment). Ši komunikacijos forma yra tipinė statybos pramonėje, nors daugelis pramonės šakų pastarąjį dešimtmetį suvokia nuoseklaus projektų valdymo trūkumus ir stengiasi pereiti prie iteracinio projektų valdymo.

Linijine komunikacija paremtas projektų valdymas vyksta nuosekliai, etapų dalyviai nėra suinteresuoti komunikuoti tarpusavyje siekdami sukurti galutinę vertę klientui. Kiekvieno etapo dalyvis suinteresuotas atlikti savo projekto dalį su kuo mažiau investicijų ir per kuo trumpesnį laiko tarpą.

Tipinis procesas (Fahdah 2008; Ruikar 2011; Smith 2011)

Linijinė komunikacijos specifika kiekviename projekte kinta priklausomai tiek nuo pačių dalyvių, tiek nuo šalies politikos ir projekto specifikacijos. Nepaaisant to, toliau bus aprašomas tipinis procesas, kuris detaliau apibūdins linijinę komunikaciją statybos projektų valdyme. Tipinį procesą aprašė Ruikaras (2011) ir Smithas (2011) tiriamajame darbe, kurio objektas buvo daugiaaukštis statinys iš plieninių konstrukcijų. Proceso eiga šiame tiriamajame darbe pateikiama tik kaip pagalbinė priemonė, kuri iliustruotų linijinę komunikaciją statybos projektuose, todėl procesas yra paprastinamas tiek dalyvių, tiek pačių etapų skaičiumi ir jų detalumu. Taip pat procesas neaprašomas specifiniam regionui, todėl proceso skirtumai pasaulio šalių atžvilgiu nevertinami. Aprašyme egzistuojantys projekto dalyviai yra tokie:

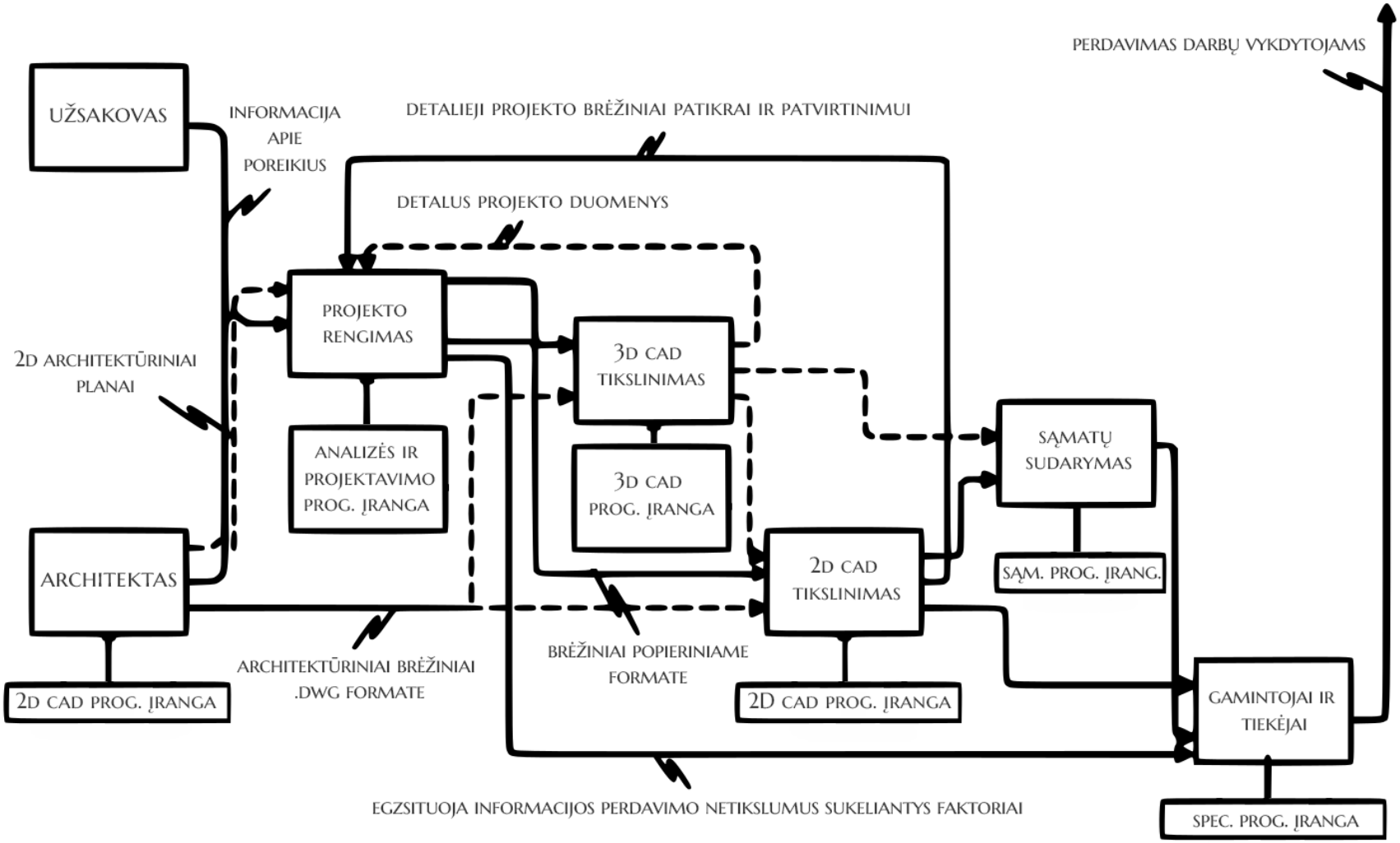
- Klientas – projekto dalyvis, užsakovas;
- Architektas – projekto dalyvis, atsakingas už statinio architektūrinius sprendinius;
- Inžinierius – projekto dalyvis, atsakingas už statinio inžinerinius sprendinius;
- 3D modeliuotojas – projekto dalyvis, atsakingas už galutinio 3D modelio sudarymą pagal architektūrinius ir inžinerinius brėžinius;
- Sąmatininkas – projekto dalyvis, atsakingas už projekto sąmatos sudarymą pagal gautus brėžinius/modelį;

- Vadybininkas – projekto dalyvis, atsakingas už medžiagų, elementų tiekimą, pirkimą, užsakymą ir tiekimą laiku į statybos aikštelę;
- Statybos darbų vykdytojas – projekto dalyvis, atliekantys statybos darbus;
- Projekto priežiūros techninis vadovas – projekto dalyvis, atliekantis techninę projekto priežiūrą;
- Darbų vadovas – projekto dalyvis, vadovaujantis statybos darbams.

Tipiniame procese darbai prasideda nuo statinio koncepcijos. Įprastai šios stadijos dalyviai yra architektas ir klientas. Architektas pateikia pirminius statinio eskizus ir erdvių išplanavimus klientui, pagal jo išsakytus poreikius. Taip pat architektas dažniausiai nubraižo statinio aukštų planus (dviejų dimensijų brėžiniai) ir pateikia inžinieriui. Inžinierius pateikia keletą abstrakčių sprendinių, kaip turėtų atrodyti konstrukcija (sijų, kolonų ir kitų konstrukcinių elementų išdėstymas). Preliminari sąmata sudaroma suskaičiuojant konstrukcinių elementų kiekius ir jų orientacinę kainą. Sąmata sudaroma rankiniu būdu, remiantis 2D brėžiniais. Taip architektas ir inžinierius keičiasi 2D brėžiniais tol, kol su klientu suderinamas galutinė statinio koncepcija. Baigiama koncepcijos kūrimo stadija.

Kitame etape, rengiamas detalizuojantis projektas. Procesas prasideda nuo architekto, kuris, naudodamasis *CAD* programine įranga, kuria architektūrinius darbo brėžinius. Kai tik baigia darbą, brėžinius perduoda inžinieriui. Inžinierius atlieka apkrovų skaičiavimus, parenka atitinkamus konstrukcinius elementus, suprojektuoja mazgus ir *CAD* programine įranga parengia konstrukcinės dalies brėžinius ir aiškinamąjį raštą su skaičiavimais. Apkrovoms skaičiuoti įprastai naudojama inžinieriaus pasirinkta programinė įranga tokia kaip *STAAD*, *Robot Structural Analysis* ar kita. Atlikęs projektavimo dalį inžinierius perduoda rezultatus projekto inžinieriui, kuris parengia galutinį inžinerinio projekto variantą ir perduoda jį 3D modeliuotojui, kuris kuria 3D modelį pagal gautus 2D brėžinius. 3D modelis kuriamas siekiant aptikti elementų kolizijas bei vizualizuoti projektą klientui ir įsitikinti, kad gauti architektūriniai brėžiniai atitinka inžinerinius brėžinius. Taip pat iš 3D modelio yra galimybė sugeneruoti brėžinius ir elementų bei medžiagų kiekius, kurie yra pateikiami sąmatininkui. Pagal gautus duomenis sąmatininkas sudaro detalią projekto sąmatą. Baigtą sąmatą perduoda vadybininkui, kuris pagal turimus duomenis organizuoja medžiagų, elementų tiekimą, pirkimą, užsakymą. Kai medžiagos ir elementai pristatomi į statybos aikštelę, statybos darbai pradedama darbų vykdytojo, kuris atsakingas už statybą. Nuosekliai darbams vadovauja darbų vadovas ir periodiškai techninę priežiūrą atlieka techninis vadovas.

Visas proceso modelis buvo pateiktas kaip nuoseklus linijinis procesas, tačiau praktikoje dažnai įvyksta klaidų. Šios klaidos taisomas iteracijų būdų, pertraukiant darbus ir šokinėjant per etapus atsiradus pakeitimų poreikiams ir neatitikimams (žr. 8 pav.).



8 pav. Tipinio statybos projekto komunikacijos schema, pagrįsta linijiniu modeliu (Fahdah 2008)

Privalumai ir trūkumai

Privalumai:

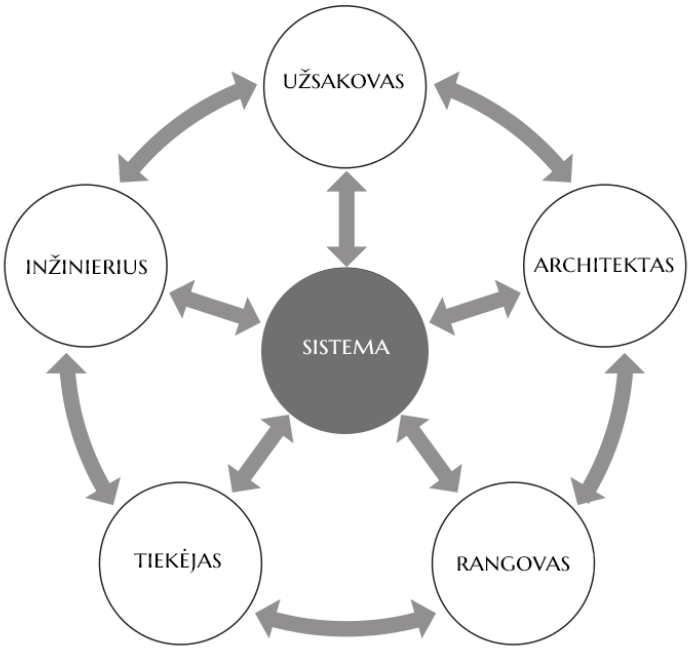
- nereikalauja pažangių technologinių priemonių;
- nereikalauja komunikacijos specialistų, kurie užtikrintų efektyvų technologinių priemonių veikimą ir jų naudojimą;
- paprasta ir aiški veiksmų seka vystant projektą.

Trūkumai:

- informacijos mainai pagrįsti popieriniu formatu ir vyksta lėtai;
- darbai turi vykti nuosekliai, nėra galimybės efektyviai dirbti lygiagrečiai;
- nesusisteminti dideli informacijos kiekiai reikalauja laiko ieškant ir dirbant su informacija;
- brangūs pakeitimai tiek laiko, tiek materialių išteklių atžvilgiu, kai yra poreikis grįžti į jau baigtą etapą;
- padidėjęs klaidų skaičius dėl egzistuojančios pasenusios informacijos ir išsibarstymo;
- skirtingos disciplinos nesuinteresuotos dirbti kartu.

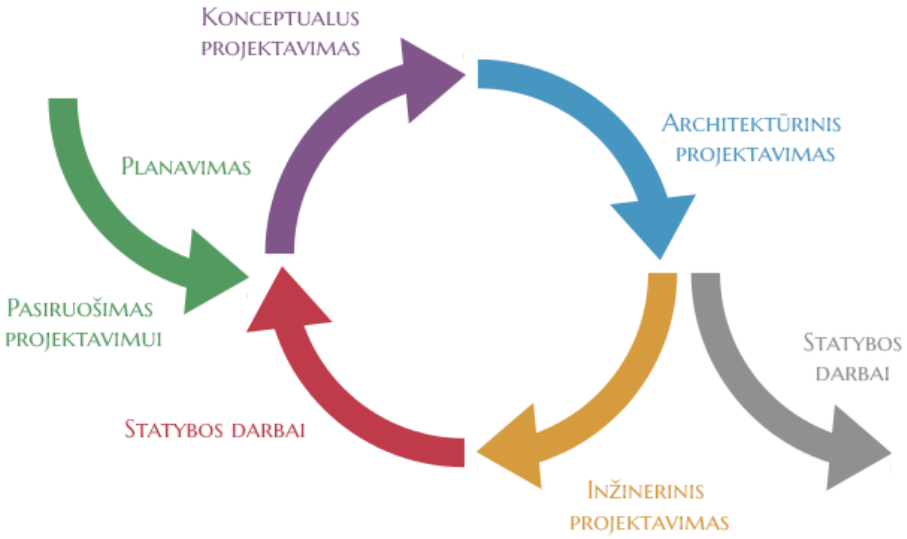
2.1.2. Integrali komunikacija

Priklausomai nuo komunikacinės platformos organizacijoje kinta ir komunikacijos tipas. Šiame darbe komunikacinės platformos sprendiniais siekiama pakeisti linijinę komunikaciją į integralinę, tai leistų pasiekti užsibrėžtus darbo tikslus.



9 pav. Projekto vystymo dalyviai taikant integralią komunikaciją

Integrali komunikacija yra linijinės komunikacijos alternatyva, kuri nusako projekto rengimą ir įgyvendinimą, kuriame visi projekto dalyviai integruotai ir nenutrūkstamai bendradarbiauja visą projekto laikotarpį per specifinę jų poreikius atitinkančią komunikacinę platformą (žr. 9 pav.). Skirtingų disciplinų dalyviai žiūri į projekto rengimą ir įgyvendinimą kaip į vieną bendrą tikslą nuo pradžios iki pabaigos (žr. 10 pav.) . Integralios komunikacijos procese dalyviai lieka tie patys, kurie buvo aprašyti linijinėje komunikacijoje. Užduotys taip pat nekinta, tačiau kinta pati informacijos sklaida ir darbo principai. Kadangi šio tipo komunikacija vyksta per platformą, visa projekto informacija tampa centralizuota ir prieinama visiems ir visada pagal poreikį. Tai leidžia skirtingų disciplinų dalyviams keistis informacija esamuoju laiku, atsisakant popierinio formato brėžinių. Vykstant informacijos mainams esamuoju laiku, skirtingų disciplinų dalyviai gali dirbti kartu, o ne etapais. Šie principai leidžia greitai pastebėti trūkumus ir rasti efektyvesnius sprendinius bendradarbiaujant disciplinoms. Taip pat organizuojami susitikimai projekto klausimais tampa efektyvesni, nes platforma tampa svarbiu sprendimų priėmimo įrankiu disciplinų komunikacijoje (Van Gassel *et al.* 2014).



10 pav. Projekto rengimo ir įgyvendinimo eiga taikant integralią komunikaciją

Tipinis procesas (Fahdah 2008)

Siekiant išryškinti proceso skirtumus tarp linijinės ir integruotos komunikacijos bus pateikiamas abstraktus procesas. Kadangi procesas tik pagalbinė priemonė integralios komunikacijos idėjai pateikti, jis nėra detalus ir jame paprastinta seka, dalyviai ir kita.

Visi projekto dalyviai gauna prieigą prie komunikacinės platformos. Klientui aptarus su architektu pirminę statinio viziją, visa konceptuali specifikacija perkeliama į platformą. Architektas pradeda darbą atitinkamai pagal komunikacinės platformos tipą. Šiuo atveju platforma pagrįsta SIM ir visa programinė įranga prieinama projekto dalyviams kaip paslauga. Taigi, architektas modeliuoja 3D eskizą platformoje, o turėdamas abejonių dėl konstrukcinių galimybių pateikia užklausą per platformą inžinieriui. Inžinierius ją gauna esamuoju laiku ir prisijungęs prie platformos 3D modelyje mato architekto užklausą apie statinio nurodytą dalį ir pateikia atsakymą. Architektas gavęs atsakymą gali tęsti darbą. Klientas, bet kuriuo jam patogiu metu, gali prisijungti prie sistemos ir peržiūrėti architekto darbą, stebėti progresą, išsakyti klausimus, pastabas, kurias architektas gaus esamuoju laiku. Tam atlikti nereikalinga jokia papildoma programinė įranga kliento kompiuteryje. Tokiu principu, pilnėjant 3D konceptualiam modeliui, prisijungia vis daugiau disciplinų, atsakingų už įvairius inžinerinius sprendinius, susipažinti su statinio koncepcija. Dėl to išvengiama komplikuotų ir brangių sprendinių bei perdarymų ankstyvoje statinio projektavimo stadijoje. Galiausiai, sukuriamas 3D konceptualus modelis, kuris yra dokumentuotas ir aprašytas visų disciplinų dalyvių, kuriems bus aktualus 3D modelis.

Inžinierius pradeda darbą, kai atsiranda bent dalis statinio eskizo, kuris suderintas su klientu iš architektūrinės pusės. Visa reikalinga informacija matoma platformoje. Taigi, inžinierius, naudodamasis tą patį 3D modelį, priima preliminarius konstrukcinius sprendinius tokius kaip kolonų išsidės-

tymai, sijos ir kita. Visa tai mato architektas ir tolesnius darbus atlieka vadovaudamasis jau matomais sprendiniais. Kai suderinamas konceptualus modelis, visos inžinerinės disciplinos jau yra susipažinę su modeliu ir analogiškai bendradarbiaudamos per platformą kuria inžinerinius sprendinius, kurie paremti bendru 3D modeliu. Kūrimui naudojama programinė įranga esanti platformoje, kuri užtikrina suderinamumą ir darbą tuo pačiu SIM. SIM pilnėja palaipsniui, vienu metu dirbant skirtingoms disciplinoms prie vieno modelio. Architektas, net ir baigęs savo konceptualią dalį, periodiškai prisijungia prie platformos, kad užtikrinti inžinerinių sprendinių integraciją į architektūrinę koncepciją. Taip pat platforma dirba vadybininkai ir sąmatininkai, kurie remdamiesi kuriamu SIM modeliu siunčia užklausas tiekėjams ir gamintojams. Iš jų gauta informacija yra suvedama į sistemą ir klientas nuolatos gali stebėti kainos pokyčius. Tai naudinga ir inžinieriams, kurie gali lengvai atlikti lyginamąją analizę pagal gautą informaciją platformoje iš tiekėjų ir gamintojų. Organizavimas medžiagų vyksta taip pat naudojantis platforma, kurioje sudaromi grafikai susieti su SIM modeliu. Remdamiesi šiais grafikais, prisijungę darbų vykdytojai planuojasi reikiamą technologinę įrangą ir patikslina pristatymo laikus tiekėjams. Darbų vadovai ir techniniai prižiūrėtojai, naudodami mobilius įrenginius, deda į platformą visą apsikeitimui skirtą informaciją. Šią informaciją stebi inžinieriai, užsakovas, sąmatininkai ir kiti dalyviai, kurie priima atitinkamus sprendinius pagal matomą progresą statybvietėje. Tokiu komunikacijos principu pagrįstas projektas baigiamas su pilnu SIM. Baigtas SIM, su visa informacija vienoje vietoje, perduodamas eksploatacijai po projekto pridavimo.

Privalumai ir trūkumai

Privalumai:

- centralizuota ir mobili informacija;
- problemų sprendimas projektinėje stadijoje;
- skirtingos disciplinų darbas kartu;
- informacijos tikslumas;
- greita informacijos sklaida;
- vykstančių procesų skaidrumas;
- galimybė dirbti lygiagrečiai.

Trūkumai:

- poreikis investicijų į technologinę platformą įgalinančią šią komunikaciją;
- poreikis specialistų išmanančių IRT;

- poreikis personalo mokymų ir naujo komunikacijos suvokimo projekto rengime ir įgyvendinime (Succar *et al.* 2013).

2.2. Tyrimo problemos apžvalga

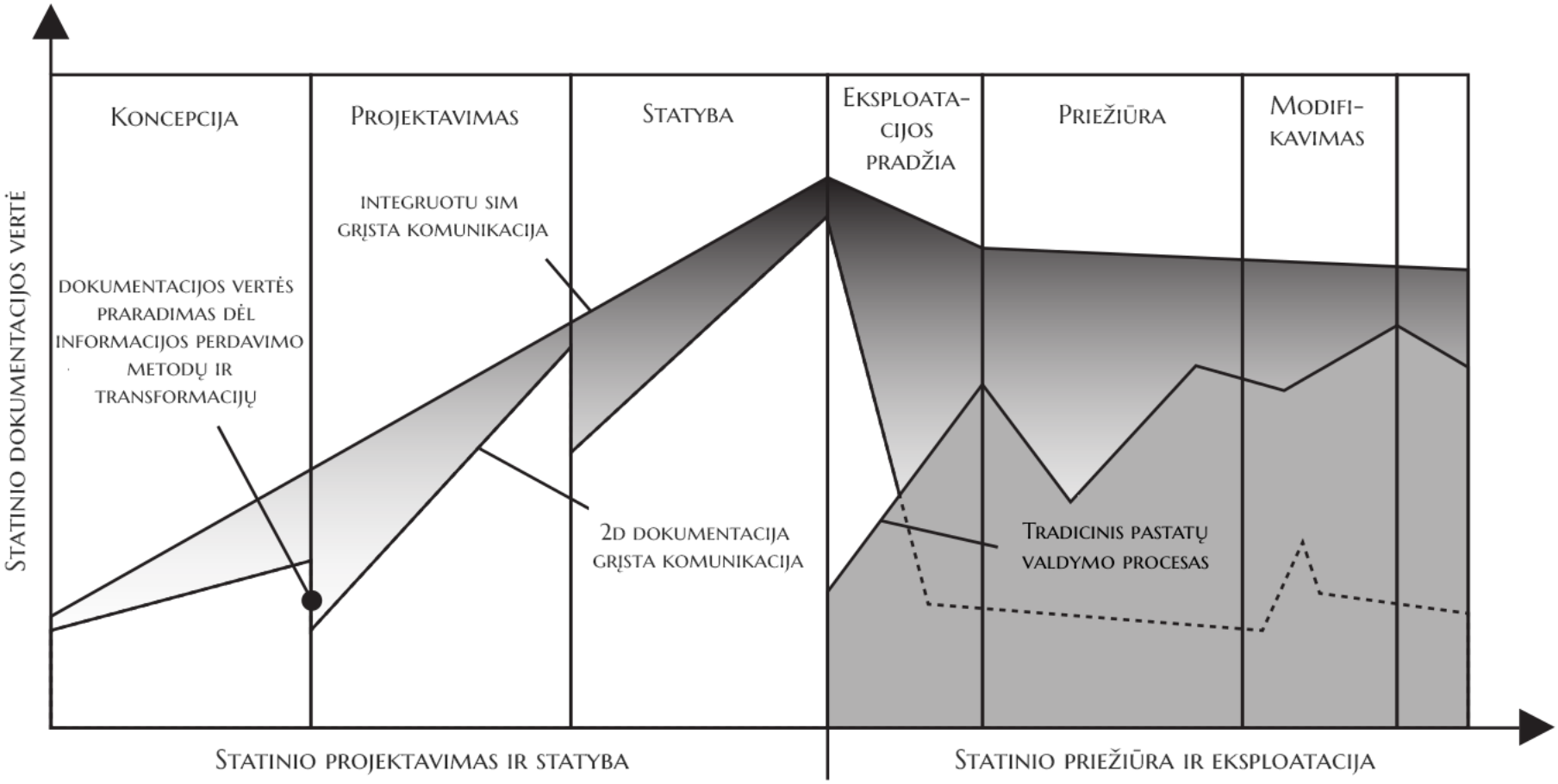
2.2.1. Tyrimo problemos kilmė

Šioje darbo dalyje bus apžvelgiama linijinės komunikacijos problemos pagrindinės priežastys, sukeliančios nuostolius, įvardintus tyrimo problemoje: SIM netaikymas ir SIM neintegruotumas.

SIM netaikymas

Remiantis National BIM Survey 2014 (NBS National... 2014) buvo ištirta, kad 77 % organizacijų nenaudoja SIM. SIM netaikymas apima dvi smulkesnes priežastis, dėl kurių statybos pramonėje pastebima efektyvumo rodiklio stagnacija ir nuostoliai.

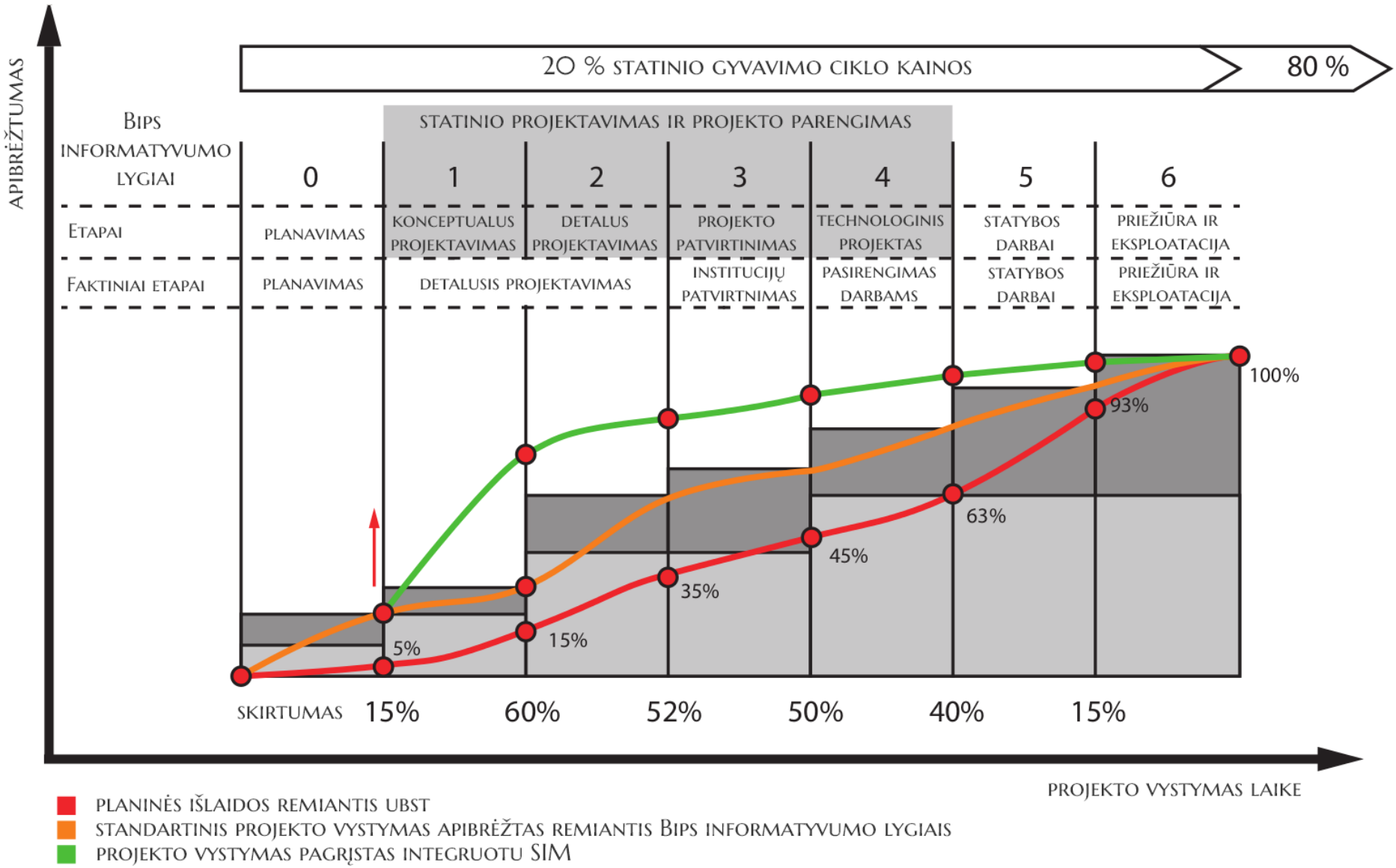
Pirmoji jų yra 2D dokumentacija. Efektyvus statybos projektų valdymas ir vykdymas didele dalimi priklauso nuo sklandžios komunikacijos tarp projekto dalyvių. Tačiau, vienu iš pagrindinių trukdžių tampa didelis kiekis dažnai besikeičiančios ir išsibarsčiusios informacijos visuose projekto vykdymo etapuose, dalyvių grandyse, statybvietėse (Chassiakos, Sakellaropoulos 2008). Pagrindinė SIM atsiradimo idėja buvo sudaryti galimybes visiems statybos projektų dalyviams, taikantiems skirtingą programine įrangą, keistis ir dalintis informaciją apie projektą visame jo gyvavimo cikle ir be jokių trukdžių (Isikdag 2012; Hu, Guo 2009). Nepaisant to, keitimasis informacija tarp statybos procesų dalyvių vis dar grindžiamas 2D brėžiniais, nors dauguma disciplinų jau dirba 3D aplinkoje. Duomenų nuostoliai dėl 2D popierinės dokumentacijos yra akivaizdūs (žr. 11 pav.).



11 pav. Grafikas vaizduojantis duomenų nuostolius per visą pastato projektavimo ir gyvavimo ciklą (Arayici *et al.* 2005)

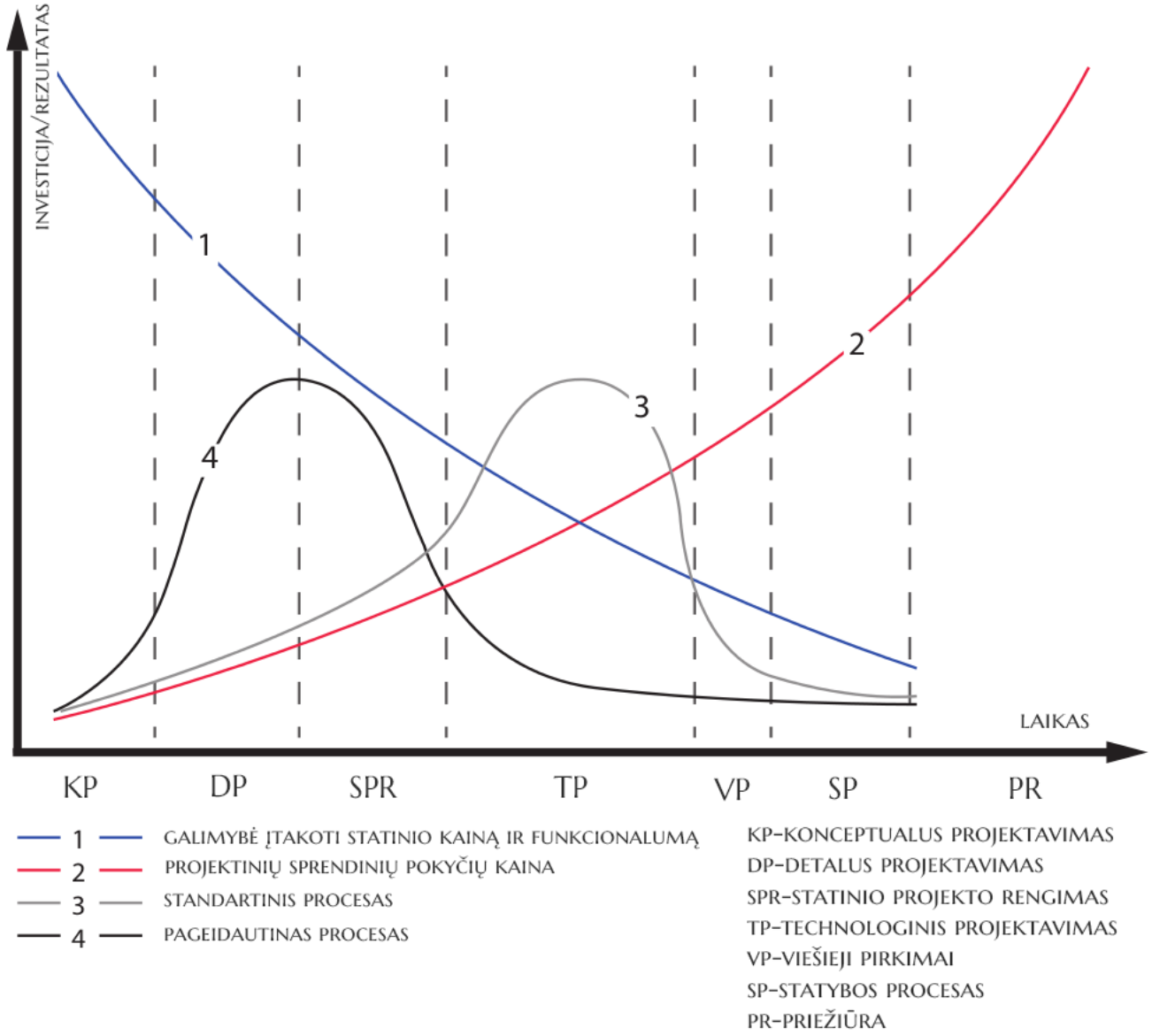
Iš grafiko matome, kad dažniausiai projekto valdymas, pagrįstas tradiciniais procesais, neužtikrina informacijos atnaujinimo ir susisteminimo po kiekvieno projekto etapo ar pakeitimo. Visa tai lemia informacijos netikslumą ir neišsamumą. Taip pat matyti, kad tuo tarpu SIM sudaro visas galimybes kaupti, atnaujinti ir saugoti informaciją viename modelyje pereinant iš vieno etapo į kitą (Barak *et al.* 2009).

Antroji priežastis, kodėl netaikant SIM yra nepasiekiamas norimas efektyvumas statybos pramonėje, yra mažas procentas statinio projektavimo sprendimų priimamų priešprojektinėje ir projektavimo stadijoje. (žr. 12 pav.)



12 pav. Statinio ir jo projekto apibrėžtumo kitimas laike taikant ir netaikant SIM (Levring 2010)

Iš grafiko matyti, kad net 60 % daugiau projektinių sprendinių gali būti priimta pirminio projektavimo ir iki 50 % detalaus projektavimo stadijoje. Šios dvi stadijos įgauna svarbų vaidmenį valdant projekto išlaidas, nes tik 15 % projekto vertės sudaro pirminio projektavimo etapas, ir bendrai projektavimo etapas sudaro 35 % projekto vertės. Taigi, jau po projektavimo etapo, taikant SIM galimybes, gali būti priimta 75 % projekto sprendinių. Šį skaičių projektinių sprendinių yra palankiausia pasiekti būtent projektavimo stadijoje (žr. 13 pav.).



13 pav. Statitinio ir jo projekto rengimo bei įgyvendinimo rodiklių kitimas skirtinguose etapuose (The construction... 2007)

Kaip matome, projektavimo stadija yra lanksčiausiai ir palankiausia pokyčiams, nes šiame etape projektinių pakeitimų kaina yra minimali ir galimybė daryti poveikį galutiniai statinio kainai bei funkcionalumui yra maksimali. Taigi SIM sudaro galimybes, kaip minėta anksčiau, priimti didžiąją dalį būtinų pakeitimų būtent šiuose etapuose. Tuo tarpu, tradiciniame projekto rengime ir įgyvendinime,

didžioji dalis pakeitimų būna pastebėti ir vykdomi projekto dokumentacijos rengimo etape.

SIM neintegruotumas

Remiantis National BIM Survey 2014 buvo ištirta, kad tik 8 % organizacijų naudoja SIM kaip integruotą komunikacinį sprendinį (NBS National... 2014). SIM, suvokiamas kaip pavienis statinio informacinis modelis, yra dar viena priežastis kodėl, net ir taikant SIM, nesulaukiama rezultatų artimų tyrimuose pasiektiems. Norint detaliau suprasti, kodėl neintegruotas SIM yra neefektyvus sprendinys didžiąją dalį atvejų, toliau bus apžvelgiama SIM raidos etapai (žr. 14 pav.).

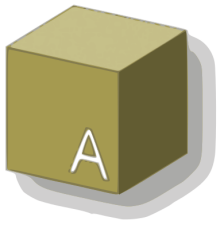


14 pav. SIM raida suskirstyta į etapus (linijinis modelis) (Linderoth 2010)



15 pav. Pirminis etapas (Linderoth 2010)

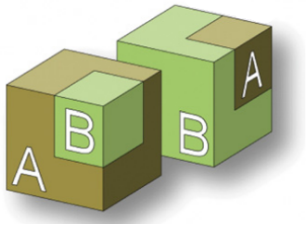
Pirminis SIM etapas (žr. 15 pav.) – didelė priklausomybė yra nuo 2D dokumentacijos norint aprašyti 3D realybę. Be to, nėra platformos, kuri leistų pakeisti projekto dalyvių komunikacijos tipą iš linijinės į integruotą. Projekto rengimo ir įgyvendinimo eiga yra tiesinė, o keitimasis informacija nenuoseklus (Succar 2009).



16 pav. 1 etapas (Linderoth 2010)

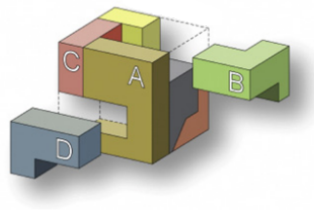
1 etapas (žr. 16 pav.) – SIM pradedama taikyti pajungiant į projekto rengimą 3D modeliavimo programinę įrangą tokią kaip *ArchiCAD*, *Revit*, *Digital Project*, *Tekla* ir kt. Taikymo esminis tikslas – automatizuoti 2D dokumentacijos sudarymą ir koordinavimą. Komunikacija praktikoje yra vis dar panaši į paminėtą pirminiame etape: nėra jokių reikšmingų mainų, paremtų SIM modeliu, tarp

skirtingų disciplinų. Duomenų mainai tarp projekto dalyvių yra ištisiniai ir ryšiai toliau yra asinchroniniai bei nerišlūs. Visa tai reiškia, kad visi projekto dalyviai, nepriklausomai vienas nuo kito, kuria individualius modelius nederindami jų tarpusavyje ir keičiasi 2D dokumentacija (Succar 2009).



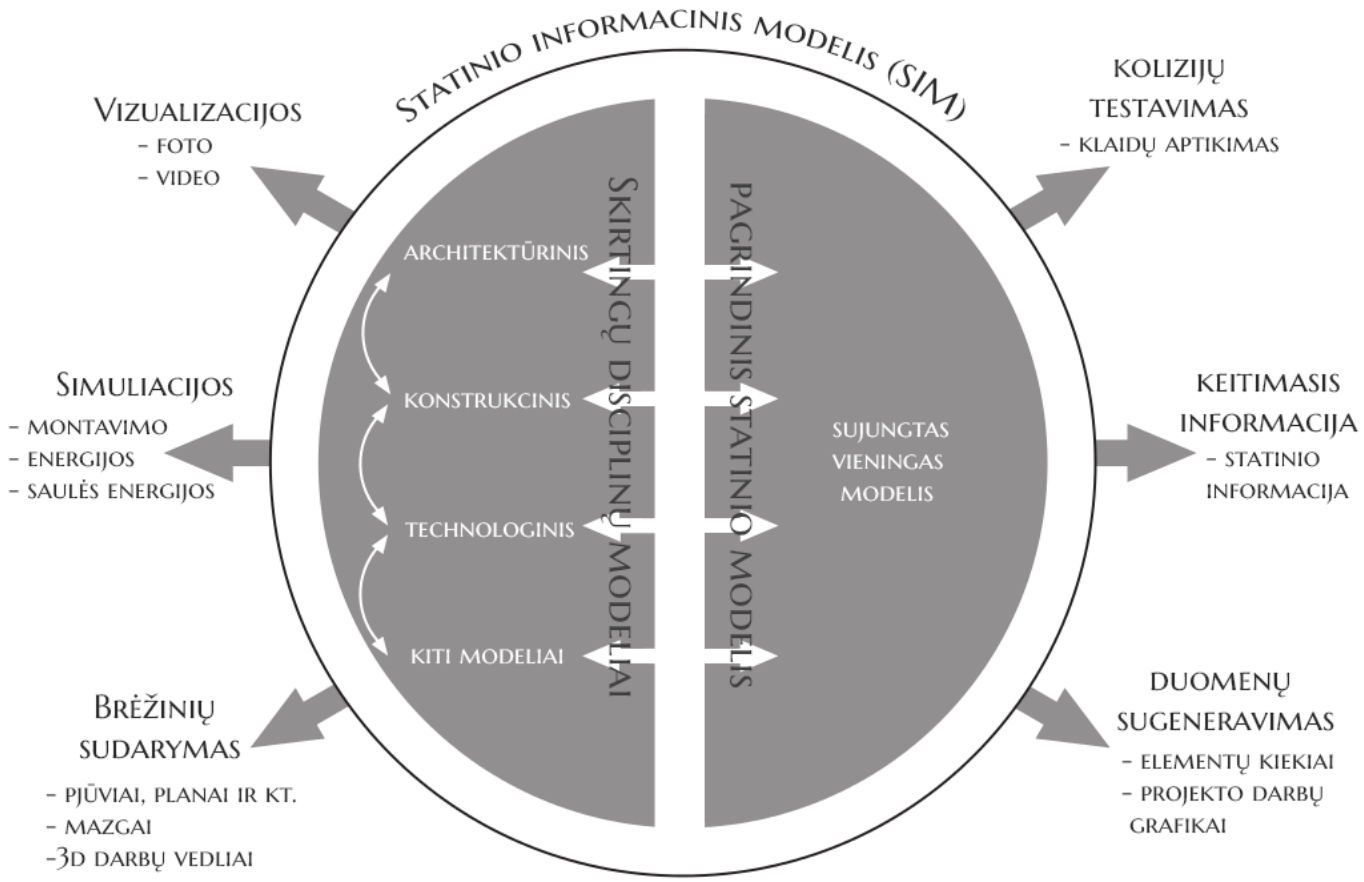
17 pav. 2 etapas (Linderoth 2010)

2 etapas (žr. 17 pav.) – modeliu pagrįsta komunikacija aktyviai taikoma tarp skirtingų disciplinų projektų dalyvių. Tai gali būti vykdoma daugeliu technologinių būdų, kurie yra pagrįsti projekto dalyvių, dirbančių su SIM modeliu, programinės įrangos derinimu tarpusavyje. Yra du skirtingi pavyzdžiai kaip tai atliekama praktikoje. Pirmasis, kai norint perkelti SIM duomenis iš vienos programinės aplinkos į kitą, modelis yra išsaugomas formatu priklausančiu programinės įrangos kūrėjams (pvz.: tarp programinių aplinkų *Revit Architecture* ir *Revit Structure* išsaugojant modelį *RVT* formate). Antrasis būdas yra taikyti atviro kodo formatus (pvz.: tarp programinių aplinkų *ArchiCAD* ir *Tekla*, išsaugant modelį *IFC* formatu) (Succar 2009). Tačiau, šiame etape vis dar nėra integruoto tipo komunikacijos ir platformos leidžiančios efektyvų projekto rengimą ir įgyvendinimą.



18 pav. 3 etapas (Linderoth 2010)

3 etapas (žr. 18 pav.) – šiame etape yra sukurti detalūs statinio modeliai, kuriais dalinamasi visuose projekto gyvavimo ciklo etapuose, taikant modelio serverio technologiją ar kitus programinius sprendimus, kurie leistų apjungti informaciją į vieną esminį modelį (Shen *et al.* 2012). Bendras darbas ciklišk ai sukasi apie išsamų, vieningą ir prieinamą duomenų modelį. Būtina sąlyga, kad tai vyktų, yra tinkamos ir pažangios tinklo/programinės įrangos technologijos, kurios sudarytų prieigą skaityti, kurti, modifikuoti bendrą modelį visiems dalyviams dirbantiems su SIM. Šios IRT įgalina integralios komunikacijos tipą ir šio tipo principus projekto rengime ir įgyvendinime (Succar 2009).



19 pav. SIM modelio koncepcija esant integracijai (Arayici *et al.* 2005)

Taigi, kaip matome, visi šie SIM raidos etapai iki trečiojo turi savo trūkumų, kurie apriboja SIM taikymą ir nekeičia komunikacijos tipo į efektyvesnę. Taip kuriama minimali vertė ir neatskleidžiami privalumai, kurie akademiniame SIM supratime įvertinami, o pramoniniame nejaučiami, dėl neteisingo SIM taikymo (Succar 2009).

Rezultatai. Apibendrinti tyrimai įrodo, jog šios dvi bazinės priežastys sukelia nuostolius kurie siekia iki 30 % projekto vertės (Fahdah 2008; Gallaher *et al.* 2006). Šiuos akademinius tyrimus, taip pat patvirtina Jungtinėse Amerikos Valstijose esančios *Holder Construction* statybos organizacijos rezultatai taikant SIM kaip integracinį sprendinį praktikoje (žr. 3 lent.).

3 lentelė. *Holder Construction* statybos organizacijos apibendrinti rezultatai taikant SIM (Giel *et al.* 2010)

Metai	Kaina ($M)	Projektas	SIM išlaidos ($)	SIM santaupos ($)	Grynos santaupos ($)	Kapitalo grąža (%)
2005	30	Ashley Overlook	5,000	135,000	130,000	2600
2006	54	Progressive Data Center	120,000	395,000	232,000	140
2006	47	Raleigh Marriott	4,288	500,000	495,712	11560
2007	16	GSU Library	10,000	74,120	64,120	640
2007	88	Mansion on Peachtree	1,440	15,000	6,850	940
2008	47	Aquarium Hilton	90,000	800,000	710,000	780
2008	58	1515 Wynkoop	3,800	200,000	196,200	5160
2009	82	HP Data Center	20,000	67,500	47,500	240
2010	14	Savannah State	5,000	2,000,000	1,995,000	39900
2011	32	NAU Sciences Lab	1,000	330,000	329,000	32900

2.2.2. Tyrimo problemos sprendinys

Integruotas SIM yra ne kas kitas kaip tam tikro tipo komunikacinė platforma. Taigi, problemos sprendinys yra kuo tinkamiau parinkta efektyvi komunikacinė platforma, kuri pakeistų linijinį komunikacijos tipą į integruotą ir pagrįstą SIM. O norint sukurti modelį, kuris leistų pasirinkti efektyvią komunikacinę platformą, turi būti atlikta analizė technologinių sprendinių, galinčių spręsti šias problemas:

- patogi SIM modelio prieiga projekto dalyviams (Cerovsek 2011);
- sklandūs SIM mainai tarp skirtingų disciplinų dalyvių (Bertin 1997);
- vieninga sistema įgyvendinanti SIM integraciją (Succar 2009).

3. ANALITINĖ DALIS

3.1. Pagrindiniai technologiniai sprendiniai

Šiame poskyryje bus apžvelgiami komunikacinių platformų technologiniai sprendiniai, kurie galėtų sudaryti pagrindą efektyviai komunikacijai tarp statybos projektų dalyvių. Praktinėje tiriamojoje darbo dalyje bus formuojamas modelis pagal šiame poskyryje atliktą sprendinių analizę. Modelis leis individualiai pasirinkti tinkamiausią technologinį sprendinį pagal galimybes ir poreikius, kadangi universalus sprendinys neegzistuoja ir tipinį vartotoją statybos sektoriuje apibrėžti sunku.

3.1.1. SIM serverio taikymas

Sprendžiamos problemos scenarijus

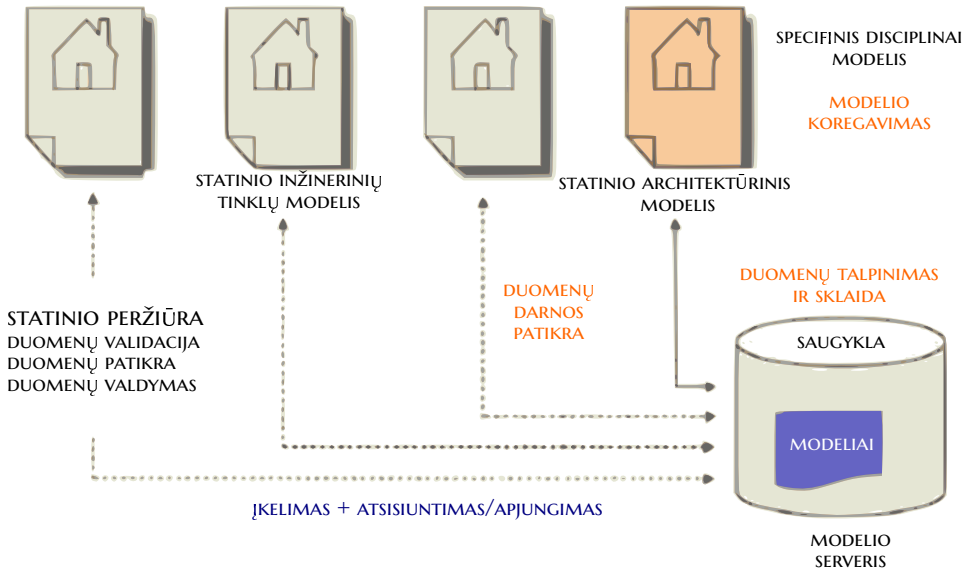
Reikalinga komunikacinė platforma, kuria galėtų naudotis iki dešimties darbuotojų vienu metu. Darbuotojai gali būti tiek skirtingų disciplinų specialistai, tiek vienos ir jiems turi būti galimybė naudotis skirtinga programine įranga. Platformoje egzistuos bendras informacinis modelis, kurį bus galima koreguoti ir peržiūrėti. Prie sistemos turėtų būti galimybė sukonfigūruoti pagalbines projekto valdymo priemones tokias kaip saityno aplikacija, kuri leistų per mobiliuosius įrenginius pasiekti konceptualią informaciją apie statinio modelį. Didelė skaičiavimo galia serveryje nereikalinga, nes reikiamos simuliacijos atliekamos pačių klientų kompiuteriuose ir gauti rezultatai eksportuojami.

Sprendinio analizė

EDMmodelServer

SIM taikymo sričiai plečiantis, atsirado poreikis sistemos, kuri leistų lanksčiau ir efektyviau keistis informacija tarp projekto dalyvių nei per pasirinkto gamintojo SIM programinę įrangą. Efektyvesnius SIM mainus įgalina SIM serveriai, kurie leidžia daugiau nei vienos disciplinos projekto dalyviams dirbti prie vieno modelio. Viena iš SIM serveriu pagrįstų sistemų yra *EDMmodelServer*. Šio tipo serveris suteikia platformą tiesioginei įvairių disciplinų duomenų integracijai, saugojimui ir keitimuisi. Kitais žodžiais sakant, platforma palaiko pastato duomenų saugyklą ir leidžia naudojant įvairią SIM programinę įrangą importuoti ir eksportuoti failus iš duomenų bazės, kai norima juos peržiūrėti, patikrinti, atnaujinti ar taisyti (žr. 20 pav.) (Singh *et al.* 2011).

SIM serveris taip pat gali būti prijungtas prie kitų priemonių, tokių kaip: dokumentų valdymo sistemos, saityno programos ir produktų bibliotekos. Dėl to atsiranda galimybė padidinti bendradarbiavimo efektyvumą, praplėsti informacijos sklaidos galimybes ir palengvinti vienodą prieigą prie informacijos šaltinio (DeSanctis, Poole 2004).



20 pav. SIM serverio principinė schema (DeSanctis, Poole 2004)

Kalbant apie *EDMmodelServer*, tai yra duomenų bazė, pagrįsta *IFC* bylos formatu. Ji įgalina statinio informacijos integraciją iš skirtingų programinių paketų į vieną bendrą, visuotinei dalyvių prieigai skirtą modelį, esantį serveryje.

Galimybės: leidžia veiksmingai valdyti, keistis ir dalinti projekto duomenis per radikaliai skirtingas sistemas, nepriklausomai nuo vietos, programinės įrangos tipo ar tinklo struktūros.

Pagrindinės funkcijos:

- Modeliavimas, kuris leidžia maišyti ir derinti skirtingų projektų dalyvių taikomą programinę įrangą ir apjungti ją į vieną sistemą. Taip pat pati serverio sistema turi galimybę keisti jos vidines nuostatas, jas atnaujinti ir pritaikyti esamiems projekto poreikiams;
- Serveris palaiko tipinius standartizuotus duomenų saugojimo formatus, tokius kaip: *STEP* (Gaminio modelio duomenų mainų standartas) ir *IFC*;
- Sudaroma prieiga prie projekto duomenų jo visą gyvavimo ciklą.

Sistemos technologija:

- darni duomenų bazė;
- modeliu paremta architektūra (tokie modeliai sukurti ir apibrėžti *Express* informacijos modeliavimo kalba, nurodyta *STEP*).

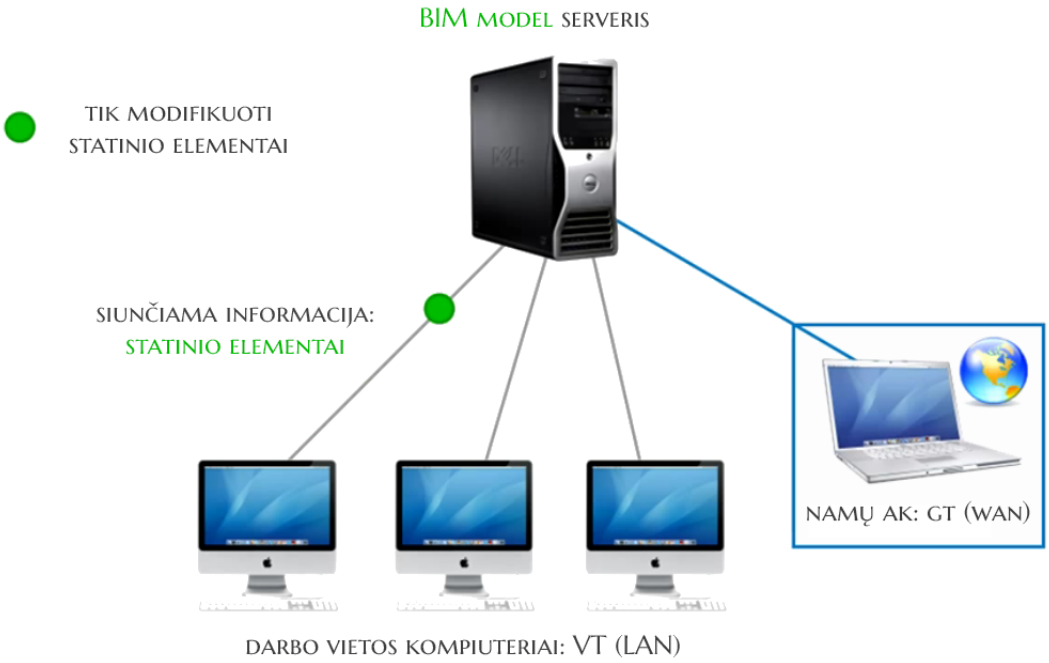
Trūkumai:

- vartotojo sąsaja šiame serveryje yra labai sudėtinga;

- norint sukonfigūruoti SIM serverį ir jį prižiūrėti reikia plačių IT žinių, įskaitant SIM koncepciją;
- per modelio integraciją (importavimą) gali atsirasti objekto dubliavimasis arba modelio konfliktai;
- nėra funkcijos, kuri reguliariai sukurtų atsarginę duomenų kopiją serveriui išėjus iš rikiuotės;
- nėra funkcijos, kuri praneštų projekto dalyviams apie atliktus pakeitimus serveryje saugomame modelyje.

State-of-art SIM serveris

Panašus pavyzdys yra programinis paketas *ArchiCAD*, kuris gali būti derinamas su jam skirtu *State-of-art* SIM serveriu. Šis *ArchiCAD* projektas yra dar vienas inovatyvus žingsnis link efektyvesnio projekto informacinio modelio dalinimosi. Serveris leidžia nustatyti skirtingus vartotojus ir jų vaidmenis projekte, kas leidžia architektams ir braižytojams lengvai rezervuoti tam tikras projekto dalis tolesniam detalizavimui, o tuo metu kiti nariai gali matyti kas šiuo metu dirba su konkrečia projekto dalimi. Vartotojas, baigęs faktines užduotis arba gavęs pranešimą iš kito projekto dalyvio, gali atšaukti anksčiau atliktą elementų rezervaciją ir perleisti darbą kitam komandos nariui. Dėl *Delta–server* technologijos, dirbant prie SIM asmeniniame kompiuteryje *ArchiCAD* aplinkoje, į serveryje viešinamą modelį automatiškai siunčiami tik tie elementai, kuriuose buvo įvykdyti pakeitimai (žr. 21 pav.). Vidutinis pakuotės siuntos į serverį ir iš jo dydis sumažėja nuo megabaitų iki kilobaitų, todėl komandos nariai gali bendradarbiauti realiu laiku SIM modelyje, naudodamiesi įprastu interneto ryšiu praktiškai bet kurioje pasaulio vietoje (France 2011).



21 pav. *State-of-art* SIM serveris (France 2011)

Sprendinio tinkamumas

Iš apžvelgtų serverių matome kokie variantai egzistuoja aprašytam panaudos scenarijui. Tačiau reikėtų įvertinti ir tai, jog serveris gali būti privatus arba nuomojamas. Privatus serveris tinkamesnis, kai turima užtektinai lėšų pirminei investicijai (įrangos įsigijimui ir jos priežiūros užtikrinimui) bei norima lankstumo. Nuoma yra optimalus variantas tuo atveju, kai poreikiai funkcionalumui plėsti yra maži, o serverio priežiūra yra nepageidautinas procesas organizacijoje. Taip pat šis sprendinys būtų netinkamas, jei organizacijoje turima kompiuterinė įranga nepajėgi atlikti SIM simuliacijų, testavimo bei spartaus koregavimo operacijų.

3.1.2. Žiniatinklio platformos

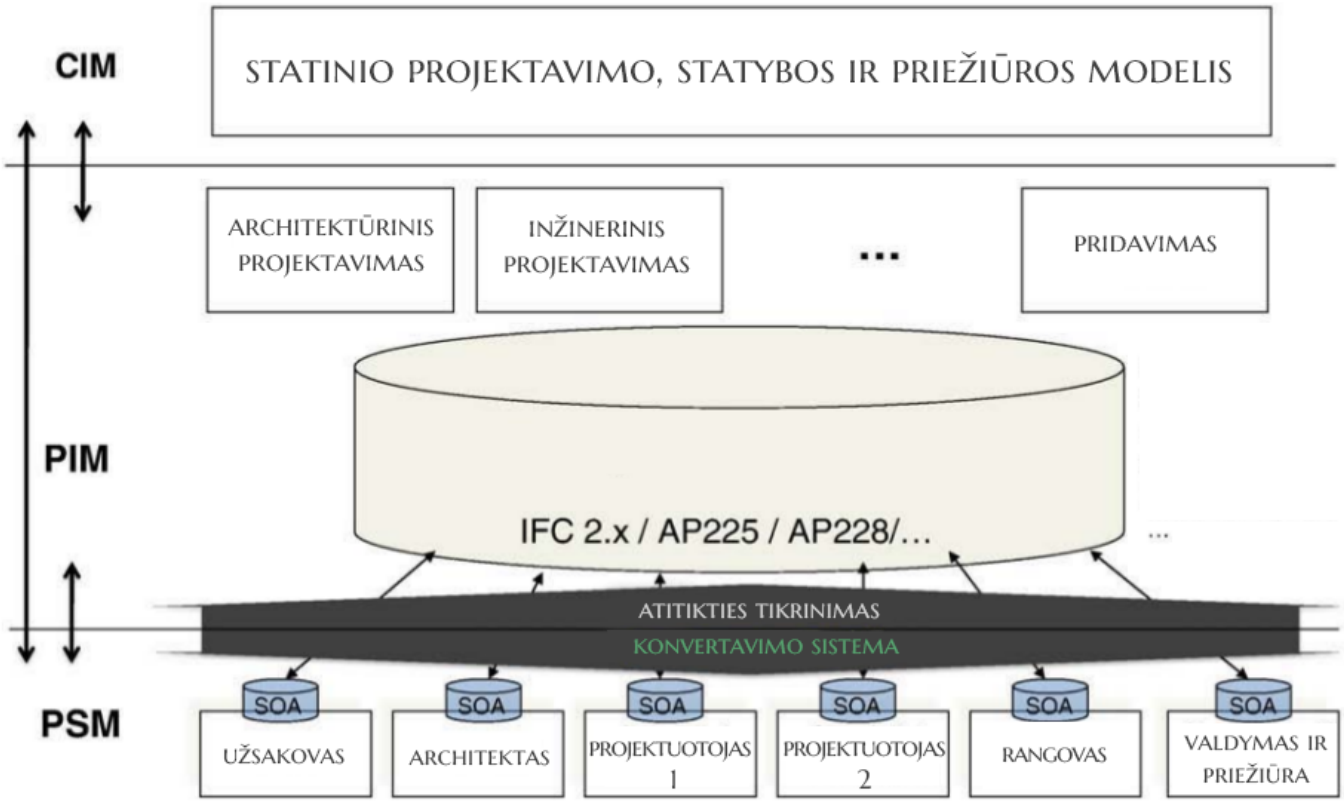
Sprendžiamos problemos scenarijus

Reikalinga komunikacinė platforma, kuri bus naudojama kaip pagalbinė priemonė jau esančiai. Ši platforma sudaro galimybes iš bet kokio įrenginio peržiūrėti statinio informacinį modelį bei informaciją susijusią su statybos projekto rengimu ir įgyvendinimu. Per šią platformą bus komunikuojama ir keičiamasi duomenimis tarp projektų dalyvių.

Sprendinio analizė

Žiniatinklio principu pagrįstos (angl. Web-based) bendradarbiavimo platformos ir statinio informacinis modelis yra pavyzdžiai technologijų, keičiančių suvokimą apie statybas (Nitithamyon, Skibniewski 2004). Tinklo principu pagrįstos bendradarbiavimo platformos leidžia vartotojams bendra-

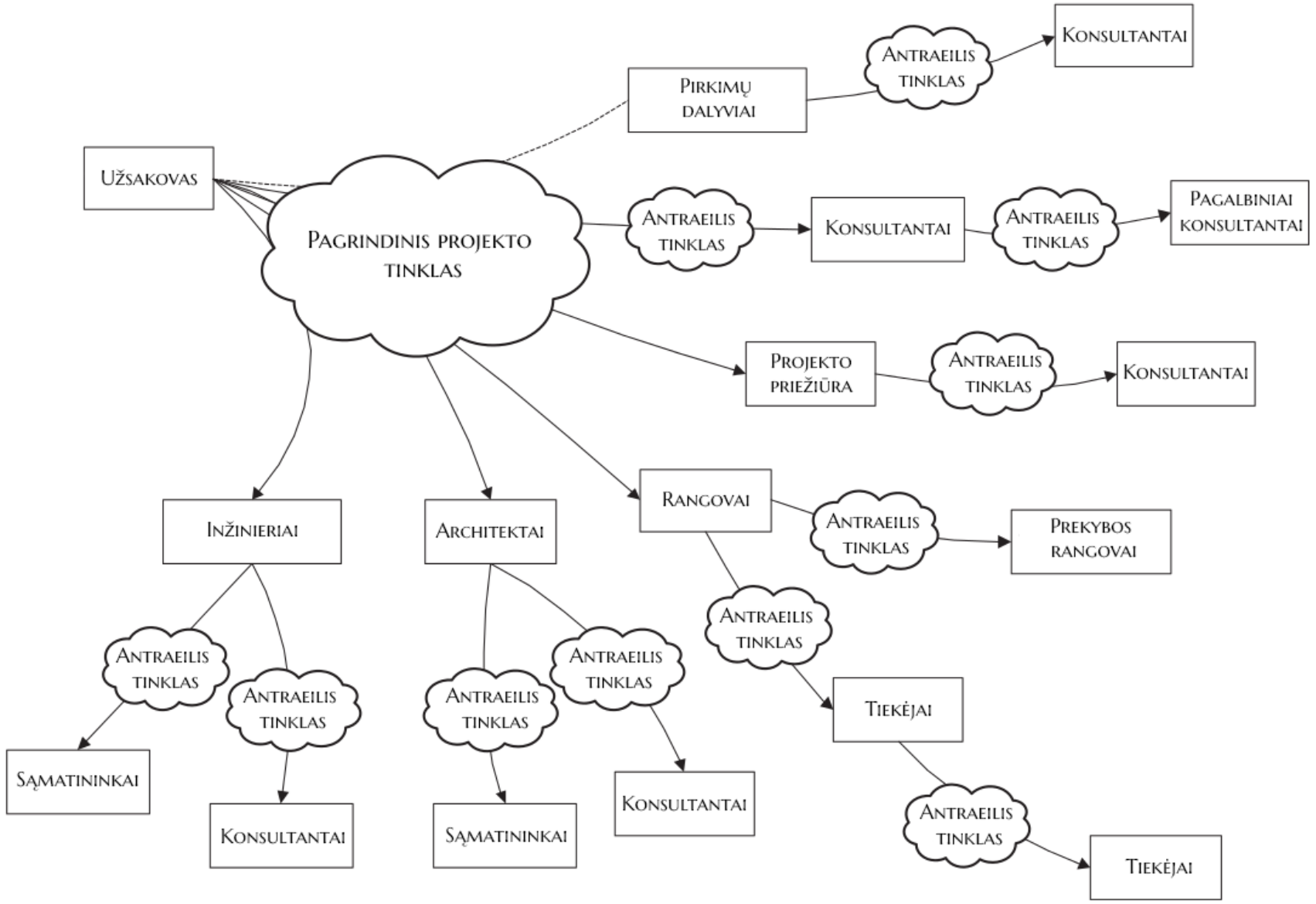
darbiauti, valdyti ir dalintis informacija, skatinti lengvą ir stabilų bendravimą. Jos veikia kaip intergruotosios platformos, skatinančios dinamiškų internetinių bendruomenių, dirbančių prie vieno projekto, kūrimąsi (Aguiar, Tavares 2012). Viena tokių sistemų yra *SOA4BIM* sistema (žr. 22 pav.), šiuo metu pritaikyta ir sukurta kaip *PLAGE* (Grilo, Jardim-Goncalves 2011).



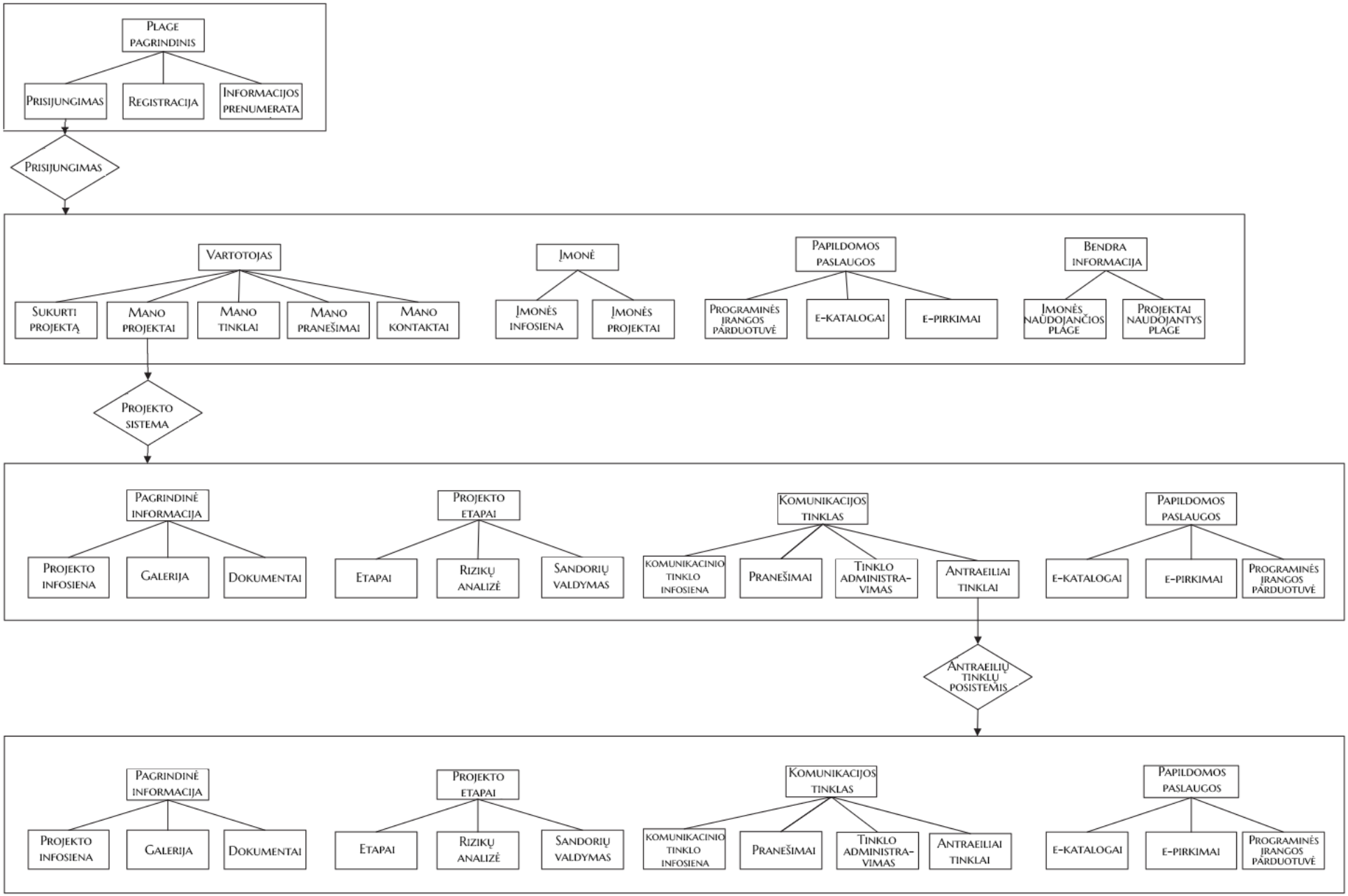
22 pav. *SOA4BIM* sistemos modelis (Grilo, Jardim-Goncalves 2011)

PLAGE platforma – tai sistema, kuri taikant saityno paslaugas (angl. web services), sujungia tris skirtingas platformas:

- *Microsoft SharePoint 2007*, naudojama kaip verslo bendradarbiavimo platformos sistema;
- anksčiau aptartas *EDM Model* serveris, taikomas SIM valdymui ir *IFC* modelio serveriui;
- elektroninių viešųjų pirkimų platforma iš *Vortal*, naudojama elektroniniems pasiūlymams, pasirinkimams ir užsakymams (Aguiar, Tavares 2012).



23 pav. Satelitinis tinklo modelis *PLAGE* platformoje (Aguiar, Tavares 2012)



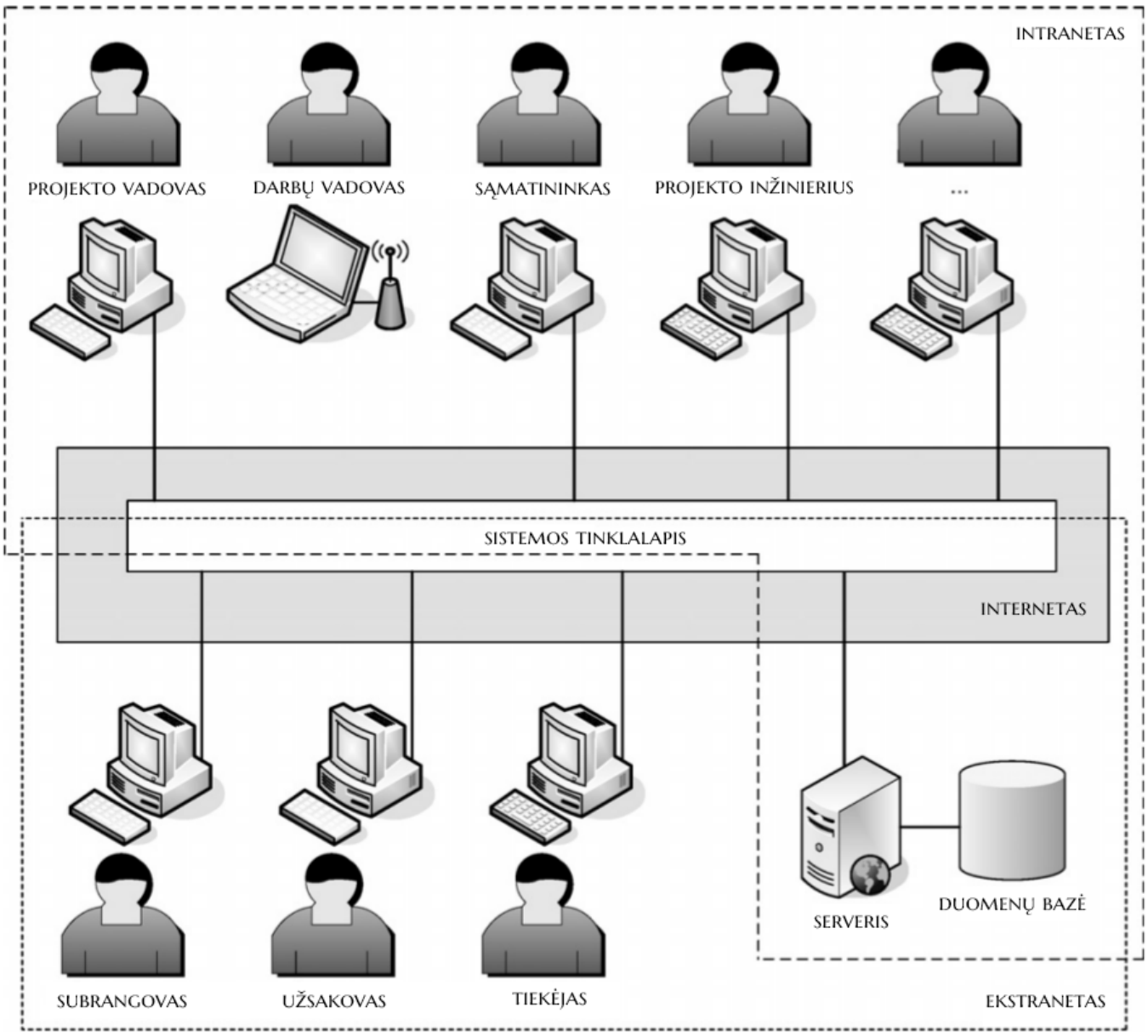
24 pav. Struktūrinis-lyginis *PLAGE* modelis (Aguiar, Tavares 2012)

Šis teorinis modelis, skirtas keistis informacija, buvo pagrindas ruošiant dalykinės komunikacijos aplinką, paremtą 3 lygių architektūra (žr. 24 pav.) ir satelitiniu tinklo modeliu (žr. 23 pav.). *PLAGE* platformą sudaryta iš šių lygių:

- 0 lygis – atitinka pradinį *PLAGE* platformos tinklalapį;
- 1 lygis – atitinka sistemos vartotojų pagrindinį tinklalapį (reikalauja prisijungimo);
- 2 lygis – atitinka pačio projekto puslapį (kur kiekvienas vartotojas gali turėti tam tikrą vaidmenį ir prie kurio galima prisijungti per vartotojo pagrindinį puslapį);
- 3 lygis ir aukštesni – palydovinio tinklo puslapiai, kurie gali būti sukurti ir prieinami per projekto puslapius (Aguiar, Tavares 2012).

Ši daugiapakopė dalykinės komunikacijos tinklo struktūra leidžia bet kuriam vartotojui susikurti savo darbo tinklus (žr. 23 pav.), išlaikant nuorodą į pagrindinius projekto tinklus, kas užtikrina sistemingumą. PLAGE, kaip tarporganizacinė interneto tinklu pagrįsta sistema, suformuoja ryšius tarp projekto dalyvių ir skatina vystyti medžiagų, paslaugų pirkimo ir medžiagų tiekimo į statybos aikštelę planavimą bei užsakymą, taikant integruotą internetinę medžiagų tiekimo ir užsakymo sistemą (Aguiar, Tavares 2012).

Dar vienas panašus bendradarbiavimo modelis, paremtas tinklo paslaugomis ir serveriu pateikiamas toliau (žr. 25 pav.) (Chassiakos, Sakellaropoulos 2008).



25 pav. Supaprastintas dalykinės komunikacijos platformos modelis pagrįstas saitynu (Chassiakos, Sakellaropoulos 2008)

Be aptartos sistemos yra ir daug kitų sistemos tipų, pagrįstų panašiu principu, kurios turi kitų statybos projekto valdymui reikalingų funkcijų. Viena jų yra SIM, esančio serveryje, vizualinės išraiškos perteikimas vartotojui, jam prisijungus prie projekto internetinio puslapio. Ši funkcija veikia taip: pirmame etape, kaip HTTP GET užklausos rezultatas, viso SIM vizualizacija perteikiama vartotojui grafinio failo formatu (pvz.: *COLLADA*, *X3D* ar kt.). Grafinio failo perdavimas yra ypač greitas, nes grafiniame faile (*COLLADA*, *X3D*) saugoma tik informacija apie statinio geometriją. Tokiu būdu visi projekto dalyviai, turintys priėjimą prie projekto internetinio puslapio, gali bet kuriuo metu apžiūrėti statinio modelį. Vartotojui prireikus išsamesnės informacijos apie pastato elementus (pvz., sienas), vartotojas gali sąveikauti su modeliu pelės mygtuko spragtelėjimo veiksmais. Šios sąveikos

metu *XMLHTTP (AJAX)* užklausa bus siunčiama į *HTTP* serverį, po to informacija apie pasirinktą konkretų pastato elementą (pvz., sienos medžiaga) bus siunčiama klientui *XML* formate. Pasirinkto objekto aprašymas bus pateiktas vartotojui neperkraunant nei tinklalapio, nei jau sukurto grafinio failo SIM peržiūrai (Isikdag 2012).

Sprendinio tinkamumas

Remiantis atlikta analize sprendinys tinkamas tik peržiūrai, o visi pakeitimai SIM ir skaičiavimai, grafikų sudarymai, simuliacijos ir kiti projekto rengimo etapai vyksta specialisto įrenginyje ir tik tuomet pats specialistas gautus rezultatus gali dėti į platformą peržiūrai. Taigi, šis sprendinys labai ribotų galimybių ir turėtų būti derinamas su kitais, siekiant sudaryti galimybes specialistams realiuoju laiku dirbti prie vieno modelio.

3.1.3. SIM ir debesies kompiuterija

Sprendžiamos problemos scenarijus

Reikalinga komunikacinė platforma, kuri leistų tiek koreguoti, tiek peržiūrėti vieningą SIM realiu laiku skirtingų disciplinų specialistams. Prie projekto dirbtų nuo 20 iki 100 specialistų vienu metu. Specialistų turima kompiuterinė įranga turėtų neriboti jų galimybių atlikti operacijas su SIM tokias kaip simuliacijos, kolizijų patikros kt. Taip pat reikalinga galimybė įdiegti projekto valdymą lengvinančių įrankių atsiradus poreikiui.

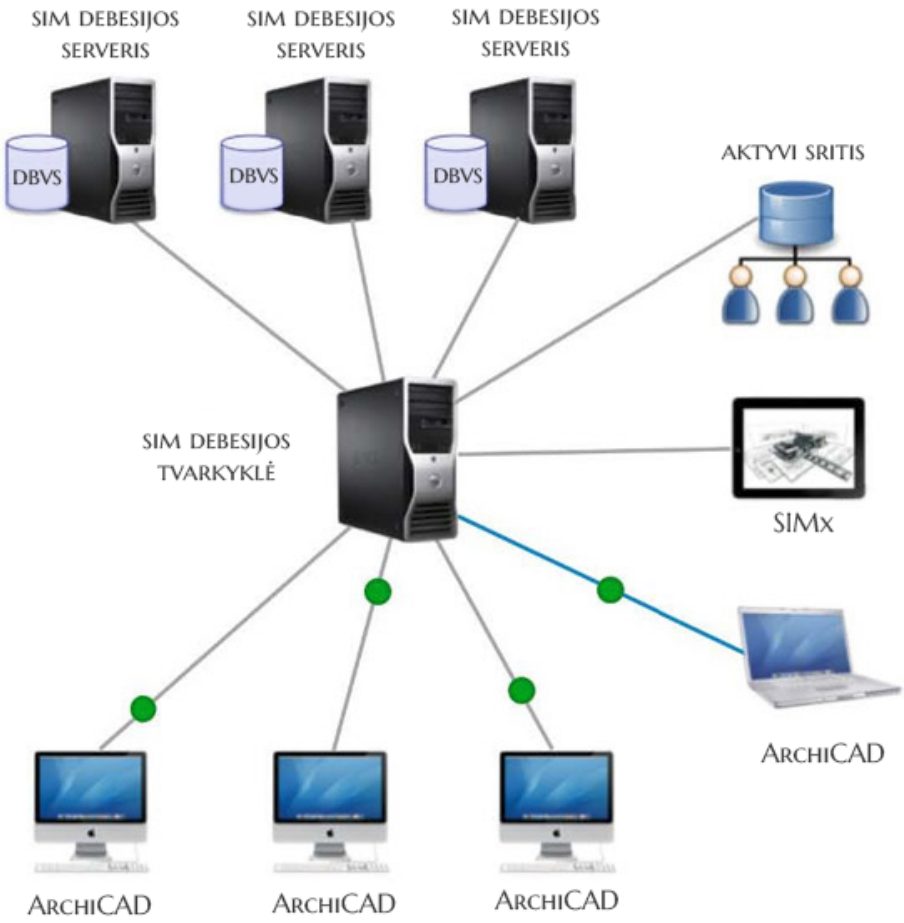
Sprendinio analizė

Kaip jau buvo minėta, duomenų keitimasis gali vykti keliais būdais, kurie klasifikuojami taip: (I) tiesioginės nuorodos į duomenis, (II) duomenų saugojimas ir dalinimasis formatu, priklausančiu programinės įrangos kūrėjams, (III) duomenų saugojimas ir dalinimasis atviro kodo formatu (Redmond *et al.* 2012).

Šiuo metu pagrindinis SIM duomenų mainams skirtas bylų formatas yra *IFC*.

Tačiau esminė problema su *IFC* yra ta, kad šiuo metu šis formatas nepajėgus išsaugoti visą statinio informaciją, gautą iš daugybės skirtingų programinių SIM paketų. Be to, ne visi reikiami duomenys gali būti struktūrizuoti į vieną „super“ schemą (Eastman *et al.* 2011).

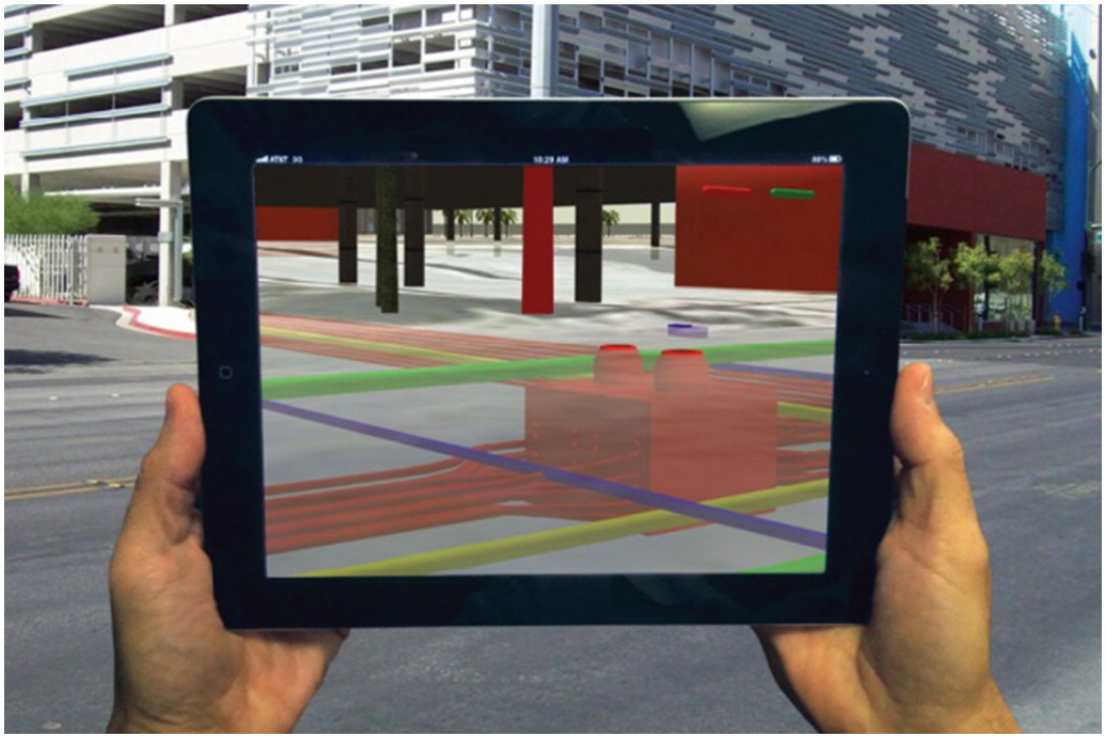
Jau seniai indentifikuota nesuderinamumo problema tarp skirtingų SIM programinių paketų pastūmėjo ieškoti sprendimo. Šiame metode siūlomas sprendinys būtų sukurti „super“ schemą, kuri gebėtų skaityti įvairius formatus ir juos sujungti į vieną formatą. Tačiau ekspertų tyrimai parodė, jog programinių įrangų kūrėjai nėra suinteresuoti sukurti atviro kodo formatą, kuris saugotų savyje visą aktualią statinio informaciją. Dėl šių priežasčių atsirado poreikis vystyti SIM informacijos keitimosi mechanizmą paremta debesijos kompiuterija (angl. Cloud computing) (žr. 26 pav.).



26 pav. SIM debesies kompiuterijos pavyzdinė schema (France 2011)

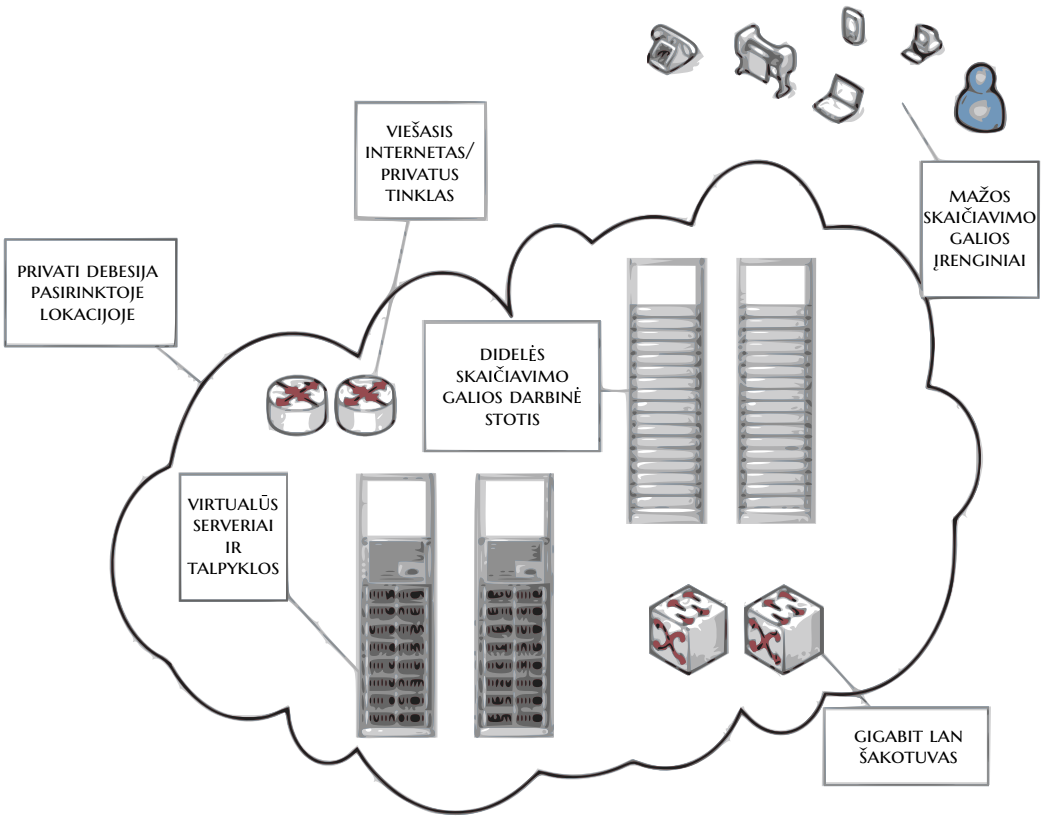
Šis mechanizmas sudarytų palankesnes sąlygas skirtingų disciplinių statybos pramonės dalyviams (architektams, inžinieriams, rangovams ir kt.) bendradarbiauti ir komunikuoti per vieną bendrą platformą, kurioje vyktų SIM rengimas, keitimasis jo informacija taikant debesyje esančią programinę įrangą. Tai dalinai leistų išspręsti programinės įrangos nesuderinamumą ir priimti racionalesnius sprendimus ankstyvajame statinio projektavimo etape, kur atliekama projekto sąnaudų ir vertės skaičiavimai, priimami investiciniai sprendimai (Redmond *et al.* 2012).

Trumpai apžvelgiant debesijos privalumus, būtų galima paminėti, kad debesies kompiuterijos strategijos taikymas leidžia įmonėms rečiau atnaujinti kompiuterinę įrangą, suteikiant darbuotojams prieigą prie aukštos kokybės darbo vietų debesyje (žr. 28 pav.). Šiuo atveju, nešiojamieji ir asmeniniai kompiuteriai tampa tik debesų prieigos priemonėmis, kurios nereikalauja didelių individualių skaičiavimo galių. Taip pat esant dideliam skaičiui darbuotojų, dirbančių prie rengiamo projekto, programinės įrangos priežiūra ir atnaujinimas tampa kur kas paprastesni, nes veiksmai atliekami tik „debesies“ aplinkoje, t.y. prižiūrint darbinę didelės galios stotį (Fuchas *et al.* 2010). Debesijos kompiuterijos didelė skaičiavimo galia, pasiekiama iš mobilių įrenginių, leido programinės įrangos kūrėjams realizuoti SIM ir papildytos realybės (angl. Augmented Reality) sprendinius (Jiao *et al.* 2013). Vienas jų yra SIM susiejimas su realu laiku stebimu statiniu (žr. 27 pav.).



27 pav. Realybė papildyta statinio informaciniu modeliu (Jiao *et al.* 2013)

Tokie sprendiniai, savo ruoštu, atveria naujas galimybes statinio progresui stebėti, išvengti kolizijų, palengvinti statinio priežiūros ir kitus procesus naudojant išmaniuosius įrenginius (Meža *et al.* 2014).



28 pav. Debesies kompiuterijos principinė schema (France 2011)

Pagrindinis debesijos kompiuterijos privalumas yra galimybė visiems projekto dalyviams dirbti viename debesyje prie vieno modelio nepriklausomai nuo jų darbo vietos ir jų turimos programinės įrangos. Tai tampa įmanoma, nes kiekvienas dalyvis, gavęs prieigą prie „debesies“ naudoja jo išteklius ir jame esančią programinę įrangą, duomenis ir t.t. Taip pat esant reikalui, gali būti suteikta prieiga prie to pačio debesies papildomai pasamdytiems konsultantams ir ekspertams. Šie savo ruožtu atlieka jiems paskirtas užduotis su SIM realu laiku. Debesies kompiuterijos veikimo principas pateiktas 28 ir 26 pav.

Sprendinio tinkamumas

Sprendinys yra labai lankstus, pradedant nuo to, kad jis gali būti privatus arba perkamas kaip paslauga. Tinkamai pasirinkta privati debesija su pagalbiniais technologiniais sprendiniais ar perkama kaip paslauga gali užtikrinti panaudos scenarijuje aprašytą funkcionalumą. Pagrindiniai barjerai taikant šį sprendinį yra kaina ir reikalingi aukštos kvalifikacijos IT specialistai, gebantys naudotis platforma bei galintys apmokyti personalą naujų darbo principų.

3.2. Pagalbiniai technologiniai sprendiniai

Šiame poskyryje aprašomi sprendiniai, kurie derinami su pagrindiniais technologiniais sprendiniais siekiant užtikrinti sklandžią integraciją ir efektyvų naudojimąsi platforma, pašalinant trukdžius, su kuriais susiduriama naudojimosi metu.

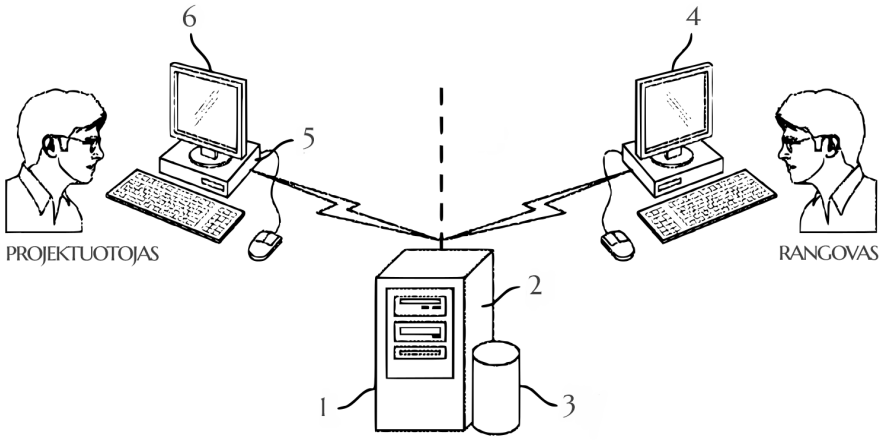
3.2.1. Modelių ir jų elementų tvarkyklė

Paskirtis (Crevling 2011)

Modelių ir jų elementų tvarkyklė *MIM* (angl. Model Inventory Manager) skirta tvarkyti statinio informacinio modelio elementų biblioteką, pritaikant integruotą duomenų bazės struktūrą. *MIM* elementų tvarkyklė saugo modelio versijas su atitinkamais elementų kiekiais, jų specifikacijomis, kainomis ir kitais parametrais duomenų bazėje. Tokio tipo programinė įranga seka pakeitimus tarp gretimų modelio versijų ir juos įvertina sąmatų skaičiavime, darbo grafikuose ir medžiagų kiekiuose, kurie susieti su modeliuojamu, koreguojamu objektu (Lee *et al.* 2014). Modelio pokyčius galima stebėti, lyginti gretimas versijas ir pasirinkti tinkamą. Vienas svarbiausių šio išradimo privalumų yra tas, kad šis įrankis įgalina operatyvų bendravimą ir pokyčių valdymą tarp visų projekto dalyvių. Kaip pavyzdys gali būti projektavimo komanda, kuri pateikia prieigą prie modelių tvarkyklės rangovui, o šis gali perskaičiuoti darbų kainas, neperskaičiuodamas viso objekto iš naujo, o atsižvelgdamas į naujus pakeitimus, kurie yra užfiksuoti modelio elementų tvarkyklės. Taigi, taikant šią metodiką yra tiksliau įvertinami projektui reikalingi resursai. Netaikant šios sistemos, projekto dalyviams tenka susidurti su projekto pokyčių neapibrėžtumu ir duomenų, apie įvykusius pokyčius, trūkumu. Viena iš pasitaikančių neapibrėžtumo pasekmių yra rangovo laisvė pridėti papildomų darbų į sąmatą. Kitas modelių

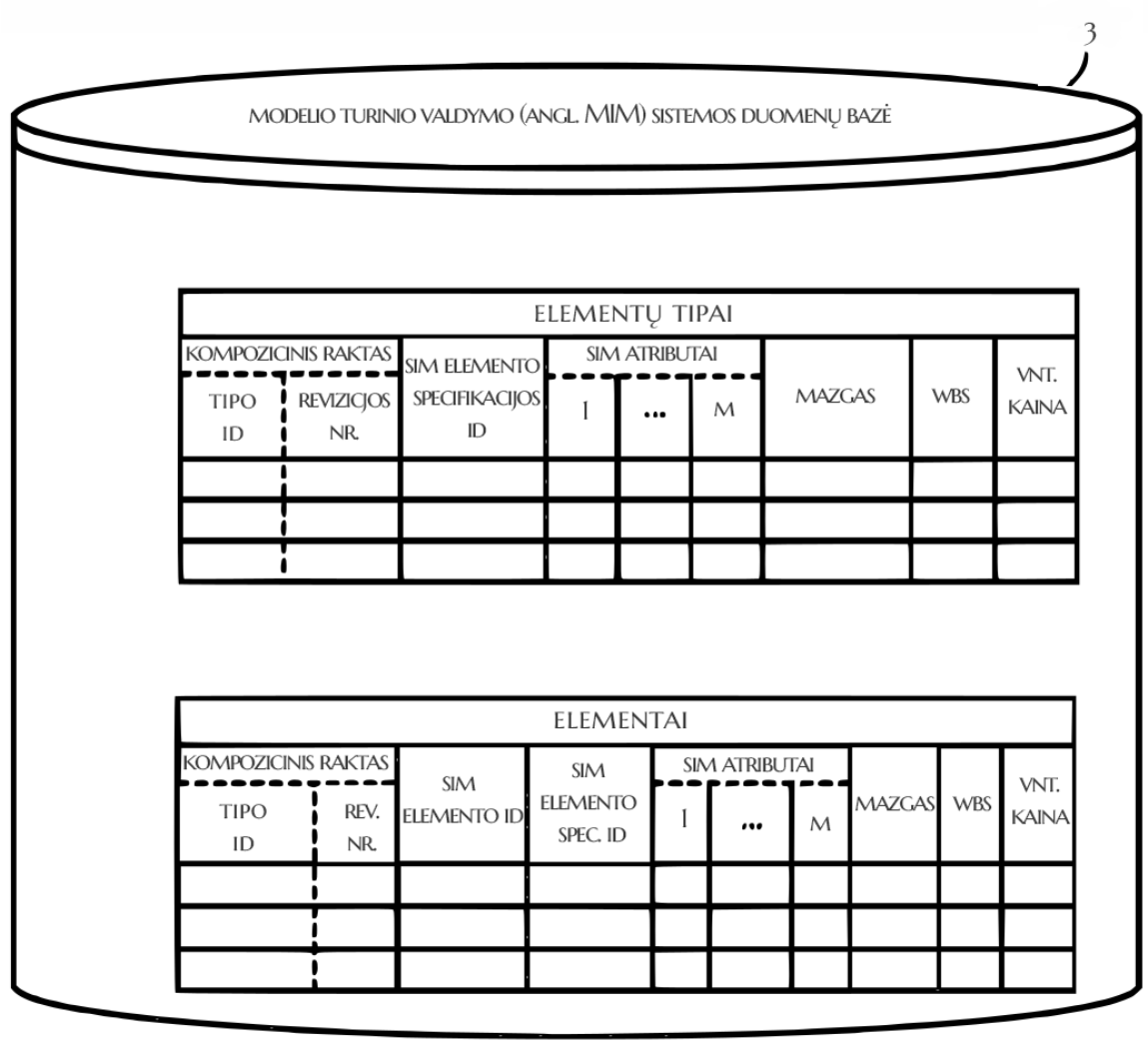
ir jo elementų tvarkyklės privalumas yra tas, jog visi pakeitimai projekto rengimo ir įgyvendinimo metu yra fiksuojami, lengvai sekami ir susiejami su realia situacija statybos darbams prasidėjus.

Principinė veikimo schema (Crevling 2011)



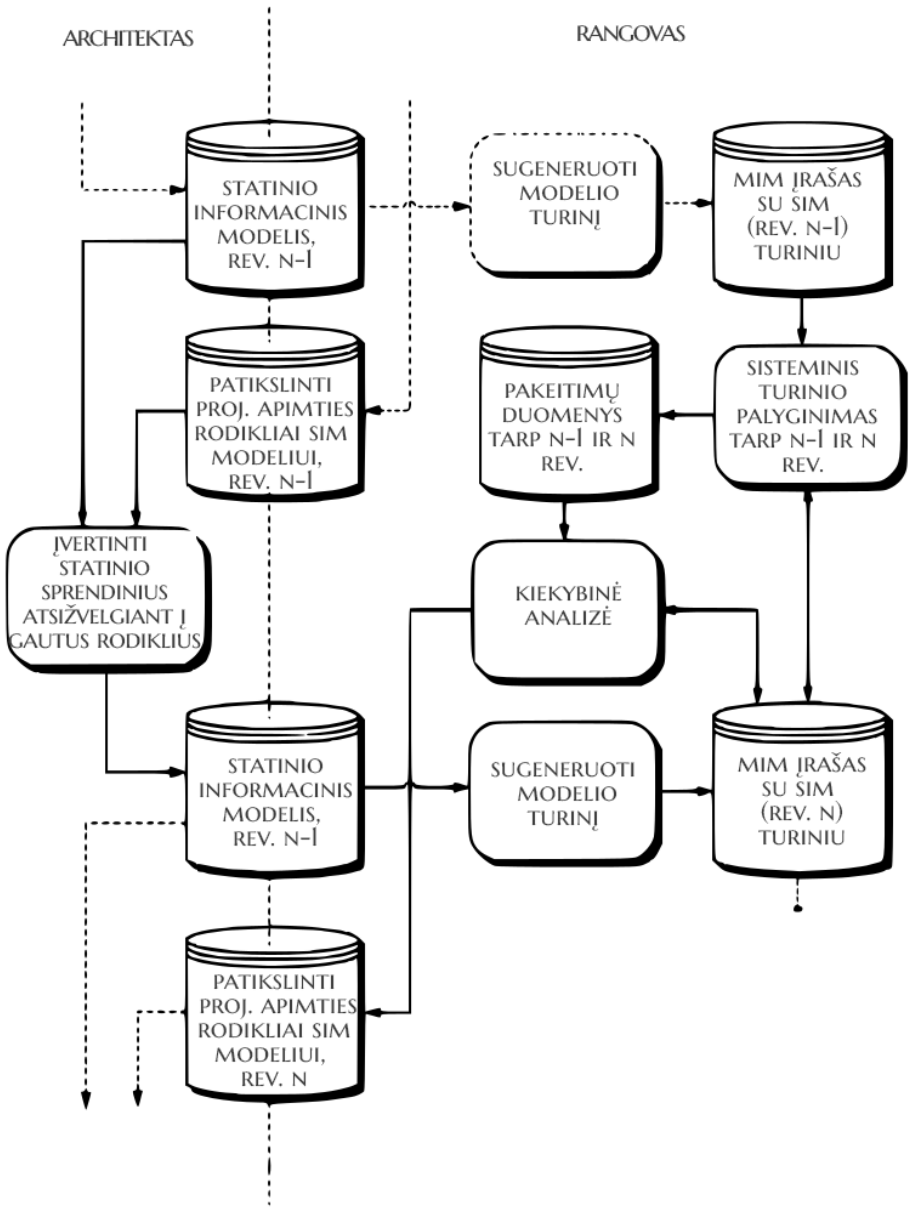
29 pav. Sustambinta schema, iliustruojanti sistemą su *MIM* programine įranga ir serveriu, kuris komunikuoja su architekto statinio informaciniu modeliu ir rangovo užklausomis (Crevling 2011)

29 paveikslėlyje pavaizduotas serveris (1), kuriame įdiegta *MIM* programinė įranga (2) ir paleista duomenų bazė (3) (žr. 30 pav.). Ši bazė priima užklausas iš rangovo kompiuterio (4) ar kito. *MIM* sistema taip pat komunikuoja su SIM programine įranga (5) projektuotojo aplinkoje (6), tam, kad gauti ir keisti duomenis apie elementus.



30 pav. Supaprastinta schema, iliuostruojanti *MIM* duomenų bazėje esančias lenteles, kuriose saugomi duomenys apie elementus (Crevling 2011)

Duomenų bazėje saugomi įrašai apie statinio elementus. Įrašai būna dviejų tipų: apie patį elementą (parametrus) ir apie jo indentifikacinius bei versijų duomenis modelyje. Antrojo tipo duomenys leidžia atsekti ir matyti visas to elemento versijas ir atvejus. Į *MIM* sistemą yra integruota kiekių ir kainų skaičiavimo sistema, kuri naudinga bendradarbiavimui tarp projekto dalyvių. Ji veikia jungdamasi su ta pačia duomenų baze, kurioje saugomi visi duomenys apie pastato elementus. Rangovas, naudodamasis kainų skaičiavimo sistema, gali gauti elementus bei jų kiekius ir atitinkamai jiems pateikti kainas, kurios išsaugomos duomenų bazėje. Įvesti duomenys automatiškai atvaizduojami projektuotojų sistemoje. Apie elementų kainų pakeitimus įspėjama. Sistema taip pat leidžia atsekti keistus elementus pagal duomenų bazėje saugomus jų ID ir išsikviesti jų pavaizdavimą taikant SIM programinę įrangą. Taigi, visi įrašai saugomi duomenų bazėje lentelių principu ir iššaukiami kombinuojant užklausas į duomenų bazę per *MIM* programinę įrangą. Toliau pateikiamas paveikslas vaizduojantis sistemos veikimą bei jos sudėtines dalis, kurios apibūdintos šioje pastraipoje (žr. 31 pav.).



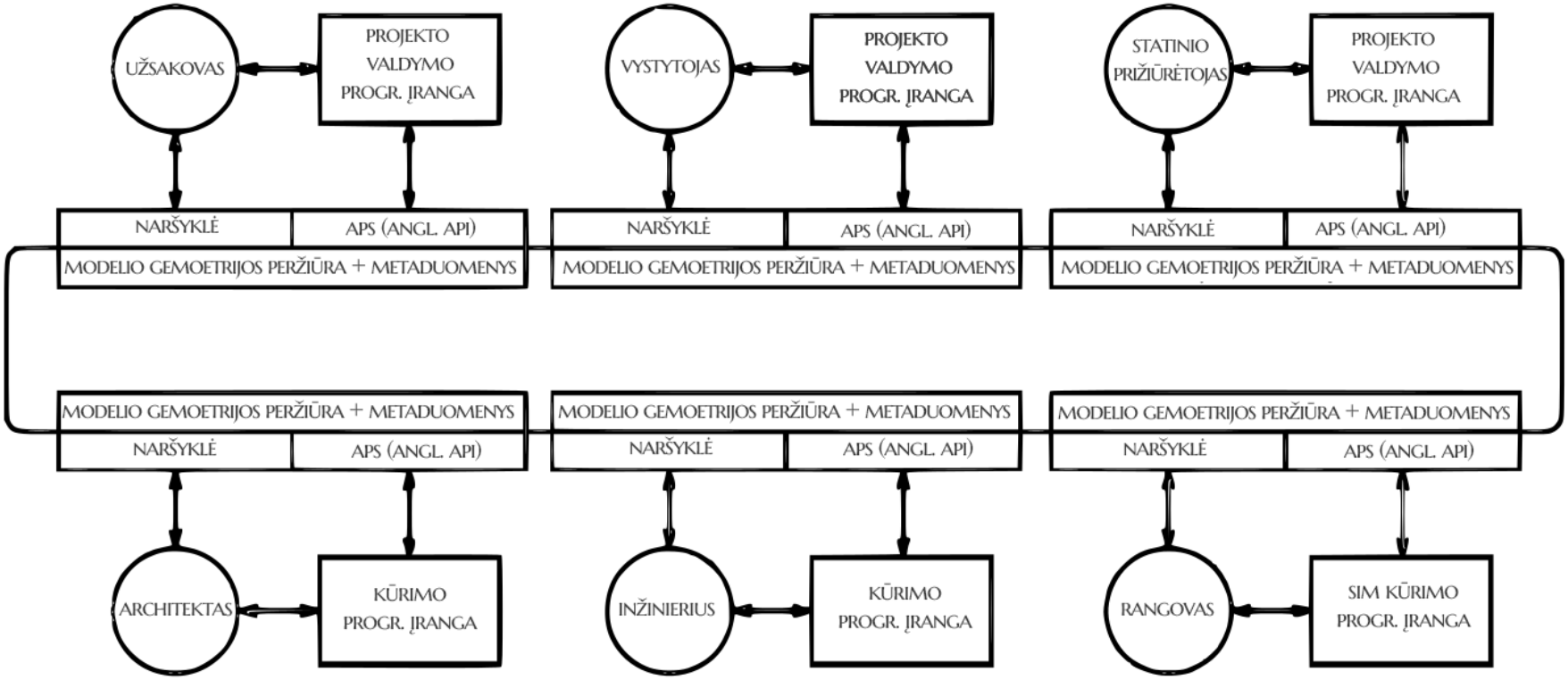
31 pav. Diagrama, iliustruojanti *MIM* komponentų atliekamas procedūras ir tarpusavio ryšius (Crevling 2011)

3.2.2. Statinio informacijos tvarkyklės sistema

Paskirtis (Panushev 2012)

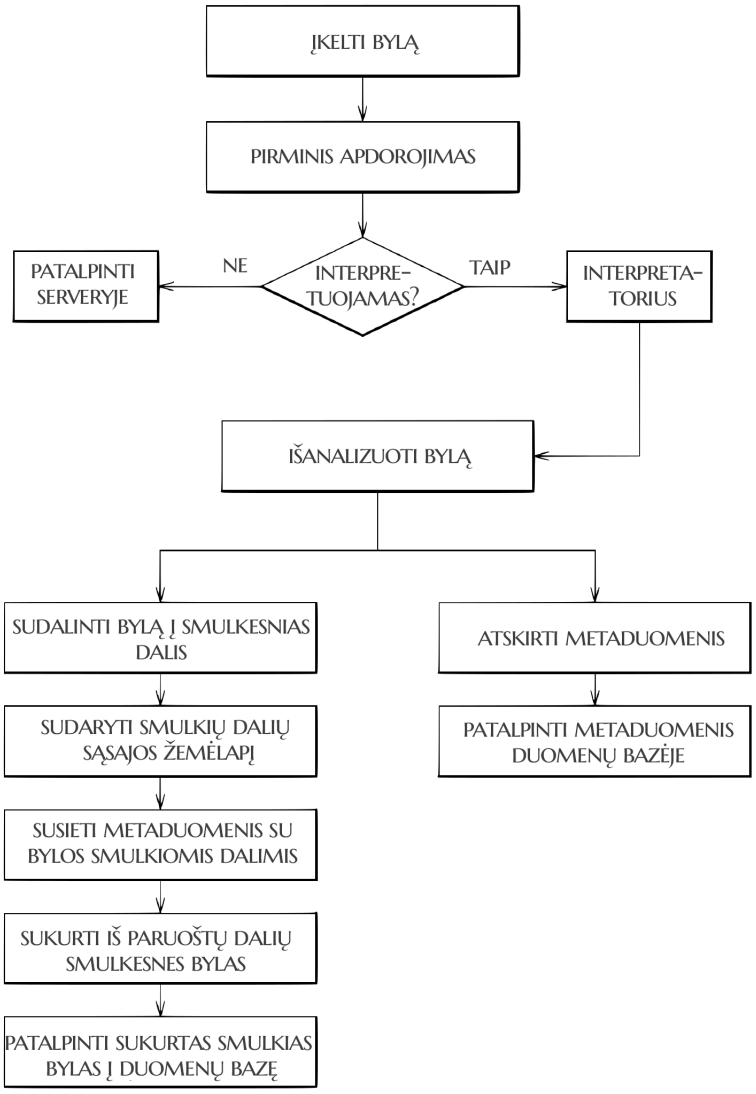
Statinio informacijos tvarkymo sistema (toliau SITS) apjungia statinio projektavimo, priežiūros, eksploatacijos duomenis esančius skirtinguose informacijos šaltiniuose (žr. 32 pav.). Tuomet visi projekto dalyviai gali prieiti prie visos statinio informacijos, ją keisti, atnaujinti ir peržiūrėti pagal jiems priskirtas prieigos teises sistemoje.

Principinė veikimo schema (Panushev 2012)



32 pav. Sustambinta diagrama, iliustruojanti SITS sandarą, sąsają tarp skirtingų projekto dalyvių programinių aplinkų ir jų apjungimą į vieningą modelį (Panushev 2012)

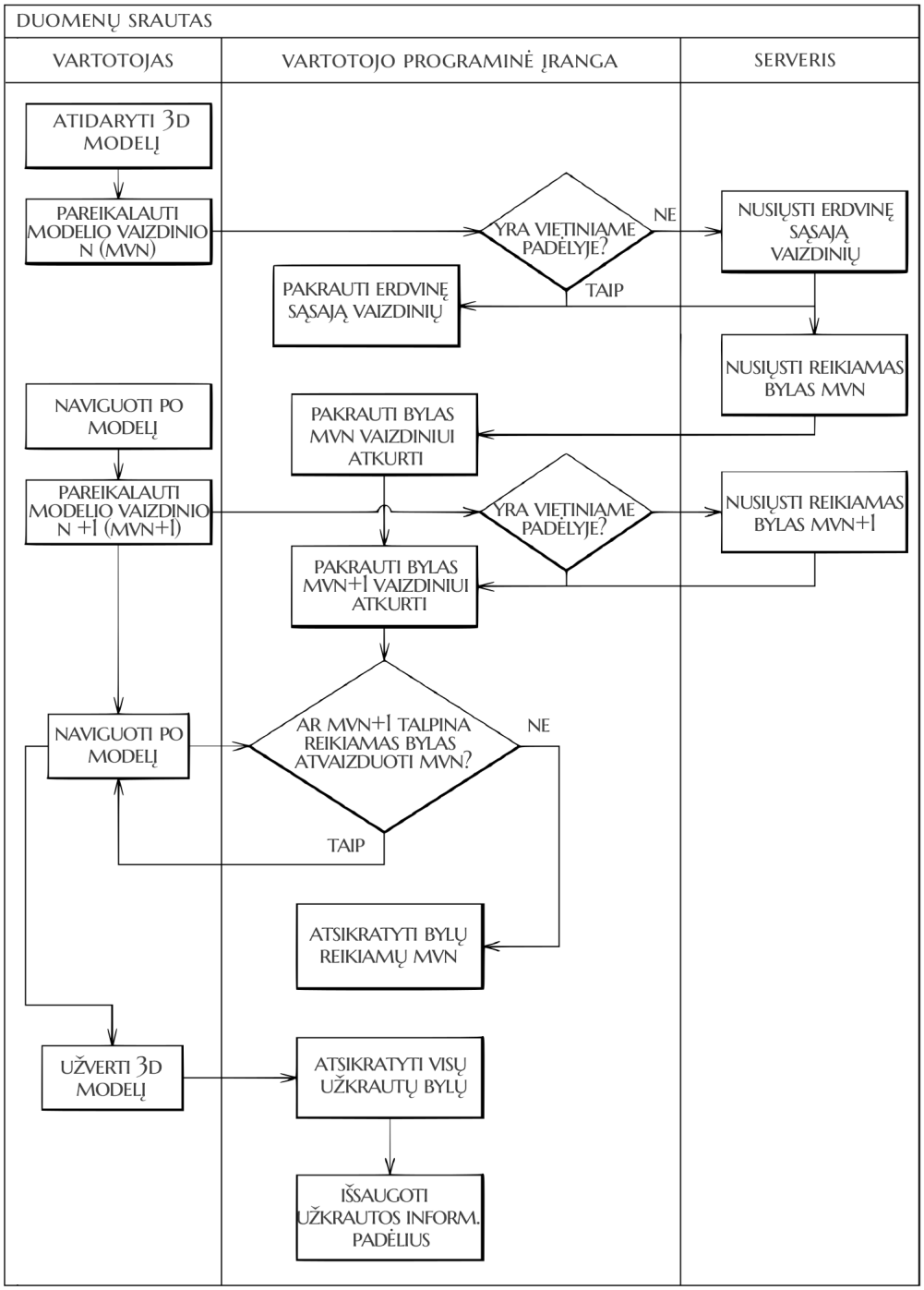
Visi failai, savyje saugantys informaciją trijų dimensijų formate, yra išsaugomi SITS sudalijant failą į atskirus segmentus (žr. 33 pav.). Šie segmentai tarpusavyje susiejami per sistemos sugeneruotą sąsajų žemėlapį, kuris savyje laiko reikalingą informaciją segmentams apjungti. Visa struktūra saugoma duomenų bazėje. SITS privalumas tas, kad visa SIM informacija prieinamą per vieningą sistemą ir failų segmentai užima mažiau atminties negu pilnas SIM. Dėl to galima greita SIM informacijos peržiūra, kaita ir sklaida naudojant kompiuterių tinklus.



33 pav. SITS schema, iliustruojanti informacinio modelio išsaugojimą (Panushev 2012)

Taikydama 33 paveiksle pateiktą informacijos saugojimo algoritmą, sistema sudaro galimybę iš serverio gauti informaciją dalimis, nereikalaujant parsisiųsti viso SIM, kai yra poreikis peržiūrėti tik tam tikrus jo elementus. Vartotojo, siekiančio peržiūrėti tam tikras statinio dalis, peržiūros programa atsisiunčia iš serverio į vidinę atmintį tik tą informaciją, kuri būtina pavaizdavimui. Kai vartotojas sąveikauja su gauta vizualine modelio išraiška, jis gali siųsti užklausas apie tam tikrus jį dominančius elementus ir gauti papildomą informaciją iš serverio. Kadangi SIM apimtis svyruoja nuo kelių megabaitų iki gigabaitų, visas procesas tampa daug greitesnis ir neturintis informacijos pertekliaus,

prieinamas „čia ir dabar”. Vartotojo navigacija detaliau pateikiama 34 paveiksle.



34 pav. SITS schema, iliustruojanti vartotojo navigaciją po jam aktualų modelį (Panushev 2012)

3.2.3. Versijų kontrolės sistema

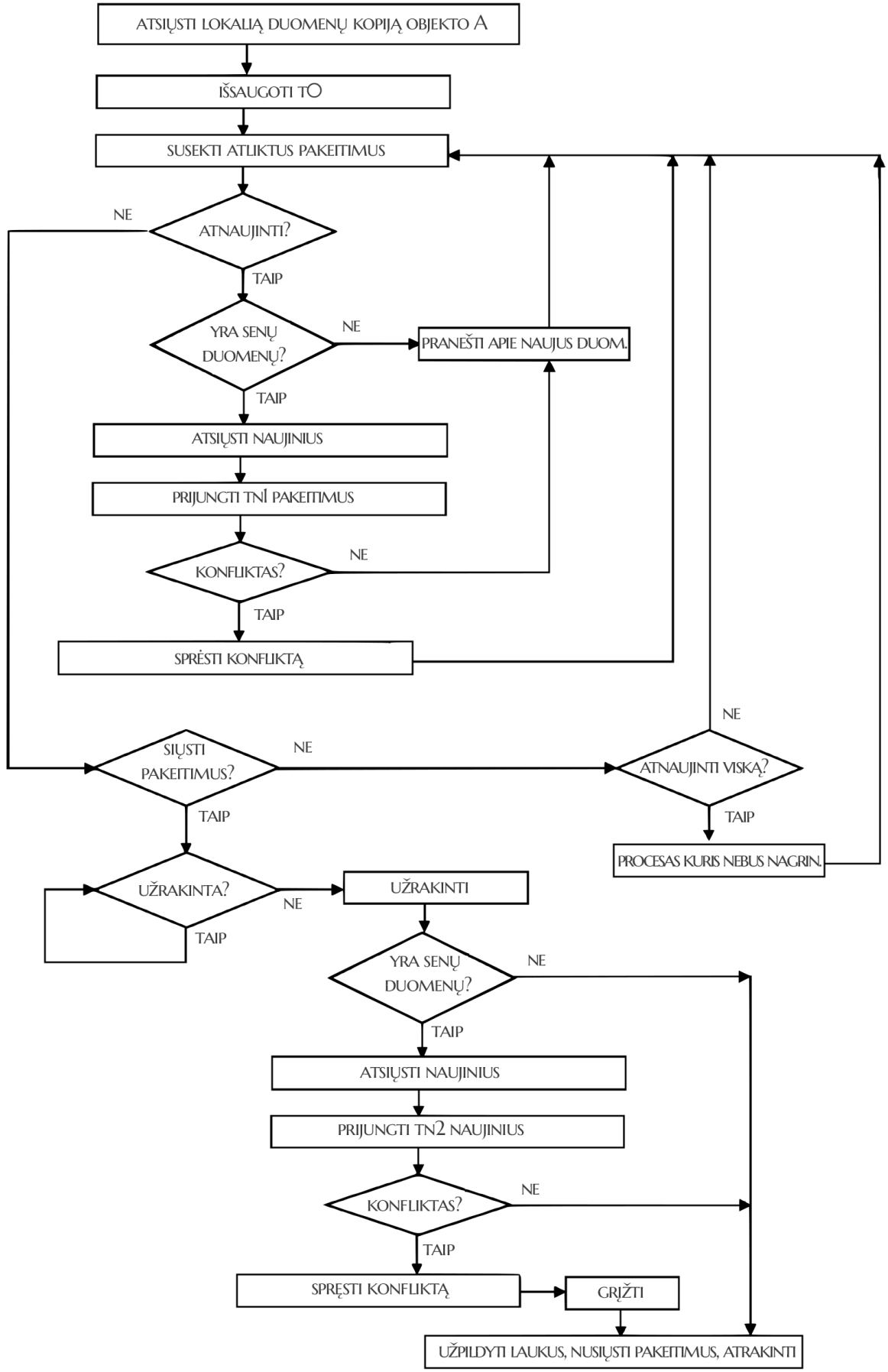
Paskirtis (Rantanen 2012)

Kompiuterių technologijomis pagrįstos duomenų saugojimo sistemos buvo didelis žingsnis sisteminant ir saugant didelius informacijos kiekius bylose ir duomenų bazėse. Tačiau, esant bendradarbiavimo poreikiui tarp projektų dalyvių vienu metu prie vieno projekto (vieno SIM), susiduriama su problema, kad įprastiniu būdu duomenų bazėje ar serveryje saugoma informacija vienu metu gali būti

prieinama koregavimui tik vieno vartotojo. Kitiems vartotojams koregavimo funkcija būna užrakinta. Dėl šios priežasties atsiranda poreikis versijų kontrolės sistemos, kuri leistų dirbti prie vieno modelio daugiau nei vienam vartotojui vienu metu (Jiao *et al.* 2014).

Principinė veikimo schema (Rantanen 2012)

Šiuo metu debesijos kompiuterijos technologijos leidžia pažiūrėti į daugelio naudotojų (angl. multi-user) sistemą kiek kitaip. Puikus pavyzdys yra *Google Docs*, kurie leidžia keliems vartotojams vienu metu dirbti prie vieno dokumento ir visi pakeitimai visiems vartotojams matomi realiu laiku. Taigi, panašus principas taikomas šioje versijų kontrolės sistemoje. Tarkim, statinio informacinis modelis yra saugomas bendro naudojimo paskirties atmintyje, kuria naudojasi keletas vartotojų. Kai vartotojas bando gauti prieigą prie modelio, jo kopija yra perkeliama į vietinę jo kompiuterio atmintį. Kiekvieną kartą, kai atliekami ir išsaugomi pakeitimai, jie automatiškai siunčiami į bendrojo naudojimo modelį ir tuo pačiu metu gaunami kitų vartotojų pakeitimai, atlikti per tą laiką. Šios procedūros metu modelis užblokuojamas ir kiti vartotojai gali jį prieiti tik tada, kai vartotojas išsprendžia pakeitimų konfliktus ir juos išsaugo. Įprastai, konfliktai kyla dėl kitų žmonių pakeitimų per tą patį laiko tarpą. Ši saugojimo technika paremta dualistine versijų kontrole. Tai reiškia, kad pakeitimų versijų kontrolė atliekama ne tik bendrojoje atmintyje, kur publikuojami pakeitimai, bet ir vietinėje, kuri susiejama su bendrosios atminties kontrole. Pavyzdžiui, vartotojas *V* atlieka pakeitimus *A* objektui *N* segmente *Z*, vietinėje atmintyje turimame modelyje, ir prieš išsaugant pakeitimus į bendrąją atmintį, kažkas kitas atliko pakeitimus *B* objektui *N*. Taigi, lyginant pakeitimų versijas, versija su pakeitimais *B*, esanti bendrojoje atmintyje yra naujesnė už versiją, kuri buvo gauta vartotojui *V* pradedant darbą ir dar nebuvo atnaujinta. Tačiau, jei vartotojas *V* nusiųstų savo pakeitimus, jo versija butų naujesnė bendrojoje atmintyje ir pakeitimai *B* nebūtų pastebėti. Dėl to siūloma dualistinė sistema seka konkrečių elementų pakeitimo datas, ir prieš išsaugant pakeitimus *A* bendrojoje atmintyje, vartotojas *V* privalo įvertinti pakeitimus *B* ir tik tada sukombinuoti pakeitimai *A* ir *B* (nauji) gali būti išsaugoti. Taip įvyksta atidėtas pakeitimų išsaugojimas. Šį saugojimo principą iliustruoja toliau pateikta diagrama (žr. 35 pav.).



35 pav. Supaprastinta schema, iliustruojanti versijų kontrolės sistemos veikimo principą taikant dualistinį metodą (Rantanen 2012)

3.2.4. Statinio informacijos stebėjimo sistema

Paskirtis (Miller 2012)

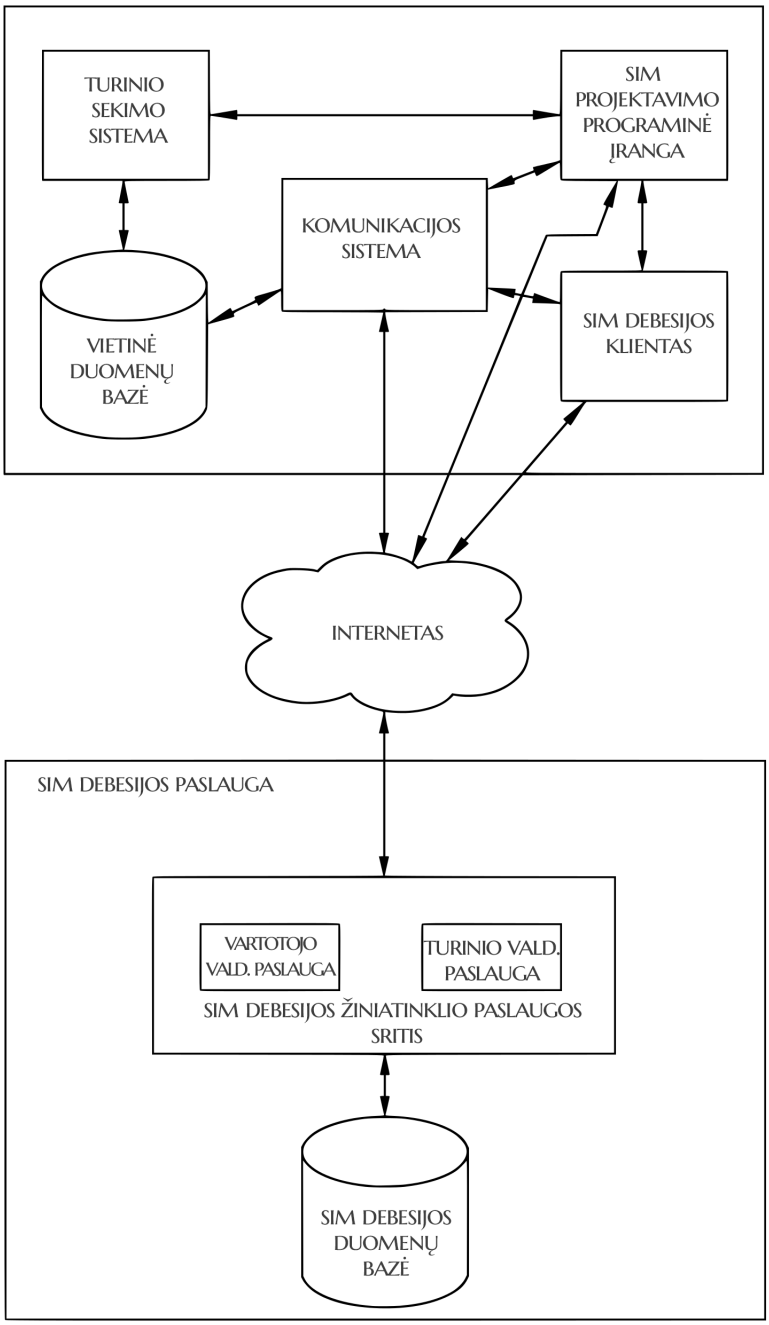
Dažniausiai SIM programinės įrangos vartotojai, modeliuodami savo objektą, gali kurti specifinius SIM elementus arba naudoti jau sukurtus. SIM žengiant į priekį, vis dažniau, galima gauti bibliotekas elementų iš pačių gamintojų. Gamintojų paruošti elementai gali pasižymėti ne tik mechaninėmis ir geometrinėmis savybėmis, bet ir informacijos gausa. Vienas iš tokių elementų pavyzdžių yra išmanieji elementai, kurie skirti projektuoti išmaniuosius statinius ir aplinką (Heidari *et al.* 2014). Tokių bibliotekų taikymas palengvina projektuotojų darbą ir galutinio produkto kokybę, tačiau, čia susiduriama su esminiu trūkumu naudojant gamintojų teikiamus elementus. Trūkumas yra tas, kad gamintojas nebeturi jokios kontrolės, kaip ir kur naudojamas jų elementas, kai vartotojas jį persikelia į savo SIM programinės įrangos aplinką. Vartotojas tuomet turi galimybę jį laisvai koreguoti ir dėl to elementas gali nebeatitikti realaus produkto, kas gali nulemti statybos metu papildomas išlaidas tam elementui pakeisti, surasti kur jis turėtų būti naudojamas ir t.t.

Kitas trūkumas yra tas, jog gamintojas neturi galimybės stebėti, kur ir kaip jų produktai naudojami. Atsiranda informacijos trūkumas, kiek ir kokių specifinių elementų tipų ir specifikacijų yra naudojama, kokios kompanijos naudoja jų produktus ir kokio tipo projektuose jie naudojami. Visa ši papildoma informacija leistų gamintojams padidinti pardavimus, labiau orientuoti produktą į vartotoją, parengti išsamesnes instrukcijas bei specifikacijas, operatyviau organizuoti pristatymą. Daugeliu atveju, visa ši informacija būna pateikiama SIM, bet ją prieiti gali tiks pats modelio kūrėjas ir tik vieno modelio ribose.

Dabartiniai metodai, skirti susieti naudojamus elementus objekte su jiems skirta dokumentacija, yra labai neveiksmingi ir imlūs laikui. Atsiradus poreikiui pastato eksploatacijos metu ištirti tam tikrą elementą ir peržiūrėti jo dokumentaciją, reikia vartyti senus dokumentų archyvus, neturint jokios konkrečios paieškos sistemos. Iš to kyla poreikis jau pačiame SIM susieti atitinkamus elementus su jų dokumentacija (garantiniai įsipareigojimai, įrengimo instrukcijos, atlikti darbai su tuo elementu, techniniai žurnalai ir t.t.). Tokiu atveju, pastato eksploatacijos metu, kiekvieną elementą lengva rasti pagal jo poziciją realiame statinyje ir modelyje, o pasirinkus tą elementą – prieiti visą su juo susijusią dokumentaciją, ją papildyti bei atnaujinti vos keliais paspaudimais (Volk *et al.* 2014).

Dėl visų anksčiau išvardintų priežasčių kyla poreikis sistemos, kuri leistų kiekvienam elementui ar segmentui suteikti unikalų identifikacijos numerį, pagal kurį elementas būtų susietas su duomenų bazės įrašais. Šiuose įrašuose saugoma visa svarbi informacija apie elementus būtų paprastai stebima, redaguojama. Tam ir skirta statinio informacijos stebėjimo sistema (žr. 36 pav.).

Principinė veikimo schema (Miller 2012)



36 pav. Supaprastinta schema, iliustruojanti *BIM Tracking* sistemos veikimo principą (Miller 2012)

36 paveiksle pateiktoje schemoje *BIM Design Application* (SIM modeliavimo programinė įranga) leidžia vartotojui kurti SIM. Programinė įranga įprastai sudaro tiesioginę prieigą prie SIM per programinės įrangos sąsają. Toks prieigos būdas leidžia: prieiti prie modelio grafinės informacijos ir parametrų, įterpti, modifikuoti ir trinti elementus, sukurti integruotus papildinius, kurie automatizuotų tam tikras užduotis, gauti įspėjimus apie įvykius ir kitas operacijas.

BIM Cloud Client Utility yra ne kas kita, kaip vartotojo sąsają su funkcijomis, kurias siūlio *BIM Cloud Service*. Vartotojo sąsaja gali būti pagrįsta naršyklės veikimo principu arba kaip atskira programinė įranga. *Content Tracking Service* funkcionuoja visada be vartotojo įsikišimo tam, kad stebėtų

ir sektų veiksmus atliekamus su *BIM Design Application* ir su veiksmais susijusius SIM elementus bei segmentus. Vietinė duomenų bazė sudaryta iš informacijos, kuri reikalinga sekti SIM elementų ir segmentų pakeitimus bei pasiekti informaciją apie tam tikrus elementus. Ji taip pat yra pagrindas atlikti operacijoms, kurias siūlo *BIM Tracking Service* ir *Communication Service*. *BIM Cloud Service* apima *BIM Cloud Web Services Layer*, kuris turi *Account Services* ir *Content Services*. Jų pagalba kontroliuojama prieiga (sukuriami vartotojai ir jų teisės) prie *BIM Tracking Service*. Taip pat tik per šį funkcinį sluoksnį yra pasiekiama bei keičiama statinio ir jo elementų informacija debesyje ir vietinėse duomenų bazėse. Taigi, taikant šiuos įrankius visi veiksmai su elementais yra stebimi ir įrašomi. Tokiu būdų atliekama versijų kontrolė, kuriamos sąsajos tarp elementų ir jų dokumentacijos, kurios saugomos duomenų bazėse, naudojant unikalius indentifikacijos raktus. Taip pat minėta elementų peržiūra ir jų duomenų koregavimas galimas net per naršyklę.

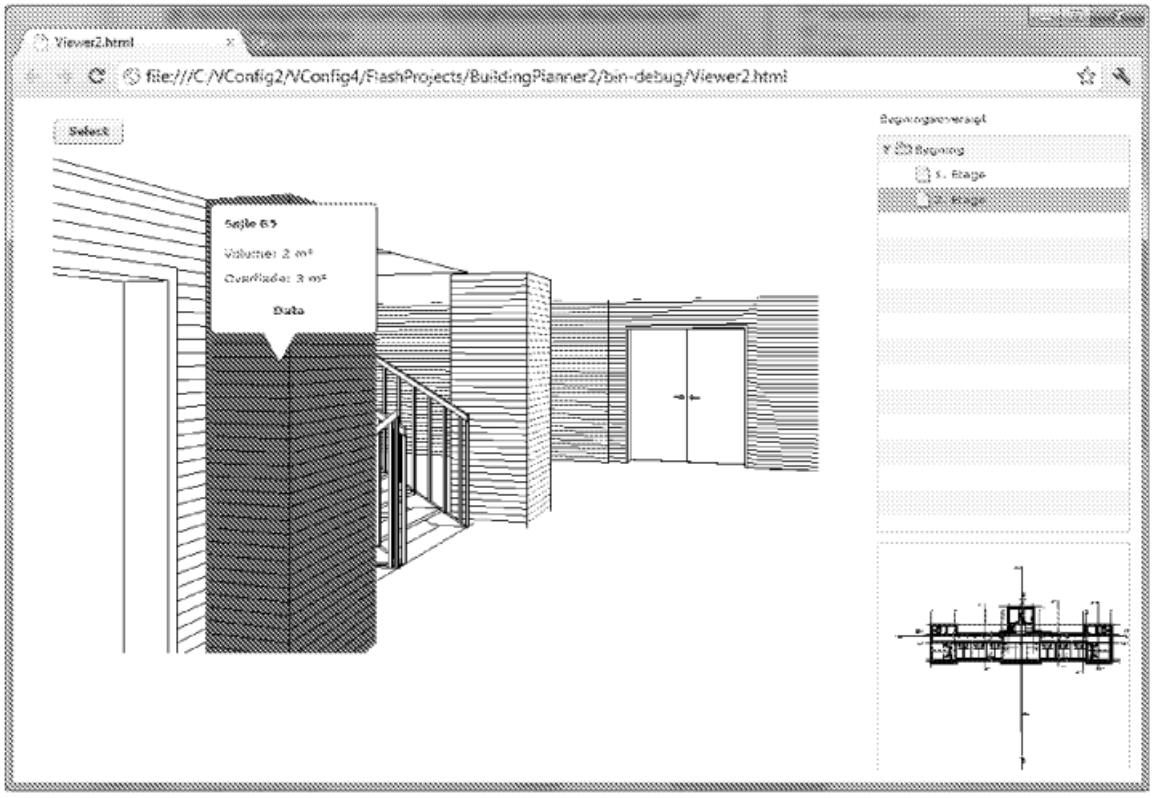
Visi šie įrankiai šiame darbe nebus plačiau apibūdinami, kadangi jų veikimo principas yra atskira tema.

3.2.5. SIM ir 3D modelių peržiūra, naudojant išmaniuosius įrenginius

Paskirtis (Dalgaard 2013; Khan 2012)

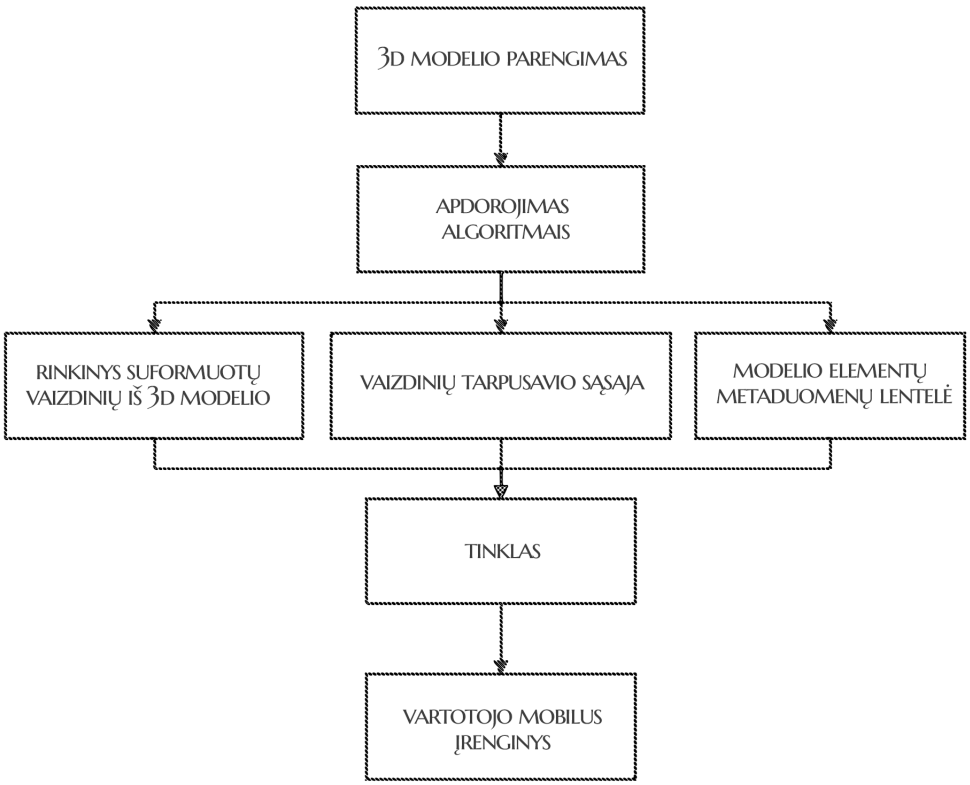
Visada buvo ir yra poreikis keistis informacija ir pristatyti idėjas objektų projektavimo metu, kadangi projektu būna suinteresuota ne viena šalis. Šiais laikais technologijų pažanga leidžia informacija ir projektais dalintis taikant įvarius nešiojamus įrenginius (išmaniuosius telefonus, delninius, planšetinius kompiuterius ir kt.), neprisirišant prie darbo vietos. Kalbant apie SIM, reikėtų paminėti, kad dažnai jiems peržiūrėti reikalinga pakankamai didelė skaičiuojamoji įrenginių galia ir didelė interneto arba vidinio tinklo sparta. Jų neturint procesai tampa lėti arba neįmanomi, o tai trukdo sklandžiam bendradarbiavimui ir operatyviam informacijos keitimuisi. Kartais reikia pasiekti informaciją per kelias sekundes, būnant statybos aikštelėje. Tokiu atveju parsisiųsti visą 3D modelį, kuris gali užimti apie 1 gigabaitą atminties, yra neįmanoma. Dėl to turėtų būti sumažintas CPU (procesoriaus) apkrovimas atliekant skaičiavimus ir sumažintas nešiojamų įrenginių energijos suvartojimas atliekant peržiūros operacijas. Taigi, siūloma technologija atlieka šias optimizacijas, perkeldama didžiąją dalį veiksmų ir operacijų serveriui, o galutiniam įrenginiui palikdama atlikti tik keletą procesų, kurie būtini modelio pavaizdavimui ir peržiūrai.

Principinė veikimo schema (Dalgaard 2013; Khan 2012)



37 pav. Vartotojo sąsajoje matomas vaizdas, iliustruojantis 3D modelio vaizdą, perkeltą į vartotojo nešiojamą įrenginį su informacija apie pasirinktą elementą (Dalgaard 2013)

3D modeliai labai dažnai būna didelių apimčių ir daromi skirtingų projektuotojų, projektuojančių skirtingas statinio dalis skirtingose bylose (dalyse). Peržiūros norinčiam vartotojui ši sistema susies visas statinio dalis į vieningą modelį ir nebus poreikio siųstis ir analizuoti atskirus modelius norint susidaryti bendrą statinio vaizdą. Kadangi dauguma naršyklių be papildomų įrankių nėra pritaikytos pavaizduoti 3D modelius, siūloma technologija 3D vaizdus formuoja iš daugybės paveikslėlių (žr. 37 pav.). Veikianti šiuo principu peržiūrai naudojama programa papildomai turi vartotojų teisių funkciją, kuri apriboja ką ir kas gali matyti modeliuose. Gali kilti klausimas, o kaip gaunama informacija apie statinio elementus, kai nėra prieinamas tikrasis SIM? Sistema susieja paveikslėlius ir juose matomas detales su atitinkama informacija apie elementus, kuri siunčiama į vartotojo įrenginį tik tada, kai suformuojama užklausa apie konkretų objektą.

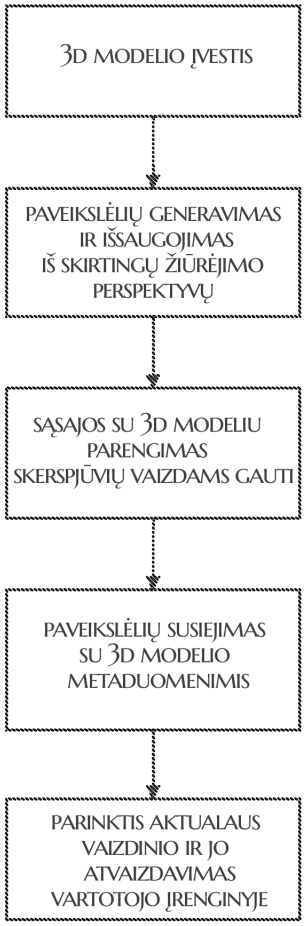


38 pav. Sustambinta schema, iliustruojanti sistemos, leidžiančios SIM peržiūrą mobiliais įrenginiais, sandarą ir veikimą (Dalgaard 2013)

Sustambintas sistemos veikimas (žr. 38 pav.) atrodo taip:

- sukuriamas SIM 3D modelis taikant pasirinktą programinę įrangą;
- turimas modelis įkeliamas į peržiūros sistemą serverio pusėje, kur sistema apskaičiuoja koordinates iš daugybės žiūrėjimo perspektyvų į modelį;
- serverio pusėje sistema suformuoja bent vieną paveikslėlių rinkinį iš pasirinktos 3D modelio žiūrėjimo perspektyvos;
- suformuotų vaizdų rinkinys susiejamas tarpusavyje ir išsaugomas serveryje;
- vartotojas su savo įrenginiu pasirenka vieną iš pozicijų, iš kurios nori apžiūrėti modelį, ir atitinkamai pagal tą poziciją gauna vaizdų rinkinį su metaduomenimis (angl. metadata);
- vartotojas, analizuodamas modelį, gali nurodyti kitą poziciją, iš kurios nori apžiūrėti norimą elementą, ir pagal tai serveryje vėl suformuojamas vaizdų rinkinys su metaduomenimis, kuris persiunčiamas į vartotojo įrenginį. Taip vyksta bendravimas tarp serverio ir įrenginio. Paveikslėlis savyje turi užklausas apie matomus elementus. Šios užklausos leidžia iš duomenų bazės gauti informaciją apie dominantį elementą.

Ši veiksmų seka gali būti pavaizduota schematiškai (žr. 39 pav.).



39 pav. Schema, iliustruojanti sistemos, leidžiančios SIM peržiūrą mobiliais įrenginiais, veikimo algoritmą (Dalgaard 2013)

3.3. Sprendinių rodiklai

Šiame poskyryje pateikiami rekomenduojami alternatyvūs vertinimo rodikliai apžvelgtoms technologijoms.

Privati debesijos kompiuterija

- X_1. Darbinės stoties su jai skirta programine įranga kaina, Lt. Minimuozajama, nes siekiama už minimalią kainą gauti atitinkamos kokybės ir parametrų stotį;
- X_2. Lizdų x branduolių skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes kuo daugiau branduolių, tuo spartesnė darbinė stotis ir našesnis darbas su ja;
- X_3. Procesoriaus (CPU) taktinis dažnis, GHz. Maksimizuojama, nes kuo didesnis dažnis, tuo didesnė darbinės stoties sparta;

- X_4. Darbinės atminties dydis, GB. Maksimizuojama, nes kuo daugiau darbinės atminties, tuo sklandžiau veikia programinė įranga ir didėja darbo našumas;
- X_5. Priežiūros išlaidos, Lt/mėn. Minimizuojama, nes siekiama, kad užmokestis IT samdomam personalui netaptų našta įmonei;
- X_6. Virtualių mašinų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes siekiama, kad kuo daugiau projektą vystančių dalyvių galėtų naudotis debesijos kompiuterija;

Debesijos kompiuterija siūloma kaip paslauga iš tiekėjų

- X_1. Darbinės stoties nuomos kaina (mėnesiui), Lt. Minimizuojama, nes siekiama už minimalią kainą gauti tiekiamą paslaugą;
- X_2. Prie stoties galėsiančių prisijungti vartotojų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes kuo daugiau projekto dalyvių galės jungtis į sistemą, tuo sklandesnis bus projekto valdymas;
- X_3. Stoties procesoriaus (CPU) taktinis dažnis, GHz. Maksimizuojama, nes kuo didesnis dažnis, tuo didesnė darbinės stoties sparta;
- X_4. Darbinės atminties dydis, GB. Maksimizuojama, nes kuo daugiau darbinės atminties, tuo sklandžiau veikia programinė įranga ir didėja darbo našumas;
- X_5. Laiko nuostoliai dėl nuomos tęstinumo ir dokumentacijos. Minimizuojama, nes sutarčių pildymai turi trukti kuo trumpiau;
- X_6. Virtualių skirtingų mašinų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes siekiama, kad kuo daugiau skirtingų įrenginių galėtų jungtis prie sistemos (pvz., telefonai, kompiuteriai).

Žiniatinkliu pagrįsta platforma

- X_1. Platformos nuomos kaina (mėnesiui), Lt. Minimizuojama, nes siekiama už minimalią kainą gauti tiekiamą paslaugą;
- X_2. Prie platformos galėsiančių prisijungti vartotojų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes kuo daugiau projekto dalyvių galės jungtis į sistemą, tuo sklandesnis bus projekto valdymas;
- X_3. Platformos duomenų sauga, balais. Maksimizuojama, nes informacija kuri bus viešinama tinkle turi būti apsaugota nuo pašalinių;
- X_4. Platformos atminties dydis, GB. Maksimizuojama, nes kuo daugiau darbinės atminties, tuo daugiau reikiamos informacijos galima saugoti tinkle;

- X_5. Laiko nuostoliai dėl nuomos tęstinumo ir dokumentacijos. Minimizuojama, nes sutarčių pildymai turi trukti kuo trumpiau;
- X_6. Virtualių skirtingų mašinų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes siekiama, kad kuo daugiau skirtingų įrenginių galėtų jungtis prie sistemos (pvz., telefonai, kompiuteriai).

Privatus SIM serveris

- X_1. Serverio kaina, Lt. Minimizuojama, nes siekiama už minimalią kainą gauti tiekiamą paslaugą;
- X_2. Prie serverio galėsiančių prisijungti vartotojų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes kuo daugiau projekto dalyvių galės jungtis į sistemą, tuo sklandesnis bus projekto valdymas;
- X_3. Lizdų x branduolių skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes kuo daugiau branduolių, tuo spartesnis serveris ir našesnis darbas su juo;
- X_4. Serverio atminties dydis, GB. Maksimizuojama, nes kuo daugiau darbinės atminties, tuo daugiau reikiamos informacijos galima saugoti serveryje;
- X_5. Priežiūros išlaidos, Lt/mėn. Minimizuojama, nes siekiama, kad užmokestis IT samdomui personalui netaptų našta įmonei;
- X_6. Serverio procesoriaus (CPU) taktinis dažnis, GHz. Maksimizuojama, nes kuo didesnis dažnis, tuo didesnė serverio sparta.

SIM serveris kaip paslauga iš tiekėjo

- X_1. Serverio nuomos kaina (mėnesiui), Lt. Minimizuojama, nes siekiama už minimalią kainą gauti tiekiamą paslaugą;
- X_2. Prie serverio galėsiančių prisijungti vartotojų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes kuo daugiau projekto dalyvių galės jungtis į sistemą, tuo sklandesnis bus projekto valdymas;
- X_3. Serverio procesoriaus (CPU) taktinis dažnis, GHz. Maksimizuojama, nes kuo didesnis dažnis, tuo didesnė darbinė serverio sparta;
- X_4. Darbinės atminties dydis, GB. Maksimizuojama, nes kuo daugiau darbinės atminties, tuo sklandžiau veikia programinė įranga ir didėja darbo našumas;
- X_5. Laiko nuostoliai dėl nuomos tęstinumo ir dokumentacijos. Minimizuojama, nes sutarčių pildymai turi trukti kuo trumpiau;

- X_6. Virtualių skirtingų mašinų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes siekiama, kad kuo daugiau skirtingų įrenginių galėtų jungtis prie sistemos (pvz., telefonai, kompiuteriai).

4. PRAKTINĖ TIRIAMOJI DALIS

Šiame skyriuje bus tiriama organizacija, kurioje vyrauja linijinė komunikacija. Konkrečiu atveju tai yra *VolkerWessels* – Jungtinėse Karalystėse įsikūrusi statybos projektų rengimu ir įgyvendinimu užsiimanti organizacija. Šiai organizacijai bus siekiama parinkti optimalią komunikacinę platformą pagal jos poreikius ir esamą situaciją dabar. Tam bus naudojami metodinėje dalyje aprašyti principai. Parinkus platformą, remiantis praktinių tyrimų seka ir bendruoju tyrimu, atliktu šiame darbe, bus sudaromas bendrojo darbo tyrimo rezultatas – universalus komunikacinės platformos pasirinkimo ir įdiegimo modelis organizacijose.

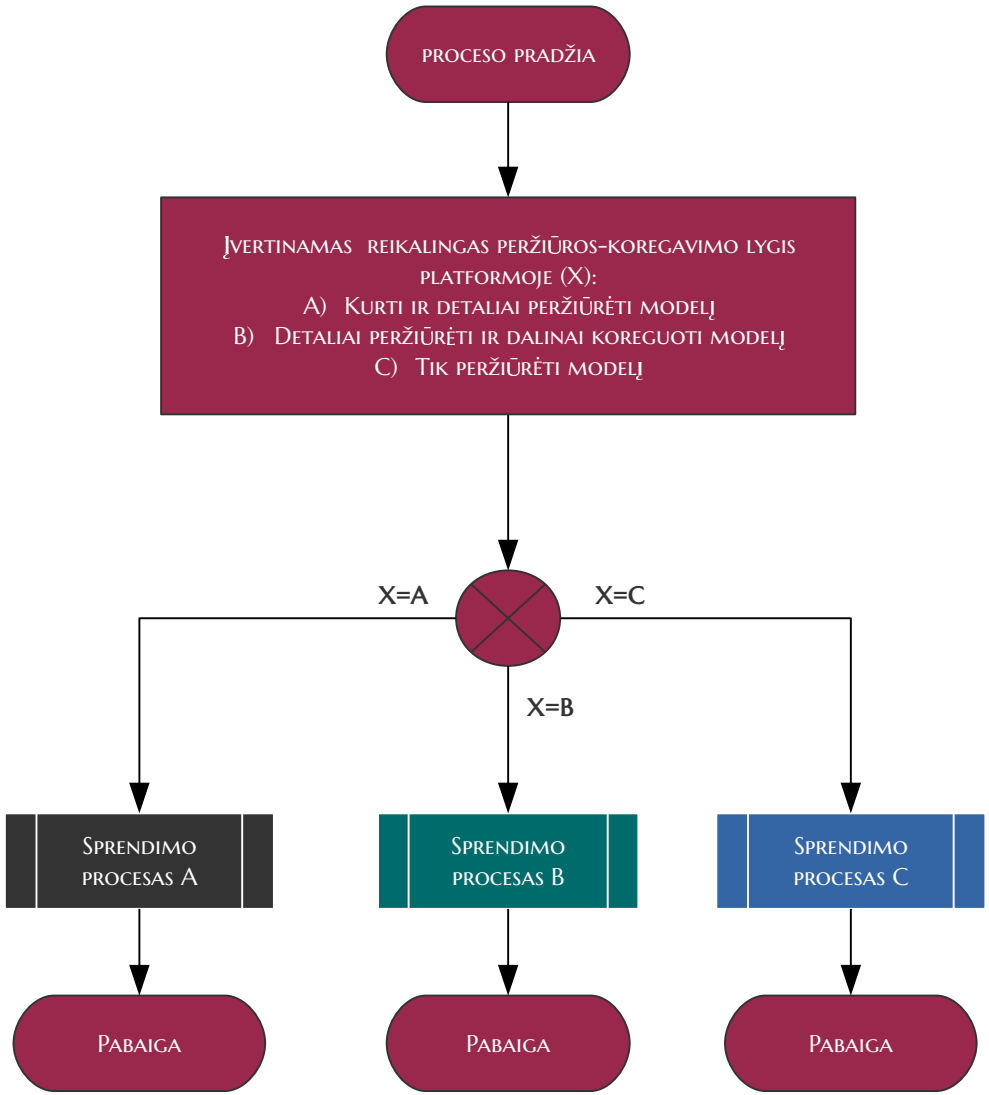
4.1. Įmonės technologinio poreikio tyrimas

Komunikacinės platformos technologijos poreikiui nustatyti sumodeliuojamas pasirinkimo algoritmas (žr. 40, 41, 42, 43 pav.).

Diagramos tipas: FlowChart. 1 dalis.

Procesas: komunikacinės platformos technologijos parinkimas

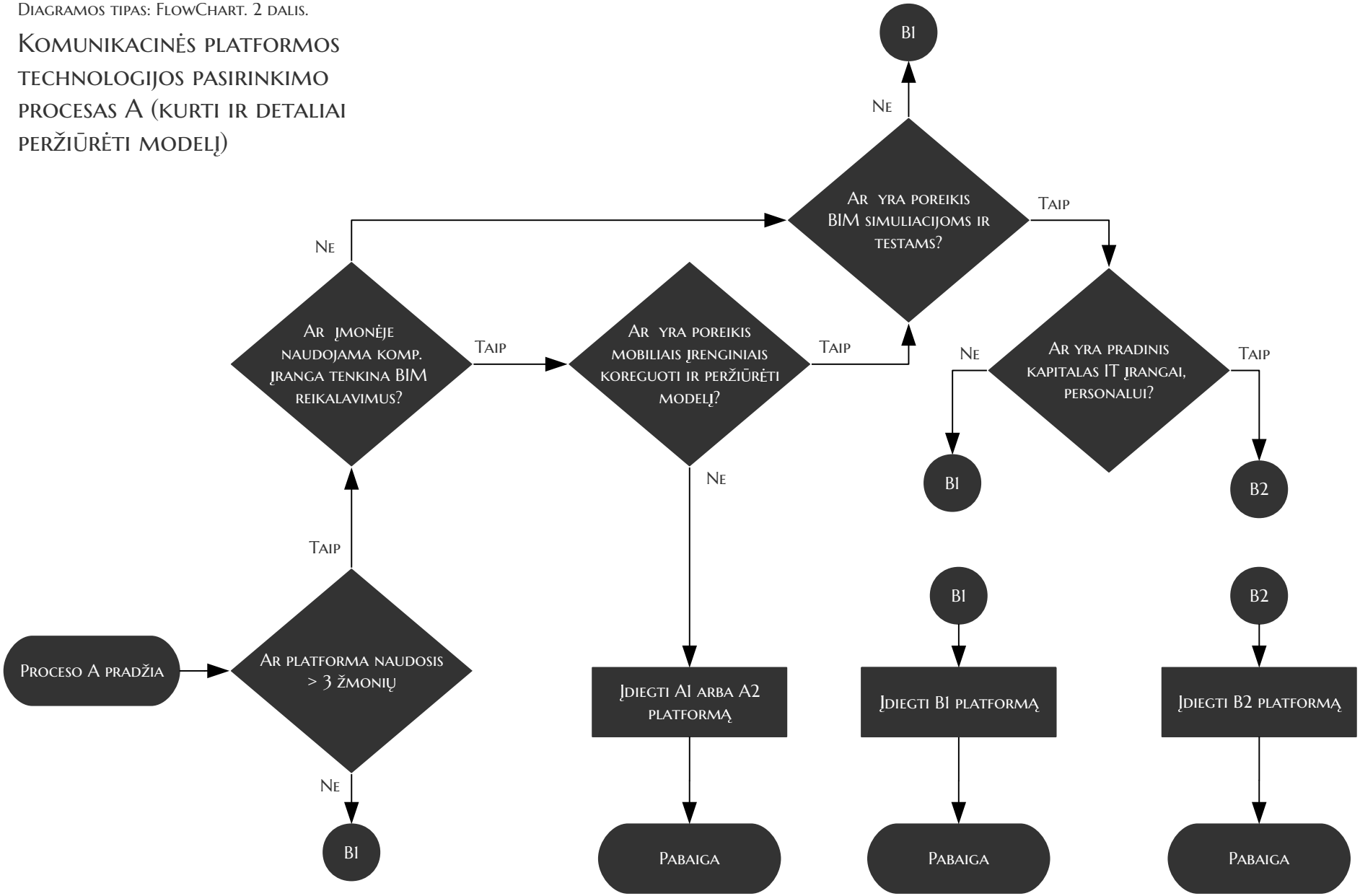
Technologija	Žymuo
BIM serveris kaip paslauga iš tiekėjo	A1
Privatus BIM serveris	A2
Debesijos kompiuterija kaip paslauga iš tiekėjo	B1
Privati debesijos kompiuterija	B2
Internetinė sistemos paslauga	C



40 pav. Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo modelis (1 dalis)

Diagramos tipas: FlowChart. 2 dalis.

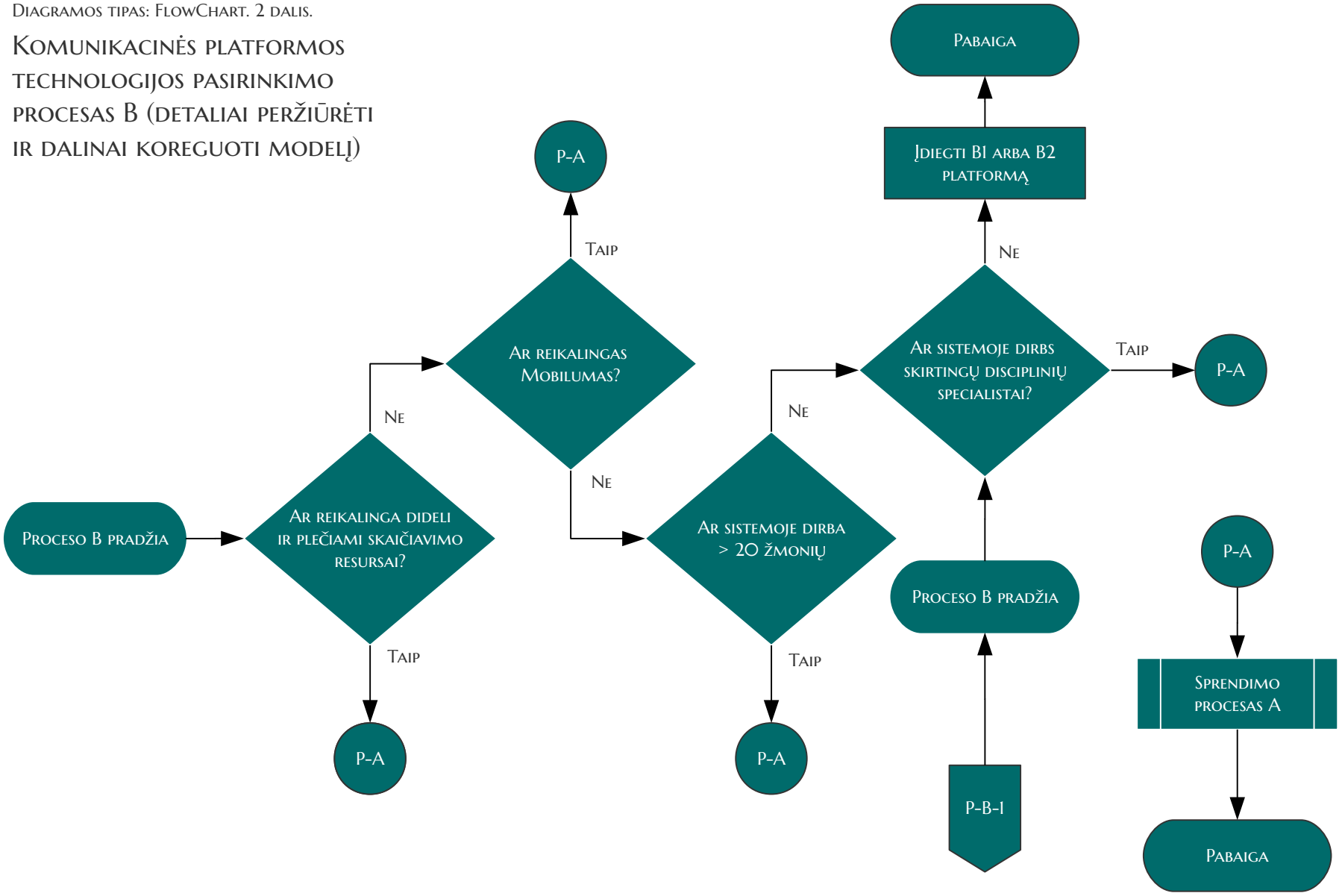
Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo procesas A (kurti ir detaliai peržiūrėti modelį)



41 pav. Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo modelis (2 dalis)

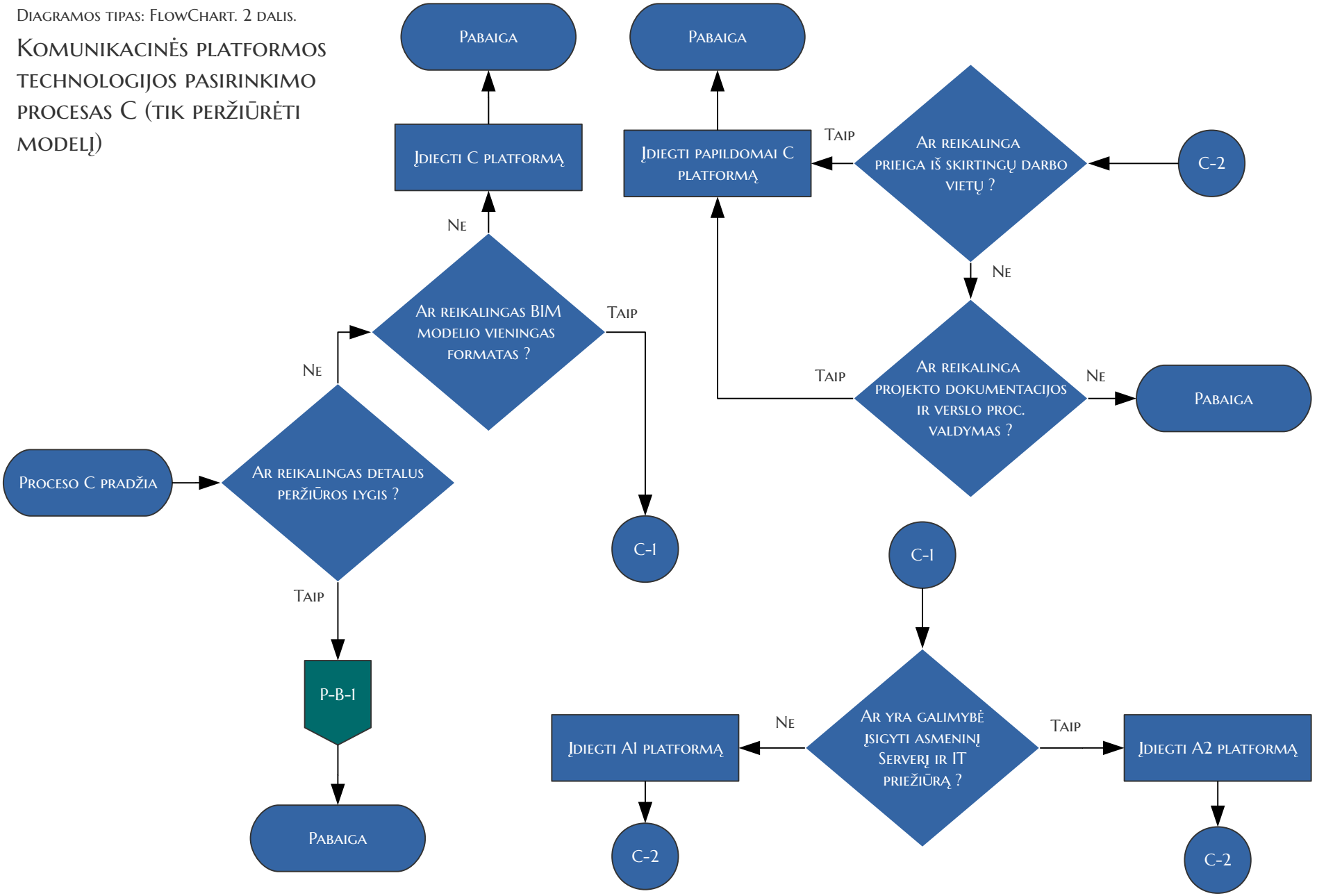
Diagramos tipas: FlowChart. 2 dalis.

Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo procesas B (detaliai peržiūrėti ir dalinai koreguoti modelį)



42 pav. Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo modelis (3 dalis)

Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo procesas C (tik peržiūrėti modelį)



43 pav. Komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo modelis (4 dalis)

Algoritmas sumodeliuotas remiantis technologijų analize, atlikta 3.1 poskyryje ir taikant standartizuotas procedūrų diagramas (žr. 1.5 poskyrį).

Tyrimas buvo atliktas taikant apklausos metodą (žr. 1.2 poskyrį). Bendraujant su organizacijos atstovu buvo aptarta, kad anketa bus pateikiama su technologijos pasirinkimo procedūros diagrama, kuri bus perduota šį diagramų standartą įmonėje suprantančiam specialistui. Pastarasis surinko reikiamus duomenis ir pateikė atsakymą: A2 (privatus SIM serveris). Taip pat abipusės komunikacijos metu, buvo gauti tikslūs duomenys:

- prie projekto dirbs apie 20-40 žmonių;
- vyraus 3-5 skirtingos disciplinos;
- dabartinė kompiuterinė įranga netenkina SIM technologijos reikalavimų;
- reikalingas mobilumas.

Duomenys patvirtina A2 technologijos poreikį.

4.2. Įmonės technologinės įrangos poreikio tyrimas

Šiam poskyryje bus siekiama parinkti optimalią technologinę įrangą, tenkinančią vartotojo poreikius. Apžvelgus esamą rinką išskirtos šios alternatyvos debesijos kompiuterijai:

- alternatyva A_1. *Dell R610-2x4-96*;
- alternatyva A_2. *Dell R610-2x4-192*;
- alternatyva A_3. *Dell R610-2x4(3.4)-96*;
- alternatyva A_4. *Dell R610-4x4-128*;
- alternatyva A_5. *Dell R610-4x6-256*;

4.2.1. Organizacijos ekspertų apklausa

Apklausa atliekama vadovaujantis metodinėje dalyje (žr. 1.3 poskyrį) aprašytais principais. Apklausos tikslas buvo išsiaiškinti kriterijų reikšmingumus. *VolkerWessels* organizacijoje egzistuojanti IT specialistų komanda sutiko dalyvauti tyrime. Paskirtai ekspertų grupei buvo nusiųsta anketa, kurioje jie surašė vertinimus pateiktoms alternatyvoms pagal *Saaty* vertinimo skalę.

Ekspertai vertino šiuos kiekybinius ir kokybinius rodiklius:

- X_1. Darbinės stoties, su jai skirta programine įranga, kaina, Lt. Minimuozajama, nes siekiama už minimalią kainą gauti atitinkamos kokybės ir parametrų stotį;

- X_2. Lizdų x branduolių skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes kuo daugiau branduolių, tuo spartesnė darbinė stotis ir našesnis darbas su ja;
- X_3. Procesoriaus (CPU) taktinis dažnis, GHz. Maksimizuojama, nes kuo didesnis dažnis, tuo didesnė darbinės stoties sparta;
- X_4. Darbinės atminties dydis, GB. Maksimizuojama, nes kuo daugiau darbinės atminties, tuo sklandžiau veikia programinė įranga ir didėja darbo našumas;
- X_5. Priežiūros išlaidos, Lt/mėn. Minimizuojama, nes siekiama, kad užmokestis IT samdomui personalui netaptų našta įmonei;
- X_6. Virtualių mašinų skaičius, vnt. Maksimizuojama, nes siekiama, kad kuo daugiau projektą vystančių dalyvių galėtų naudotis debesijos kompiuterija;

Naudota skalė:

4 lentelė. *Saaty* skalė, pagal kurią lyginami rodikliai

Įvertinimas	Žodinis apibrėžimas	Paaiškinimas
1	Lygus	Abudu kriterijai yra vienodai svarbūs
3	Vidutinio stiprumo	Vieno kriterijaus svarbumas mažai skiriasi už kitą
5	Stiprus	Vienas kriterijus yra vidutiniškai svarbesnis už kitą
7	Labai stiprus	Vienas kriterijus daug svarbesnis už kitą
9	Aukščiausias laipsnis	Vienas kriterijus yra labai daug svarbesnis už kitą
2,4,6,8 – tarpinis įvertinimas, kai reikalingas kompromisas		

Vertinimai buvo surašyti į duomenų matricą. Buvo pildoma pusė matricos, kadangi kita jos pusė yra atvirkštinė. Tai išreiškiama formule:

$$p_{ij} = \frac{1}{p_{ji}}; \tag{4.1}$$

čia

p_{ij} – eksperto vertinimas *Saaty* skalėje numatyta verte, lyginant du kriterijus tarpusavyje.

Sudarytos ekspertų vertinimo matricos:

5 lentelė. Eksperto Nr. 1 vertinimo matrica

Eksp. Nr. 1	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1	4	7	5	1	2
X_2	1/4	1	9	2	1/5	1/3
X_3	1/7	1/9	1	1/7	1/8	1/9
X_4	1/5	1/2	7	1	1/2	1/2
X_5	1	5	8	2	1	1
X_6	1/2	3	9	2	1	1

6 lentelė. Eksperto Nr. 2 vertinimo matrica

Eksp. Nr. 2	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1	3	6	4	1	2
X_2	1/3	1	8	1	1/4	1/3
X_3	1/6	1/8	1	1/6	1/7	1/8
X_4	1/4	1	6	1	1/2	1/3
X_5	1	4	7	2	1	1
X_6	1/2	3	8	3	1	1

7 lentelė. Eksperto Nr. 3 vertinimo matrica

Eksp. Nr. 3	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1	2	7	2	2	3
X_2	1/2	1	8	3	1/6	1/5
X_3	1/7	1/8	1	1/6	1/7	1/8
X_4	1/2	1/3	6	1	1/2	1/2
X_5	1/2	6	7	2	1	2
X_6	1/3	5	8	2	1/2	1

8 lentelė. Eksperto Nr. 4 vertinimo matrica

Eksp. Nr. 4	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1	2	5	3	3	2
X_2	1/2	1	7	1	1/7	1/6
X_3	1/5	1/7	1	1/6	1/9	1/8
X_4	1/3	1	6	1	1/3	1/4
X_5	1/3	7	9	3	1	1
X_6	1/2	6	8	4	1	1

9 lentelė. Eksperto Nr. 5 vertinimo matrica

Eksp. Nr. 5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1	3	6	4	1	1
X_2	1/3	1	7	2	1/5	1/4
X_3	1/6	1/7	1	1/7	1/8	1/9
X_4	1/4	1/2	7	1	1/3	1
X_5	1	5	8	3	1	1
X_6	1	4	9	1	1	1

4.2.2. Rodiklių reikšmingumo nustatymas

Iš anksčiau gautų ekspertų vertinimo duomenų galima sudaryti duomenų lentelę (matricą):

10 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica

Alternatyva\Rodikliai	X_1, Lt	X_2, vnt.	X_3, GHz	X_4, GB	X_5, Lt/mėn	X_6, vnt.
A_1	54018,09	8	2,4	96	7777,7778	10
A_2	83605,662	8	2,4	192	10000	11
A_3	73516,464	8	3,46	96	6388,8889	15
A_4	132826,55	16	2,4	128	8055,5556	20
A_5	199481,94	24	2,4	256	5833,3333	39
Kryptis	min	max	max	max	min	max

Apibendrinant visų ekspertų vertinimą, kiekvienam kriterijui išvedamas visų įvertinimų aritmetinis vidurkis:

11 lentelė. Ekspertų vertinimo vidurkių matrica

Eksp. Vid.	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1	2 4/5	6 1/5	3 3/5	1 3/5	2
X_2	1/3	1	7 4/5	1 4/5	1/5	1/4
X_3	1/6	1/8	1	1/6	1/8	1/8
X_4	2/7	5/9	6 3/8	1	3/7	1/2
X_5	5/8	5 1/5	7 3/4	2 1/3	1	1 1/5
X_6	1/2	3 8/9	8 3/8	2	5/6	1

Ši galutinė matrica atspindi visų kriterijų svorių tarpusavio sąryšį. Ja remiantis atliekami tolesni skaičiavimai rodiklių svorių radimui.

1) Randama kiekvienos matricos eilutės visų elementų sandauga:

$$\prod_i = \prod_{j=1}^{m} p_{ij}; \tag{4.2}$$

čia

p_{ij} – matricos elementas (i-eilutės numeris, j-stulpelio numeris).

2) Iš rastos kiekvienos eilutės sandaugos ištraukiama m laipsnio šaknis:

$$\sqrt[m]{\prod_i}; \tag{4.3}$$

čia

m – rodiklių (eilučių) skaičius matricoje.

3) Gautos reikšmės normalizuojamos, gaunami svoriai:

$$w_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_i}}{\sum\limits_{i=1}^{m} \sqrt[m]{\prod_i}}. \tag{4.4}$$

4) Ekspertų vertinimo matrica P dauginama iš svorių stulpelio $w = (w_1, w_2, w_3,..., w_m)^T$:

$$P_w = \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ ... \\ w_m \end{pmatrix}. \tag{4.5}$$

5) Randama tikrinės matricos eilučių vertės (eigenvalues):

$$\lambda_{\max(i)} = \frac{P_{w(i)}}{w_i}. \tag{4.6}$$

6) Randamas λ_{max} vidurkis:

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \lambda_{\max(i)}}{m}. \tag{4.7}$$

čia

m – rodiklių (eilučių) skaičius matricoje.

7) Vertinama vertinimo matricos P darna:

$$S_I = \frac{\lambda_{\max} - m}{m-1}; \tag{4.8}$$

čia

m – rodiklių (eilučių) skaičius matricoje.

$$S = \frac{S_I}{S_A}; \tag{4.9}$$

čia

$S_A = 1{,}24$ – koeficiento reikšmė randama iš lentelės pagal rodiklių skaičių.

Jeigu atitinka šią salygą $S \leq 0{,}1$, tai ekspertų vertinimas yra suderintas.

Visi skaičiavimų rezultatai pateikiami 12 lentelėje.

12 lentelė. Porinio palyginimo metodas

$\prod_i$	$\sqrt[m]{\prod_i}$	m	w_i	Suma	$P_{w(i)}$	$\lambda_{\max(i)}$	$\lambda_{\max}$	S_1	S_A	S	$S \leq 0{,}1$
199,9872	2,418	6	0,30	1	1,931	6,335	6,457	0,091	1,240	0,074	Taip
0,246981	0,792		0,10		0,679	6,798					
0,000050	0,192		0,02		0,161	6,634					
0,219868	0,777		0,10		0,615	6,283					
69,71663	2,029		0,26		1,641	6,415					
26,30528	1,725		0,22		1,364	6,275					
(3.2)	(3.3)	-	(3.4)	-	(3.5)	(3.6)	(3.7)	(3.8)	-	(3.9)	-

Toliau atliekamas daugiakriterio uždavinio sprendimas ir surandama konkrečių parametrų ra-

cionali debesijos kompiuterijos darbinė stotis.

4.3. Optimalios technologinės įrangos tyrimas

Technologinės įrangos tyrimas atliktas remiantis metodinėje dalyje (žr. 1.4 poskyrį) aprašytais principais, atliekant daugiakriterę analizę keliais pasirinktais metodais.

4.3.1. SAW metodas

SAW metodas – tai geriausiai žinomas, vienas iš paprastesnių ir plačiausiai naudojamas daugiatikslės selektonovacijos metodas. Išeities duomenys, taikant šį metodą, yra sprendimų matrica P (sprendimų matrica negali turėti neskaitinių reikšmių) ir kiekvieno efektyvumo rodiklio reikšmingumai $q = q_1, q_2,..., q_n$. Sprendžiant šiuo metodu, visų reikšmingumų suma turi būti lygi vienetui.

$$\sum_{j=1}^{n} q_j = 1. \tag{4.10}$$

Visiems toliau atliekamiems skaičiavimas bus naudojama ši duomenų lentelė:

13 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica SAW

Alter./Rodik.	X_1, **Lt**	X_2, **vnt.**	X_3, **GHz**	X_4, **GB**	X_5, **Lt/mėn**	X_6, **vnt.**
A_1	54018,09	8	2,4	96	7777,7778	10
A_2	83605,662	8	2,4	192	10000	11
A_3	73516,464	8	3,46	96	6388,8889	15
A_4	132826,55	16	2,4	128	8055,5556	20
A_5	199481,94	24	2,4	256	5833,3333	39
Kryptis	min	max	max	max	min	max

Sprendimas:

1) Pirmiausia sprendimų priėmimo matrica yra normalizuojama. Sprendimų matricos normalizavimas – tai matricos perdirbimas, siekiant suvienodinti (panaikinti) rodiklių dimensijas arba kitaip pakeisti jų reikšmes, nekeičiant santykio tarp atskirų rodiklių.

Sprendimų priėmimo matricos visi nariai normalizuojami pagal formules:

Kai matricos nariai yra maksimizuojami, tai

$$\overline{\chi_{ij}} = \frac{\chi_{ij}}{\chi^*_{ij}}. \tag{4.11}$$

Kai matricos nariai minimizuojami, tai

$$\overline{\chi_{ij}} = \frac{\chi_j^{\min}}{\chi_{ij}}; \tag{4.12}$$

čia

$\chi_{ij}^* = \chi_{ij}^{\max}$

Gaunama normalizuota matrica:

14 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica SAW

Alter./Rodik.	$\boldsymbol{X_1}$	$\boldsymbol{X_2}$	$\boldsymbol{X_3}$	$\boldsymbol{X_4}$	$\boldsymbol{X_5}$	$\boldsymbol{X_6}$	
A_1	1	0,3333333	0,6936416	0,375	0,75	0,2564103	
A_2	0,6461056	0,3333333	0,6936416	0,75	0,5833333	0,2820513	
A_3	0,7347754	0,3333333	1	0,375	0,9130435	0,3846154	
A_4	0,4066814	0,6666667	0,6936416	0,5	0,7241379	0,5128205	
A_5	0,2707919	1	0,6936416	1	1	1	
Formulės nr.	(3.12)	(3.13)	(3.13)	(3.13)	(3.12)	(3.13)	
Kryptis	min	max	max	max	min	max	$\sum_{j=1}^{n} q_j$
q_i	0,30	0,10	0,02	0,10	0,26	0,22	1

2) Normalizuotos matricos to paties varianto kiekvienas narys dauginamas iš jo reikšmingumo ir sudedamas su kitais taip pat gautais alternatyvos (eilutės) nariais. Gauta suma dalijama iš svorių (reikšmingumų) sumos. Pateikiama matematinė variantų racionalumo išraiška:

$$A = \left\{ A_i / \max_i \sum_{j=1}^{n} q_j \overline{\chi_{ij}} / \sum_{j=1}^{n} q_j \right\}. \tag{4.13}$$

Gauta matrica:

15 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica su įvertintais svoriais SAW

Alter./Rodik.	$\boldsymbol{X_1}$	$\boldsymbol{X_2}$	$\boldsymbol{X_3}$	$\boldsymbol{X_4}$	$\boldsymbol{X_5}$	$\boldsymbol{X_6}$	$\sum$
A_1	0,30485	0,03328	0,01680	0,03673	0,19181	0,05574	0,63921
A_2	0,19697	0,03328	0,01680	0,07345	0,14919	0,06132	0,53100
A_3	0,22400	0,03328	0,02421	0,03673	0,23351	0,08362	0,63534
A_4	0,12398	0,06657	0,01680	0,04897	0,18520	0,11149	0,55299
A_5	0,08255	0,09985	0,01680	0,09794	0,25575	0,21740	0,77028
Formulės nr.	-	-	-	-	-	-	(3.13)

Kaip atsakymas pateikiama prioritetų eilutė: $A_5 > A_1 > A_3 > A_4 > A_2$. Taigi racionalus variantas – A_5.

4.3.2. Topsis

1) Sukuriama sprendimų matrica P:

$$P = [x_{ij}] = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}. \tag{4.14}$$

16 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica TOPSIS

Alter./Rodik.	X_1**, Lt**	X_2**, vnt.**	X_3**, GHz**	X_4**, GB**	X_5**, Lt/mėn**	X_6**, vnt.**
A_1	54018,09	8	2,4	96	7777,7778	10
A_2	83605,662	8	2,4	192	10000	11
A_3	73516,464	8	3,46	96	6388,8889	15
A_4	132826,55	16	2,4	128	8055,5556	20
A_5	199481,94	24	2,4	256	5833,3333	39
Kryptis	min	max	max	max	min	max

2) Ši matrica normalizuojama pagal formulę:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}; i = \overline{1,m}; j = \overline{1,n}. \tag{4.15}$$

3) Gaunama normalizuotoji matrica:

$$\overline{P} = [\overline{x}_{ij}] = \begin{pmatrix} \overline{x}_{11(ij)} & \dots & \overline{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \overline{x}_{m1} & \dots & \overline{x}_{mn} \end{pmatrix}. \tag{4.16}$$

4) Sudaroma svertinė normalizuotoji matrica:

$$\overline{P^*} = [\overline{P}][\overline{q}]. \tag{4.17}$$

Skaičiavimų rezultatai pateikiami 17 lentelėje.

17 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica su įvertintais svoriais TOPSIS

Alt./Rodikl.	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
A_1	0,061054	0,024963	0,009821	0,025381	0,114799	0,044685
A_2	0,094495	0,024963	0,009821	0,050763	0,147598	0,049153
A_3	0,083092	0,024963	0,014159	0,025381	0,094299	0,067027
A_4	0,150127	0,049927	0,009821	0,033842	0,118898	0,089370
A_5	0,225464	0,074890	0,009821	0,067684	0,086099	0,174271
Kryptis	min	max	max	max	min	max

5) Nustatomas idealiai geriausias variantas:

$$a^+ = \{[(\max_i \overline{x}_{ij} \Big| j \in J),(\min_i \overline{x}_{ij} \Big| j \in J')]/\overline{i=1,m}\} = \{a_1^+,a_2^+,...,a_n+\}. \quad (4.18)$$

6) Nustatomas neigiamai idealus variantas:

$$a^- = \{[(\min_i \overline{x}_{ij} \Big| j \in J),(\max_i \overline{x}_{ij} \Big| j \in J')]/\overline{i=1,m}\} = \{a_1^-,a_2^-,...,a_n^-\}. \quad (4.19)$$

Skaičiavimų rezultatai pateikiami 18 lentelėje.

18 lentelė. Idealiausi variantai TOPSIS

$a^?$	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
a^+	0,225464	0,074890	0,014159	0,067684	0,147598	0,174271
a^-	0,061054	0,024963	0,009821	0,025381	0,086099	0,044685

7) Nustatomas atstumas tarp lyginamojo i-tojo ir idealiai geriausio varianto:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(\overline{x}_{ij} - a_j^+\right)^2}; i = \overline{1,m}. \quad (4.20)$$

8) Nustatomas atstumas tarp lyginamojo i-tojo ir neigiamai idealaus varianto:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(\overline{x}_{ij} - a_j^-\right)^2}; i = \overline{1,m}. \quad (4.21)$$

9) Nustatomas kiekvieno i-tojo varianto santykinis atstumas iki idealaus:

Kai $K_i \in [0,1]$, tai:

$$K_i = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, i = \overline{1,m}. \quad (4.22)$$

Skaičiavimų rezultatai pateikiami 19 lentelėje.

19 lentelė. Atstumo tarp lyginamojo ir idealaus bei santykinio atstumų variantams nustatymas

L_i^+	Reikšmė	L_i^-	Reikšmė	K_i	Reikšmė
L_1^+	0,221811	L_1^-	0,028700	K_1	0,114564
L_2^+	0,188693	L_2^-	0,074597	K_2	0,283325
L_3^+	0,197216	L_3^-	0,032725	K_3	0,142318
L_4^+	0,124478	L_4^-	0,108173	K_4	0,464957
L_5^+	0,061652	L_5^-	0,219330	K_5	0,780584
Formulės nr.	(3.20)	-	(3.21)	-	(3.22)

Pagal gautus rezultatus, santykinius atstumus iki idealiausio varianto, galima sudaryti prioritetų eilutę $A_5 > A_4 > A_2 > A_3 > A_1$. Taigi racionalus variantas – A_5.

4.3.3. Copras

Sudaryta pradinė duomenų matrica COPRAS metodui:

20 lentelė. Sprendimų priėmimo matrica COPRAS

Alt./Rodikl.	X_1, Lt	X_2, vnt.	X_3, GHz	X_4, GB	X_5, Lt/mėn	X_6, vnt.
A_1	54018,09	8	2,4	96	7777,78	10
A_2	83605,66	8	2,4	192	10000,00	11
A_3	73516,46	8	3,46	96	6388,89	15
A_4	132826,55	16	2,4	128	8055,56	20
A_5	199481,94	24	2,4	256	5833,33	39
q_i	0,30	0,10	0,02	0,10	0,26	0,22
$\sum_{i=1}^{m} x_{ij}$	543448,71	64,00	13,06	768,00	38055,56	95,00
Kryptis	min	max	max	max	min	max

1) Sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų priėmimų matrica D. Jos nariai randami: Kai $i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n}$, tai:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} q_j^*}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}. \tag{4.23}$$

21 lentelė. Normalizuota sprendimų matrica su įvertintais svoriais COPRAS

Alt./Rodikl.	$\boldsymbol{X_1}$	$\boldsymbol{X_2}$	$\boldsymbol{X_3}$	$\boldsymbol{X_4}$	$\boldsymbol{X_5}$	$\boldsymbol{X_6}$
$\boldsymbol{A_1}$	0,030302	0,012482	0,004450	0,012242	0,052269	0,022884
$\boldsymbol{A_2}$	0,046899	0,012482	0,004450	0,024484	0,067203	0,025173
$\boldsymbol{A_3}$	0,041239	0,012482	0,006415	0,012242	0,042935	0,034326
$\boldsymbol{A_4}$	0,074510	0,024963	0,004450	0,016323	0,054136	0,045768
$\boldsymbol{A_5}$	0,111900	0,037445	0,004450	0,032646	0,039202	0,089248
Kryptis	min	max	max	max	min	max
Formulės nr.	(3.23)	(3.23)	(3.23)	(3.23)	(3.23)	(3.23)

2) Apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojančių S-j ir maksimizuojančių S+j įvertintų normalizuotų rodiklių sumos.

Kai $i = \overline{1,m}$, $j = \overline{1,n}$, tai:

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^{n} d_{+ij}; \tag{4.24}$$

$$S_{-i} = \sum_{j=1}^{n} d_{-ij}. \tag{4.25}$$

3) Nustatomas lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas):

$$Q_i = S_{+i} + \frac{S_{-\min} \sum\limits_{i=1}^{m} S_{-i}}{S_{-i} \sum\limits_{i=1}^{m} \frac{S_{-\min}}{S_{-i}}}. \tag{4.26}$$

4) Apskaičiuojamas varianto naudingumo laipsnis:

$$N_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \times 100. \tag{4.27}$$

Skaičiavimų rezultatai pateikiami 22 lentelėje.

22 lentelė. Sprendimo eiga COPRAS

S_{+i}	Reikšmė	S_{-i}	Reikšmė	$\frac{S_{-\min}}{S_{-i}}$	Reikšmė	Q_i	Reikšmė	N_i	Reikšmė	$\frac{S_{-\min}\sum_{i=1}^{m} S_{-i}}{\sum_{i=1}^{m}\frac{S_{-\min}}{S_{-i}}}$
S_{+1}	0,0521	S_{-1}	0,0826	$\frac{S_{-\min}}{S_{-1}}$	1,0000	Q_1	0,1961	N_1	0,8086	0,0119
S_{+2}	0,0666	S_{-2}	0,1141	$\frac{S_{-\min}}{S_{-2}}$	0,7237	Q_2	0,1708	N_2	0,7044	0,0119
S_{+3}	0,0655	S_{-3}	0,0842	$\frac{S_{-\min}}{S_{-3}}$	0,9809	Q_2	0,2067	N_3	0,8525	0,0119
S_{+4}	0,0915	S_{-4}	0,1286	$\frac{S_{-\min}}{S_{-4}}$	0,6418	Q_4	0,1839	N_4	0,7585	0,0119
S_{+5}	0,1638	S_{-5}	0,1511	$\frac{S_{-\min}}{S_{-5}}$	0,5465	Q_5	0,2425	N_5	1	0,0119
-	-	-	-	-	-	Q_{max}	0,2425	-	-	-
Nr.	(3.24)	-	(3.25)	-	-	-	(3.26)	-	(3.27)	-

5) Nustatomas variantų prioritetiškumas:

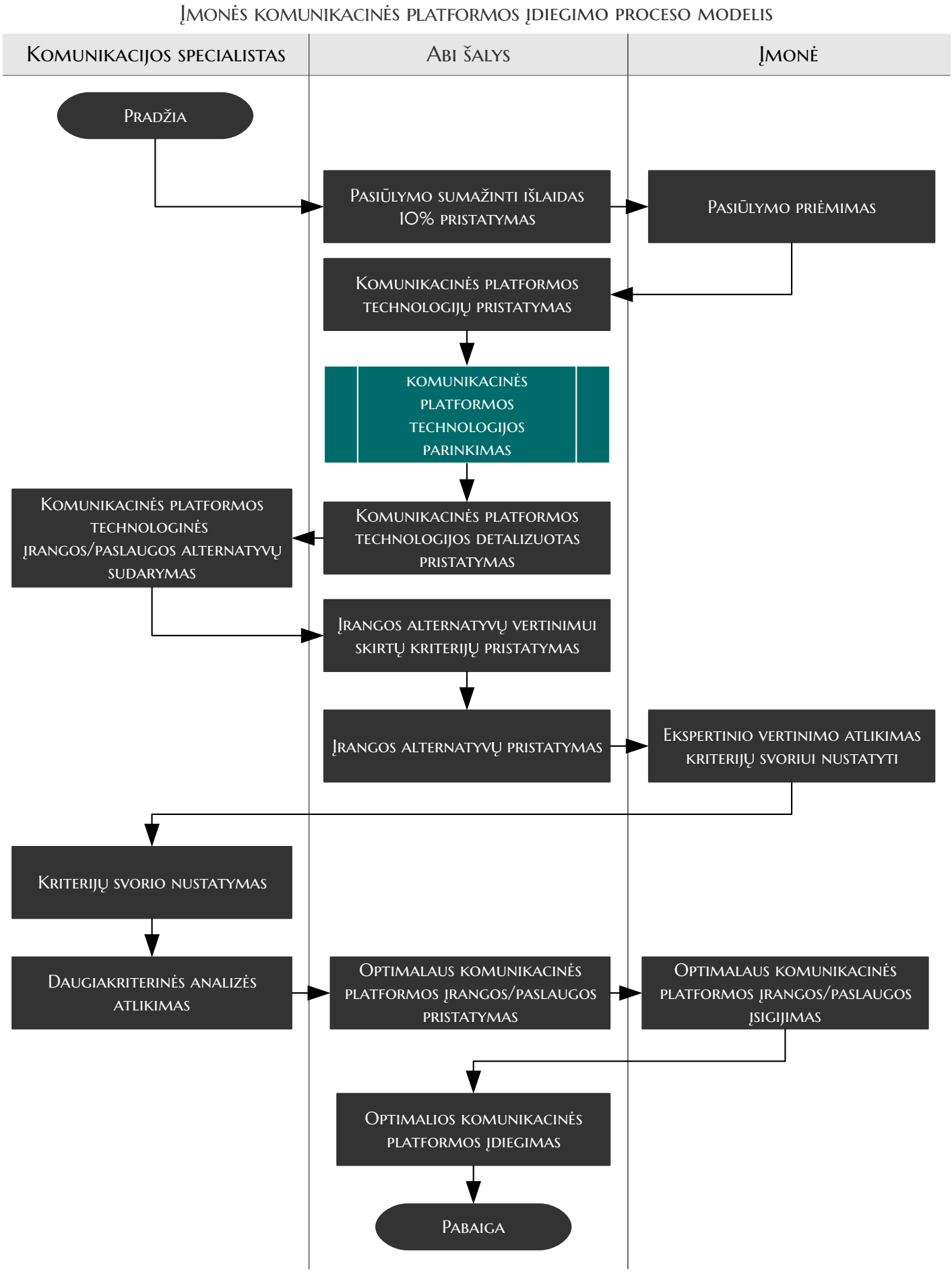
$$Q_5 > Q_3 > Q_1 > Q_4 > Q_2. \tag{4.28}$$

4.4. Praktinio tyrimo rezultatai

Remiantis gautais poreikio tyrimo ir daugiakriterės analizės rezultatais optimalus sprendinys yra privati debesijos kompiuterija, realizuota naudojant Q_5 įrangą. Papildomai naudojama versijų kontrolės sistema. Toks sprendinys turėtų užtikrinti didesnį efektyvumą projektų rengime ir įgyvendinime esant integraliai komunikacijai per parinktą platformą. Tinkamai naudojama ir įdiegta platforma leis sumažinti projekto išlaidas iki 10 %, kas reikštų pasiektą tikslą. Norint sužinoti nuokrypį nuo būsimų rezultatų ir deklaruotų 10 % reikalingi tolesni tyrimai, kas gali būti tolesnio mokslinio darbo tema. Šiame darbe gautą praktinio tyrimo sprendinį galime laikyti patikimu, nes skirtingų grupių daugiakriterės analizės metodais atliktų palyginimų rezultatai sutapo.

4.5. Praktinio pritaikymo modelis

Šio tiriamojo darbo, kaip visumos, rezultatas yra praktinis pritaikymo modelis (žr. 44 pav.). Modelis skirtas parinkti ir įdiegti efektyvią komunikacinę platformą statybos veikla užsiimančioje organizacijoje. Diegimo modelis sudarytas remiantis praktiniu tyrimu ir visa teorine medžiaga, pateikta ir išanalizuota šiame darbe.



44 pav. Komunikacinės platformos diegimo organizacijoje modelis (praktinio pritaikymo modelis)

Modelis sudarytas taikant metodinėje dalyje aprašytą procedūrų diagramų (angl. FlowChart) tipą, kuris šiuo atveju naudojamas sudaryti konceptualaus tipo modelį, simuliuojantį komunikacinės platformos diegimą organizacijoje. Diagramoje naudojami metodinėje dalyje aprašyti diagramų sutartiniai ženklai. Taip pat taikomi *plaukimo takeliai*, skirti pavaizduoti paskirų diegimo proceso žingsnių vykdytojus. Toliau bus aprašomi užduočių vykdytojai bei detalizuojamas kiekvienas žingsnis.

4.5.1. Proceso užduočių vykdytojai

Komunikacijos specialistas. Tai konkretus dalyvis (žingsnių vykdytojas), kuris yra komunikacijos platformos įdiegimo iniciatorius. Asmuo yra susipažinęs su šiuo tiriamuoju darbu ir jį domina praktinis pritaikymas pasirinktoje organizacijoje. Iniciatorius gali būti ir pasirinktos organizacijos vidinis darbuotojas ir pašalinis asmuo. Specialistas turi gebėti pateikti šio darbo problemą, problemos objektą, tikslą, galimus sprendinius ir jų detalizacijas. Taip pat naudodamasis šio darbo metodine dalimi ir pavyzdiniu problemos sprendimu, asmuo turi atlikti reikiamus skaičiavimus ir tyrimus.

Abi šalys. Tai tariamasis proceso dalyvis (žingsnių vykdytojas), apjungiantis komunikacijos specialistą ir įmonę, kurioje vyksta diegimas, į vieną bendrai funkcionuojantį subjektą. Šio subjekto paskirtis modelyje yra iliustruoti diegimo proceso žingsnius, kurių būtina sąlyga yra abiejų šalių dalyvavimas jame.

Įmonė. Tai organizacija, kurioje siekiama įdiegti komunikacinę platformą. Į šį dalyvį (žingsnių vykdytoją) procese turi būti žiūrima kaip į organizacinį vienetą. Tam tikrus proceso žingsnius atliekantys asmenys ar asmenų grupės yra paskiriamos ir suderinamos organizacijos viduje, valdančiųjų, kuruojančių tą sritį asmenų.

4.5.2. Proceso užduotys

Pasiūlymo sumažinti išlaidas 10 % pristatymas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tiek komunikacijos specialistas, tiek organizacija. Žingsnis susideda iš šių smulkesnių dalių: specialistas apžvelgia įmonėje egzistuojantį linijinį komunikacijos tipą ir taip pristato problemos objektą – linijinę komunikaciją, kurioje netaikomi SIM ir integruoti IT sprendiniai. Įmonė (paskirti atstovai) susipažįsta su šio komunikacijos sprendimo principais ir egzistuojančiais trūkumais. Kai objektas aiškus, specialistas įvardina problemą, kuri įmonėje egzistuoja dėl taikomo komunikacijos tipo ir problemai apibrėžti įvardina nuostolius, kuriuos organizacija patiria projektuose. Pabaigoje pristatomas suformuluotas tikslas.

Visos formuluotės ir reikalinga informacija pateikiama šio darbo ir 2 skyriuose. Taikoma visoms įmonėms tas pats.

Komunikacinės platformos technologijų pristatymas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tiek komunikacijos specialistas, tiek organizacija. Specialistas įmonei (organizacijos atstovams) trum-

pai pristato egzistuojančias komunikacijos platformas statybos projektuose, jų privalumus, trūkumus, principinį veikimą.

Visa reikalinga informacija pateikiama šio darbo 3.1 poskyryje. Taikoma visoms įmonėms tas pats.

Komunikacinės platformos technologijos parinkimas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tiek komunikacijos specialistas, tiek organizacija. Šis žingsnis yra detalizuotas kaip modelio proceso vaikinis procesas. Vaikinio proceso žingsniai gali būti atliekami įvairiais būdais. Pavyzdžiui, tuos žingsnius ir jiems reikalingos informacijos susisteminimą gali vykdyti komunikacijos specialistas, pasitelkdamas stebėjimo tyrimo metodą būtinų duomenų apie įmonės poreikius surinkimui. Taip pat šis vaikinis procesas gali būti atliktas pačios įmonės atstovų, kurie turi reikiamą informaciją apie įmonę ir kontaktuoja su specialistu kilus klausimams. Gauti rezultatai privalo būti pateikiami specialistui, o diegimas – tęsiamas.

Vaikinio proceso, imituojančio technologijos pasirinkimą, diagrama pateikiama šiame darbe. Taikoma kiekvienai įmonei individualiai.

Komunikacinės platformos technologijos detalizuotas pristatymas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tiek komunikacijos specialistas, tiek organizacija. Gavęs rezultatus praeito žingsnio specialistas įmonei pristato detalizuotą jiems tinkamą platformą, atsako į klausimus, supažindina su technologija, jos taikymu ir galimybėmis. Taip pat pristato pagalbinius technologinius sprendinius, kurie gali būti derinami su parinkta technologija.

Visa reikalinga informacija pateikiama šio darbo 3.1 ir 3.2 poskyriuose. Taikoma visoms įmonėms tas pats.

Komunikacinės platformos technologinės įrangos/paslaugos alternatyvų sudarymas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tik komunikacijos specialistas. Jis komunikuoja su tiekėjais, analizuoja šiuo metu rinkoje prieinamus įrangos/paslaugos variantus šiame darbe pateiktų kriterijų atžvilgiu. Išrenka iki 10 galimų variantų ir juos apibendrina kaip konkrečius pasiūlymus. Sudaro alternatyvų lentelę.

Pavyzdinis alternatyvų sudarymas pateiktas 4.1 poskyryje. Rekomenduotini kriterijai įrangai pagal parinktą technologiją pateikti 3.3 poskyryje. Alternatyvos sudaromos kiekvienai įmonei individualiai, nes rinkos pasiūla keičiasi laiko ir vietos atžvilgiu.

Įrangos alternatyvų vertinimui skirtų kriterijų pristatymas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tiek komunikacijos specialistas, tiek organizacija. Specialistas pristato ir apibūdina kriterijus, kurie bus vertinami pasirenkant konkrečią technologinę įrangą.

Rekomenduotini kriterijai ir jų aprašymas įrangai pagal parinktą technologiją pateikti 3.3 poskyryje. Įprastai taikoma visoms įmonėms tas pats.

Įrangos alternatyvų pristatymas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tiek komunikacijos spe-

cialistas, tiek organizacija. Specialistas pristato šiuo metu rinkoje egzistuojančius įrangos/paslaugos pasiūlymus, kuriuos sudarė atlikęs rinkos tyrimą.

Alternatyvos sudaromos kiekvienai įmonei individualiai, todėl pristatymas taip pat individualus.

Ekspertinio vertinimo atlikimas kriterijų svoriui nustatyti. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tik organizacija. Organizacijos parinkti 5-10 IT ir SIM specialistų atlieka ekspertinį vertinimą. Ekspertinis vertinimas atliekamas porinio palyginimo metodu, remiantis *Saaty* skale. Ekspertai vertinimus rašo į duomenų matricą. Pildoma pusė matricos, kadangi kita jos pusė yra atvirkštinė.

Pavyzdinis vertinimas pateiktas 4.2.1 skyrelyje. Vertinimas atliekamas kiekvienos įmonės individualiai.

Kriterijų svorio nustatymas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tik komunikacijos specialistas. Jis atlieka skaičiavimus kriterijų svoriams nustatyti pagal gautus ekspertų vertinimus.

Pavyzdinis kriterijų svorio apskaičiavimas ir skaičiavimo algoritmas pateiktas 4.2.2 skyrelyje. Skaičiavimai atliekami kiekvienai įmonei individualiai, nes ekspertų vertinimai skiriasi.

Daugiakriterės analizės atlikimas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tik komunikacijos specialistas ir atlieka daugiakriterę analizę SAW, TOPSIS, COPRAS metodais. Galima taikyti ir mažiau metodų, tačiau taikant bent porą, galimas optimalaus sprendinio sutikrinimas.

Pavyzdinė daugiakriterė analizė ir skaičiavimo algoritmas visais metodais pateiktas 4.3.1, 4.3.3, 4.3.2 skyreliuose. Skaičiavimai atliekami kiekvienai įmonei individualiai.

Optimalaus komunikacinės platformos įrangos/paslaugos pristatymas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tiek komunikacijos specialistas, tiek organizacija. Specialistas pristato daugiakriterės analizės rezultatus ir prioritetų eilutę galimų įrangos/paslaugos sprendinių. Detaliai apibūdina optimalų sprendimą.

Pristatymo turinys kiekvienai įmonei individualus, nes analizuojama skirtinga įranga ir skirtingi poreikiai.

Optimalaus komunikacinės platformos įrangos/paslaugos įsigijimas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tik organizacija. Visa informacija apie optimalią įrangą/paslaugą būna surinkta komunikacijos specialisto ankstesniuose žingsniuose ir pateikta organizacijai. Taigi, organizacija pasirinktu laiku įsigyja sprendinį iš rinkos tiekėjų. Kilus neaiškumams komunikuoja su specialistu.

Optimalios komunikacinės platformos įdiegimas. Šiame proceso žingsnyje dalyvauja tiek komunikacijos specialistas, tiek organizacija. Organizacijoje IT sektorius ar samdomi specialistai įdiegia pasirinktą komunikacinę platformą, veda apmokymus personalui, kuris naudosis ja, atlieka nuolatinį platformos palaikymą.

DARBO IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Išvados

1. Tyrime pasirinkti moksliniai tyrimo metodai ir priemonės:
    - literatūros analizės (pasirinktas darbo objektui ir problemai bei jos technologiniams sprendiniams išanalizuoti);
    - anketinės apklausos ir porinio palyginimo metodas(pasirinktas statybos organizacijos technologiniams poreikiams nustatyti);
    - AHP, TOPSIS, SAW, COPRAS (pasirinktas optimaliai komunikacinės platformos technologiniai įrangai nustatyti);
    - procedūrų diagramos (pasirinktas komunikacinės platformos technologijos pasirinkimo schemai ir diegimo modeliui sudaryti);
    - konceptualus modelis (pasirinktas komunikacinės platformos diegimo modeliui sudaryti);
2. Suformuotas tyrimo objektas:
    - Analitinėje ir apžvalgos dalyse – linijinė komunikacija kaip reiškinys. Praktinėje tiriamojoje dalyje – WalkerVessels organizacija kaip linijinės komunikacijos atvejis.
3. Suformuota problema: iki 30 % išlaidų susidaro dėl neišvystytos pažangios dalykinės komunikacijos. Ištirta problemos kilmė: SIM netaikymas ir SIM neintegruotumas.
4. Suformuoti trys pagrindiniai komunikacinės platformos technologiniai sprendiniai:
    - SIM serveris;
    - saitynu pagrįsta platforma;
    - SIM ir debesies kompiuterija;
5. Efektyviam pagrindinių technologinių sprendinių taikymui suformuoti penki pagalbiniai technologiniai sprendiniai:
    - modelių ir jų elementų tvarkyklė;
    - statinio informacijos tvarkyklė;
    - versijų kontrolės sistema;
    - statinio informacijos stebėjimo sistema;
    - SIM modelių peržiūros sistema išmaniesiems įrenginiams.

6. Suformuoti rodikliai visų komunikacinių platformų technologijų įrangai vertinti. Praktiniame tyrime naudoti:

    - X_1. darbinės stoties su jai skirta programine įranga kaina;
    - X_2. lizdų X branduolių skaičius;
    - X_3. procesoriaus (CPU) taktinis dažnis;
    - X_4. darbinės atminties dydis;
    - X_5. priežiūros išlaidos;
    - X_6. virtualių mašinų skaičius.

7. Surinkta informacija iš ValkerWessels organizacijos. Remiantis gautais duomenimis rasta optimali technologija – privati debesijos kompiuterija, optimali įranga – *Dell R610-4x6-256* darbinė stotis, pagalbinė technologija – SIM versijų kontrolė.

8. Remiantis tyrimu sudarytas komunikacinės platformos pasirinkimo ir diegimo modelis statybos veikla užsiimančioms organizacijoms, kuris užtikrina išlaidų sumažinimą iki 10 % projekto vertės.

Pasiūlymai

1. Tirtos statybos organizacijos technologiniams poreikiams nustatyti po atliktos anketinės apklausos papildomai galėtų būti taikomas stebėjimo ir interviu metodas. Atlikus skirtingais metodais gautų duomenų lyginamąją analizę, būtų galima ištirti komunikacinės technologijos pasirinkimo schemos detalumą ir aiškumą. Kadangi ši schema yra šiame darbe sudaryto modelio sudedamoji dalis, būtų galima tikėtis aukštesnio patikimumo ir pagrįstumo komunikacinės technologijos poreikio nustatymo etape.

2. Būtų tikslinga atlikti papildomus tyrimus, siekiant užtikrinti analitinėje dalyje tiriamojo objekto (linijinės komunikacijos kaip reiškinio) atitikimo laipsnį praktinėje dalyje pasirinktam tyrimo objektui (linijinės komunikacijos atvejui organizacijoje). Šiuo atveju tyrimas leistų apskaičiuoti tikslesnius problemos rodiklius, identifikuojančius nuostolius, patiriamus konkrečioje organizacijoje. Dėl to iškelto tikslo charakteringas rodiklis svyruotų mažesniame intervale ir tai leistų organizacijai įvertinti komunikacinės platformos atsiperkamumą ir kitus finansinius rodiklius.

3. Tolesniuose tyrimuose būtų naudinga sudaryti metodologiją, skirtą atlikti įdiegtos komunikacinės platformos efektyvumo patikrą ir įvertinti skirtumą tarp faktinių ir lauktų rodiklių reikšmių. Kadangi problemos sprendimas yra iteracinis procesas, diegimo modelis galėtų būti papildytas

etapais, vaizduojančiais patikrą ir tolesnius žingsnius po jos. Šie savo ruožtu iliustruoja sprendinius neatitikčiai šalinti (jeigu ji egzistuoja).

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Aguiar, C. A.; Tavares, L.V. 2012. Social e-business and the Satellite Network model: Innovative concepts to improve collaboration in construction, *Automation in Construction* 22:387-397.

Arayici, Y.; Ghassan, A.; Ahmed, V. 2005. Requirements engineering for innovative integrated ICT systems for the construction industry, *Construction Innovation* 5:179-200.

Barak, R.; Jeong, Y.S.; Sacks, R.; Eastman, C.M. 2009. Unique requirement of building information modelling for cast-in-place reinforced concrete, *Journal of Computing in Civil Engineering* 23:64-74.

Barlish, K.; Sullivan, K. 2012. How to measure the benefits of BIM – A case study approach, *Automation in Construction* 24:149-159.

Bertin, J. 1997. Matrix theory of graphics, *Information Design Jurnal* 10:5-19.

Byggeri, D. 2005. *Partnering i Praksis, 2nd edition*. 189p.

Cerovsek, T. 2011. A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development, *Advanced Engineering Informatics* 25:224-244.

Chassiakos, A.P.; Sakellaropoulos, S.P. 2008. A web-based system for managing construction, *Advances in Engineering Software* 39:865-876.

Connect & Construct. D1.2 Deliverable: Market Analysis. 2013. European Union. 157 p.

Crevling, R. 2011. Model inventory manager. US 2011/0307281.

Dalgaard, L. 2013. BIM and display of 3D models on client devices. WO 2013/041103.

DeSanctis, G.; Poole, M.S. 2004. Capturing the complexity in advanced technology use: Adaptive structuration theory, *Organization Science* 5:121-147.

Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. 2011. *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modelling for Owners, managers, Designers, Engineering and Contractors, 2nd Edition*. Juhn Wiley & Sons Inc. Publishing Company, New Jersey. 648 p.

Fahdah, I. 2008. *Distributed IT for Integration and Communication of Engineering Information for Collaborative Building Design*: daktaro disertacija: technologijos mokslai, statybos inžinerija. University of Nottingham. Nottingham. 224 p.

Fisher, M.; Kunz, J.; 2004. The scope and role of information technology in construction, *Proceedings of JSCE* 763:1-8.

France, C. 2010. BIM in a cloud: what structural engineers and architects need to know about cloud computing for business success, *Elsevier Science* 13:83-108.

France, C. 2011. BIM in a cloud: What structural engineers and architects need to know about cloud computing for business success [žiūrėta 2013-12-12]. Prieiga per internetą: <http://www.cc-tunlimited.com/BIM_in_the_Cloud.pdf>.

Fuchas, S.; Katranuschkov, P.; Scherer, R.J. 2010. A framework for multi-model collaboration and visualisation, *European Conference on Product and Process Modelling* 8:115-124.

Gallaher, M. P.; O'connor, A. C.; Dettbarn, J. L.; Gilday, L. T. 2006. *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*. National Institute of Standards and Technology, Maryland. 210 p.

Giel, B.; Issa, R. R. A.; Olbina, S. 2010. Return on investment analysis of building information modeling in construction, *Journal of Computing in Civil Engineering* 27(5):511–521.

Gintalas, A. 2011. Metodologijos ir metodo samprata, *Socialinių mokslų studijos* 3(3):983-996.

Grilo, A.; Jardim-Goncalves, R. 2011. Challenging electronic procurement in the AEC sector: A BIM-based integrated perspective, *Automation in Construction* 20:107-114.

Gu, N.; London, K. 2010. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry, *Automation in Construction* 19:988-999.

Heidari, M.; Allameh, E.; Bauke de Vries; Timmermans, H.; Jessurun, J.; Mozaffar, F. 2014. Smart-BIM virtual prototype implementation, *Automation in Construction* 39:134-144.

Howard, R.; Bjork, B. 2008. Building information modelling: experts views on standardisation and industry development, *Advanced Engineering Informatics* 22:271-280.

Hu, W.; Guo, S. 2009. Visualization and Collaboration of On-Site Environments Based Building Information Model For Construction, *Advanced Engineering Informatics* 11:16-27.

Isikdag, U. 2012. Design patterns for BIM-based service-ariented architectures, *Automation in Construction* 25:59-71.

Jiao, Y.; Zhang, S.; Li, Y.; Wang, Y.; Yang, B. 2013. Towards cloud Augmented Reality for construction application by BIM and SNS integration, *Automation in Construction* 33:37-47.

Jiao, Y.; Wang, Y.; Zhang, S.; Li, Y.; Yang, B.; Yuan, L. 2014. A cloud approach to unified lifecycle data management in architecture, engineering, construction and facilities management: Integrating BIMs and SNS, *Automation in Construction* 27:173-188.

Kardelis, K. 2002. *Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai. 2-asis pataisytas ir papildytas leidimas*. Šiauliai. 142 p.

Khan, A. 2012. BIM based 3-D visualization. US 2012/0259594.

Kiumarse, Z. M.; Pittman, J.H. 1999. A software industry perspective on AEC information models for distributed collaboration, *Automation in Construction* 8:237-248.

Lee, S.; Kim, K.; Yu, J. 2014. BIM and ontology-based approach for building cost estimation, *Automation in Construction* 41:96-105.

Levring, A. BIM-implementering og praktisk projekthåndtering. Det Digitale Byggeri [interaktyvus]. 2010. [žiūrėta 2013-12-02]. Prieiga per internetą: <http://www.detdigitalebyggeri.dk/sites/default/files/attachments/PIXI_WEB_FINAL1.pdf>.

Linderoth, H. 2010. Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks, *Automation in Construction* 19:66-72.

McAndrew, S. T. 2010. *Collaborative Technologies for Mobile Workers and Virtual Project Teams*: daktaro disertacija: technologijos mokslai, statybos inžinerija. Loughborough University. Leicestershire. 159 p.

Meža, S.; Turk, Ž.; Dolenc, M. 2014. Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system, *Automation in Construction* 42:1-12.

Mikulskienė, B. Sprendimų priėmimo teorija [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2013-11-12]. Prieiga per internetą: <http://www.nedaryk.lt/user_files/projects/2971_2_11Kuryb_Daugiakr2013_1_.pdf>.

Miller, D. 2012. Building information tracking system and methods of use. WO 2012/167267.

Mokslinių šaltinių analizė [interaktyvus]. 2010. [žiūrėta 2014-03-01]. Prieiga per internetą: <http://proin.ktu.lt/ damarobe/T120M013/pratybos/3_etapas-analize.pdf>.

NBS. NBS National BIM Report 2014 [žiūrėta 2014-05-01]. Prieiga per internetą: <http://www.thenbs.com/topics/BIM/articles/nbs-national-bim-report-2014.asp>.

Nitithamyon, P.; Skibniewski, M.J. 2004. Web-based construction Project management systems: how to make them successful? *Automation in Construction* 13:244-245.

Omansky, A. 2011. Systems and methods for construction field management and operations with building information modeling. WO 2011/112572.

Panushev, I. 2012. Building information management system. US 2012/0203806.

Peterson, F.; Hartmann, T.; Fruchter, R.; Fischer, M. 2011. Teaching construction Project management with BIM support: Experience and lessons learned, *Automation in Construction* 20:115-125.

Procedūrų diagramos [interaktyvus]. 2011. [žiūrėta 2014-01-03]. Prieiga per internetą: <http://www.itsm.lt/index.php/Main/Proced%C5%ABr%C5%B3_diagramos>.

Rantanen, T. 2012. Delayed updating of shared data. US 2012/0239886.

Redmond, A.; Hore, A.; Alshawi, M.; West, R. 2012. Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM, *Automation in Construction* 24:175-183.

Rosenman, M.; Wang, F. 2001. A component agent based open CAD system for collaborative design in: Automation in Construction, *Elsevier Science* 10:383-397

Rudzkienė, V. Mokslinių tyrimų metodai [interaktyvus]. 2011. [žiūrėta 2013-11-12]. Prieiga per internetą: <http://archive.minfolit.lt/files/Pranesimai/Moksliniu%20tyrimu%20metodai.ppt>.

Ruikar, D. 2011. *Design Process Improvement Using A Model Based Approach*: daktaro disertacija: technologijos mokslai, statybos inžinerija. The University of Nottingham. Nottingham. 182 p.

Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw Hill, New York. 321 p.

Shen, W.; Hao, Q.; Mak, H.; Neelamkavil, J.; Xie, H.; Dickinson, J.; Thomas, R.; Pardasani, A.; Xue, H. 2010. System integration and collaboration in architecture, engineering, construction and facilities management: A review, *Advanced Engineering Informatics* 24:196-207.

Shen, W.; Hao, Q.; Xue, Y. 2012. A loosely coupled system integration approach for decision support in facility management and maintenance, *Automation in Construction* 25:41-48.

Singh, V.; Gu, N.; Wang, X. 2011. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform, *Automation in Construction* 20:134-144.

Smith, R. A. 2011. *Design Centric Information And Process Modelling For Integrated Building Design*: daktaro disertacija: technologijos mokslai, statybos inžinerija. University of Nottingham. Nottingham. 155 p.

Succar, B. 2009. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders , *Automation in Construction* 18:357-375.

Succar, B.; Sher, W.; Williams, A. 2013. An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application, *Automation in Construction* 35:174-189.

Teicholz, P. 2013. Labor-Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies (Another Look), *AECbytes* [interaktyvus], kovas [žiūrėta 2014-04-01]. Prieiga per internetą: <http://www.aecbytes.com/viewpoint/2013/issue_67.html>.

The construction user's roundtable homepage [interaktyvus]. 2007. [žiūrėta 2013-12-02]. Prieiga per internetą: <http://www.curt.org>.

Van Gassel, F.J.M.; Láscaris-Comneno, T.; Maas, G.J. 2014. The conditions for successful automated collaboration in construction, *Automation in Construction* 39:85-92.

Volk, R.; Stengel, J.; Schultmann, F. 2014. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs, *Automation in Construction* 38:109-127.

Watson, A. 2011. Digital buildings – Challenges and opportunities, *Advanced Engineering Informatics* 25:573-581.

Woo, J.; Wilsmann, J.; Kang, D. 2010. Use of as-built building information modelling, *Construction Research Congress* 1:538-547.

Yeomans, S.G.; Bouchlaghem, N.M.; El-Hamalawi, A. 2006. A evaluation of current collaborative prototyping practices within the AEC industry, *Automation in Construction* 15:139-149.

Zamanian, M.K.; Fenves, S.J.; Finger, S.; Thewalt, C.R. 2001. A feature-based approach to structural design, *Engineering with Computers* 7:19-91.

VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS

**STATYBOS EKONOMIKOS IR
NEKILNOJAMO TURTO VADYBOS KATEDRA**

**Viešoji įstaiga, Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius, tel.: (8 5) 274 5000, (8 5) 274 5030, faks. (8 5) 270 0112, el. p. rastine@vgtu.lt
Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 111950243, PVM mokėtojo kodas LT119502413
Katedros duomenys: Saulėtekio al. 11, SRL-I 506 kab., LT–10223 Vilnius, tel. (8 5) 274 5235, el. p. sentv@vgtu.lt
Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius, Lithuania, phone: +370 5 274 5000, +370 5 274 5030, fax: +370 5 270 0112, e-mail: rastine@vgtu.lt
Department: Saulėtekio al. 11, SRL-I room 506, LT–10223 Vilnius, Lithuania, phone: +370 5 274 5235, e-mail: sentv@vgtu.lt**

2014 03 28 Nr. _____

Į Nr. _____

DĖL DALYVAVIMO KONFERENCIJOJE

Pažymime, kad Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto vadybos katedros SEVfm-12 gr. studentas Augustinas Vabuolas 2014 m. kovo 26 d. 17-oje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje skaitė pranešimą tema „Statybos projektų dalyvių dalykinės komunikacijos problematika ir teorinio modelio kūrimas taikant informacines technologijas“.

Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo
turto vadybos katedros vedėjas Artūras Kaklauskas

Neringa Gudienė, 2745235, neringa.gudiene@vgtu.lt