

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS

Jovita Bankauskaitė

**AUTOMATIZUOTAS MODELIAIS GRINDŽIAMOS SISTEMOS
REIKALAVIMŲ SPECIFIKACIJOS IŠBAIGTUMO IR
KOREKTIŠKUMO ĮVERTINIMO METODAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
dr. A. Morkevičius

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS

**AUTOMATIZUOTAS MODELIAIS GRINDŽIAMOS SISTEMOS
REIKALAVIMŲ SPECIFIKACIJOS IŠBAIGTUMO IR
KOREKTIŠKUMO ĮVERTINIMO METODAS**

Baigiamasis magistro projektas
Informacinių sistemų inžinerijos studijų programa (kodas 621E15001)

Vadovas

dr. A. Morkevičius
2018-05-24

Recenzentas

doc. dr. T. Skersys
2018-05-24

Projektą atliko

Jovita Bankauskaitė
2018-05-24



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Jovita Bankauskaitė

(Studento vardas, pavardė)

Informacinių sistemų inžinerijos studijų programa, 621E15001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 _____ m. _____ d.
_____ Kaunas _____

Patvirtinu, kad mano, **Jovitos Bankauskaitės**, baigiamasis projektas tema „Automatizuotas modeliais grindžiamos sistemos reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Bankauskaitė, Jovita. Automatizuotas modeliais grindžiamos sistemos reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas dr. Aurelijus Morkevičius; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Informatikos inžinerija, technologijos mokslai

Reikšminiai žodžiai: *SysML*, *MBSE Grid*, *Išbaigtumo ir korektiškumo metrikos*, *Sistemos reikalavimų specifikacija*, *Reikalavimų inžinerija*, *MBSE*.

Kaunas, 2018. 93 p.

SANTRAUKA

Modeliais grindžiamoje sistemų inžinerijoje reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimas priklausant nuo modeliavimo kalbos ir metodo yra visiškai nauja praktika. SysML yra modeliavimo kalba, o ne metodas ir yra tūkstančiai skirtingų būdų aprašyti sistemos reikalavimus. Tokiu atveju negali būti vieno universalaus metodo įvertinti reikalavimų specifikacijos išbaigtumą ir korektiškumą. Būtina pasirinkti tam tikrą su SysML suderintą metodą.

Darbo tikslas - pagerinti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimą remiantis modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos principais. Darbo metu sukurtas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas. Metodas apima reikalavimų specifikacijos išbaigtumo įvertinimą taikant keturias metrikų grupes bei reikalavimų specifikacijos korektiškumo įvertinimą taikant trijų metrikų skaičiavimus. Realizuotos automatizuotas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo metrikos gali būti konfigūruojamos bei pritaikomos skirtingoms modeliais grindžiamoms reikalavimų specifikacijos metodikoms, taip išplečiant metodo panaudojamumą. Sukurtas metodas užtikrina reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo sekimą visu reikalavimų specifikacijos rengimo laikotarpiu vertinant reikalavimų specifikaciją skirtingais pjūviais. Tokiu būdu užtikrinama aukšta kiekvieno reikalavimų specifikacijos etapo kokybė.

Bankauskaitė, Jovita. *Automated Completeness and Correctness Evaluation of the Model-Based System Requirements Specification*: Master's thesis in Information Systems Engineering / supervisor assoc. Aurelijus Morkevičius. The Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Informatics Engineering, Technology Science

Key words: *SysML, MBSE Grid, Completeness and Correctness Metrics, System Requirements Specification, Requirements Engineering, MBSE*

Kaunas, 2018. 93 p.

SUMMARY

The completeness and correctness evaluation of the system requirements specification depending on the modeling language and method is a completely new practice in model-based systems engineering. SysML is a model language, not a methodology, nor a method and there are thousands of different ways to describe the using it. In this case, there cannot be a single, universal approach to evaluate the completeness and correctness of the requirements specification. It is necessary to choose a specific method in combination with SysML to accurately and comprehensively evaluate the requirements specification.

The purpose of this these is to improve the completeness and correctness evaluation of the requirements specification based on the basis of the principles of model-based system engineering. Thesis defines created automated completeness and correctness evaluation method for system requirements specification. The method consists of four metric groups to evaluate the completeness and three metric groups to evaluate the correctness of system requirements specification. The implemented metrics for evaluating the completeness and correctness of the can be configurable and adapted to different methods of model-based requirements specification, thereby extending the usability of the method. Evaluation of the completeness and correctness of the requirements specification over the course of time contributes to ensure a high quality of each stage of the requirements specification.

TURINYS

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	12
Terminų ir santrumpų žodynas	15
ĮVADAS.....	16
1. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo, remiantis modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos principais, analizė	18
1.1. Analizės tikslai.....	18
1.2. Tyrimo objektas, sritis ir problema	18
1.3. Teoriniai reikalavimų inžinerijos aspektai.....	18
1.3.1. Reikalavimų inžinerijos proceso sandara	19
1.3.2. Reikalavimų valdymo procesas	22
1.4. Modeliavimų kalbų taikymas MBSE.....	26
1.4.1. SysML	28
1.4.2. Reikalavimų diagrama.....	29
1.5. Metodų taikymas MBSE	31
1.5.1. „MBSE Grid“	32
1.6. Reikalavimų specifikacija grindžiamas metrikų taikymas	35
1.6.1. Reikalavimų specifikacijos kokybės metrikos	36
1.6.2. Reikalavimų valdymo metrikos.....	38
1.7. Tyrimo objekto naudotojų analizė	40
1.8. Analizės išvados.....	41
2. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas	42
2.1. Metodo reikalavimų specifikacija.....	42
2.2. Metodo dalykinės srities esybių modelis	44
2.3. Naudotojų sąsaja	45
2.4. Formalus metodo aprašas.....	48
2.4.1. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo įvertinimo metrikų formalizavimas.....	49

2.4.2. Reikalavimų specifikacijos korektiškumo įvertinimo metrikų formalizavimas.....	52
2.5. Reikalavimo specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo aprašas	56
2.5.1. Apibendrintas metodo proceso aprašas	56
2.5.2. Reikalavimų padengimo modelio elementais detalus aprašas.....	57
2.6. Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo apibendrinimas.....	63
3. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo metodo realizacija ir testavimas	64
3.1. Metodo realizacijos aprašas	64
3.2. Realizacijos veikimo aprašas	68
3.3. Metodo testavimas	71
3.3.1. Testavimo planas	71
3.3.2. Kontrolinis pavyzdys.....	74
3.4. Metodo realizacijos apibendrinimas	77
4. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo eksperimentinis tyrimas	78
4.1. Eksperimento planas	78
4.2. Eksperimento rezultatai	80
4.3. Eksperimentinio tyrimo vertinimas.....	85
4.4. Metodo taikymo rekomendacijos.....	87
4.5. Eksperimentinio tyrimo išvados	87
5. Rezultatų apibendrinimas ir išvados	89
6. Literatūra.....	90
7. Priedai	94
7.1. Reikalavimų padengimo modelio elementais atvejai	94
7.1.1. Reikalavimų tikslinimas	94
7.1.2. Reikalavimų tenkinimas	109
7.1.3. Reikalavimų verifikavimas.....	123
7.1.4. Reikalavimų išvedimas.....	124
7.2. Modelio elementų padengimas reikalavimais.....	125

7.2.1. Modelio elementų tikslinimas	126
7.2.2. Reikalavimų tenkinimas	127
7.2.3. Reikalavimų verifikavimas	128
7.3. Reikalavimų tikslinimo metrikų algoritmai	129
7.3.1. Funkcinių reikalavimų metrikos algoritmas	129
7.3.2. Patikslintų funkcinių reikalavimų algoritmas.....	130
7.3.3. Patikslintų funkcinių reikalavimų procentinės išraiškos algoritmas	132
7.4. Straipsnio „An Approach: SysML-based Automated Consistency Evaluation of the System Requirements Specification“ santrauka	132
7.5. Straipsnio „An Approach: SysML-based Automated Completeness Evaluation of the System Requirements Specification“ santrauka	132

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė Rekomenduotinos reikalavimų būsenos	24
1.2 lentelė Modeliavimo kalbų palyginimas	27
1.3 lentelė Reikalavimų diagramos notacija	30
1.4 lentelė MBSE metodų palyginimas.....	32
1.5 lentelė Reikalavimų specifikacijos kokybės metrikos	36
1.6 lentelė Bendrinės dydžio metrikos	39
2.1 lentelė Nefunkciniai metodo reikalavimai	44
2.2 lentelė Metodo proceso duomenų srutai.....	57
2.3 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 2.14 pav. taikant akląjį skaičiavimą	58
2.4 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 2.14 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	59
2.5 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 2.15 pav. taikant akląjį skaičiavimą	59
2.6 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 2.15 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	60
2.7 lentelė. Tenkinimo suvestinė pagal 2.16 pav. taikant akląjį skaičiavimą	60
2.8 lentelė. Tenkinimo suvestinė pagal 2.16 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	60
2.9 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 2.17 pav. taikant akląjį skaičiavimą	61
2.10 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 2.17 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	61
2.11 lentelė Išvedimo suvestinė pagal 2.18 pav. taikant akląjį skaičiavimą.....	62
2.12 lentelė Išvedimo suvestinė pagal 2.18 pav. taikant loginį skaičiavimą	62
2.13 lentelė Verifikavimo suvestinė pagal 2.19 pav. taikant akląjį skaičiavimą	63
2.14 lentelė Verifikavimo suvestinė pagal 2.19 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	63
3.1 lentelė Metodo testavimo plano aprašas	72
4.1 lentelė Eksperimentinio tyrimo užduočių aprašymas	79
4.2 lentelė Eksperimentinio tyrimo duomenys	80
7.1 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.1 pav. taikant akląjį skaičiavimą	94
7.2 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.1 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	95
7.3 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.2 pav. taikant akląjį skaičiavimą	95
7.4 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.2 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	95
7.5 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.3 pav. taikant akląjį skaičiavimą	96
7.6 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.3 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	97
7.7 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.4 pav. taikant akląjį skaičiavimą	98
7.8 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.4 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	98
7.9 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.5 pav. taikant akląjį skaičiavimą	99
7.10 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.5 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	99

7.11 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.6 pav. taikant akląjį skaičiavimą	99
7.12 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.6 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	100
7.13 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.7 pav. taikant akląjį skaičiavimą	100
7.14 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.7 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	100
7.15 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.8 pav. taikant akląjį skaičiavimą	101
7.16 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.8 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	101
7.17 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.9 pav. taikant akląjį skaičiavimą	102
7.18 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.9 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	102
7.19 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.10 pav. taikant akląjį skaičiavimą	103
7.20 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.10 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	103
7.21 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.11 pav. taikant akląjį skaičiavimą	104
7.22 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.11 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	104
7.23 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.12 pav. taikant akląjį skaičiavimą	105
7.24 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.12 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	105
7.25 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.13 pav. taikant akląjį skaičiavimą	106
7.26 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.13 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	106
7.27 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.14 pav. taikant akląjį skaičiavimą	107
7.28 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.14 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	107
7.29 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.15 pav. taikant akląjį skaičiavimą	108
7.30 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.15 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	108
7.31 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.16 pav. taikant akląjį skaičiavimą	109
7.32 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.16 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	109
7.33 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.17 pav. taikant akląjį skaičiavimą	111
7.34 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.17 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	111
7.35 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.18 pav. taikant akląjį skaičiavimą	112
7.36 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.18 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	112
7.37 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.19 pav. taikant akląjį skaičiavimą	113
7.38 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.19 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	114
7.39 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.20 pav. taikant akląjį skaičiavimą	114
7.40 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.20 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	115
7.41 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.21 pav. taikant akląjį skaičiavimą	115
7.42 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.21 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	115
7.43 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.22 pav. taikant akląjį skaičiavimą	116
7.44 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.22 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	116
7.45 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.23 pav. taikant akląjį skaičiavimą	117

7.46 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.23 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	117
7.47 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.24 pav. taikant akląjį skaičiavimą	118
7.48 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.24 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	118
7.49 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.25 pav. taikant akląjį skaičiavimą	119
7.50 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.25 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	119
7.51 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.26 pav. taikant akląjį skaičiavimą	120
7.52 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.26 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	120
7.53 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.27 pav. taikant akląjį skaičiavimą	121
7.54 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.27 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	121
7.55 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.28 pav. taikant akląjį skaičiavimą	122
7.56 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.28 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	122
7.57 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.29 pav. taikant akląjį skaičiavimą	123
7.58 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.29 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	123
7.59 lentelė Verifikavimo suvestinė pagal 7.30 pav. taikant akląjį skaičiavimą	124
7.60 lentelė Verifikavimo suvestinė pagal 7.30 pav. taikant loginį skaičiavimą.....	124
7.61 lentelė Išvedimo suvestinė pagal 7.31 pav. taikant akląjį skaičiavimą.....	125
7.62 lentelė Išvedimo suvestinė pagal 7.31 pav. taikant loginį skaičiavimą	125
7.63 lentelė Elgsenos modelio elementų tikslinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą	126
7.64 lentelė Struktūros modelio elementų tikslinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą	126
7.65 lentelė Parametrų modelio elementų tikslinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą	127
7.66 lentelė Elgsenos modelio elementų tenkinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą	127
7.67 lentelė Struktūros modelio elementų tenkinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą.....	127
7.68 lentelė Parametrų modelio elementų tenkinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą	128
7.69 lentelė Testavimo atvejų elementų verifikavimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą.....	128

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Reikalavimų inžinerijos struktūra	19
1.2 pav. Reikalavimų gavybos procesas	20
1.3 pav. Reikalavimų analizės procesas	21
1.4 pav. Reikalavimų valdymo veiklos	22
1.5 pav. Versijos identifikavimo schema	23
1.6 pav. Reikalavimų pokyčių valdymo procesas	24
1.7 pav. Reikalavimų būsenų pokytis laike	25
1.8 pav. Reikalavimų atsekamumo ryšiai	26
1.9 pav. SysML diagramų taksonomija	28
1.10 pav. „MBSE Grid” struktūra	33
1.11 pav. „MBSE Grid” atsekamumo ryšiai	35
1.12 pav. Tyrimo objekto naudotojai	41
2.1 pav. Metodo panaudojimo atvejai	42
2.2 pav. Panaudojimo atvejį „Skaičiuoti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikas“ detalizuojanti UML veiklos diagrama.....	43
2.3 pav. Panaudojimo atvejį „Skaičiuoti reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrikas“ detalizuojanti UML veiklos diagrama.....	43
2.4 pav. Metodo dalykinės srities esybių modelis	44
2.5 pav. Metrikų lentelė „MagicDraw“ įrankyje.....	45
2.6 pav. Reikalavimų tikslinimo metrikų lentelės prototipas.....	45
2.7 pav. Reikalavimų tenkinimo metrikų lentelės prototipas.....	46
2.8 pav. Reikalavimų išvesties metrikų lentelės prototipas	46
2.9 pav. Reikalavimų padengimo metrikų lentelės prototipas	47
2.10 pav. Reikalavimus tikslinančių elementų metrikų lentelės prototipas	47
2.11 pav. Reikalavimus tenkinančių elementų metrikų lentelės prototipas	48
2.12 pav. Reikalavimus verifikuojančių elementų metrikų lentelės prototipas	48
2.13 pav. Apibendrintas metodo procesas	56
2.14 pav. Sudėtinio ir atominio suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimas elgsenos elementais.....	58
2.15 pav. Sudėtinio ir atominio suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimas bloko ir vidinėmis bloko dalimis.....	59
2.16 pav. Atominio ir sudėtinio sistemos reikalavimų tikslinimas bloko ir vidinėmis bloko jungtimis	60
2.17 pav. Sudėtinio ir atominio suinteresuotų asmenų poreikių tenkinimas parametrais.....	61

2.18 pav. Sisteminio reikalavimo išvedimas iš atominio suinteresuotų asmenų poreikio	62
2.19 pav. Atominio sistemos reikalavimo verifikavimas.....	63
3.1 pav. Metodo sprendimo architektūra	64
3.2 pav. BaseMetricSuite metrikų rinkinys.....	65
3.3 pav. Metrikų rinkinio srities objektas	65
3.4 pav. Metrikos algoritmas Groovy kalba.....	66
3.5 pav. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikų rinkiniai.....	67
3.6 pav. Reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrikų rinkiniai	68
3.7 pav. Reikalavimų tenkinimo metrikų lentelė	68
3.8 pav. Metrikų rinkinio priskyrimas	69
3.9 pav. Naujos eilutės pridėjimas Metrikų lentelėje.....	69
3.10 pav. Metrikų rinkinio srities nurodymas	70
3.11 pav. Sugeneruota reikalavimų tikslinimo metrikų lentelė „MagicDraw“ įrankyje.....	70
3.12 pav. Suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimo diagrama	71
3.13 pav. Metrikų lentelė „Cameo Collaborator“ įrankyje	71
3.14 pav. Automobilių nuomos sistemos reikalavimų lentelė	74
3.15 pav. Automobilių nuomos sistemos „Siųsti pranešimą“ SysML veiklos diagrama.....	74
3.16 pav. Automobilių nuomos sistemos „Atrakinti automobilį“ SysML veiklos diagrama	75
3.17 pav. Automobilių nuomos sistemos vidinė bloko diagrama	75
3.18 pav. Automobilių nuomos sistemos reikalavimų tenkinimo matrica.....	76
3.19 pav. Reikalavimų tenkinimo metrikos lentelė.....	76
3.20 pav. Pakoreguota automobilių nuomos sistemos reikalavimų tenkinimo matrica.....	77
3.21 pav. Perskaičiuota reikalavimų tenkinimo metrikos lentelė	77
4.1 pav. Metodo eksperimentinio tyrimo procesas	78
4.2 pav. Suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimo diagrama	80
4.3 pav. Suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elementų diagrama.....	81
4.4 pav. Suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elgsenos elementų diagrama.....	82
4.5 pav. Suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių struktūros elementų diagrama.....	82
4.6 pav. Suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių parametrų diagrama	83
4.7 pav. Sistemos reikalavimų padengimo diagrama.....	83
4.8 pav. Sistemos reikalavimus tenkinančių elementų diagrama.....	84
7.1 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas nedetalizuotu panaudos atveju.....	94
7.2 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas nedetalizuotu panaudos atveju.....	95
7.3 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas sudėtinio veiksmu.....	96
7.4 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas sudėtinio veiksmo elementu	97

7.5 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas nedetalizuotu bloku	98
7.6 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas nedetalizuotu bloku	99
7.7 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas bloko jungtimi	100
7.8 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas bloko jungtimi	101
7.9 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidinėmis bloko dalimis	102
7.10 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidinėmis bloko dalimis	103
7.11 pav. Sudėtinio ir atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidinėmis bloko dalimis	104
7.12 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidine bloko jungtimi	105
7.13 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidine bloko jungtimi	106
7.14 pav. Atominių suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimas bloko ir vidinėmis bloko jungtimis.	107
7.15 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas parametrais	108
7.16 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas parametrais	109
7.17 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas sudėtinio veiksmu	110
7.18 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas sudėtinio veiksmo elementu	111
7.19 pav. Sudėtinio ir atominio sistemos reikalavimo tenkinimas veiksmais	113
7.20 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas nedetalizuotu bloku	114
7.21 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas nedetalizuotu bloku	115
7.22 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas bloko jungtimi	116
7.23 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas vidinėmis bloko dalimis	117
7.24 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas vidinėmis bloko dalimis	118
7.25 pav. Sudėtinio ir atominio sistemos reikalavimo tenkinimas bloko ir vidinėmis bloko dalimis	119
7.26 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas vidine bloko jungtimi	120
7.27 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas vidine bloko jungtimi	121
7.28 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas parametrais	122
7.29 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas parametrais	123
7.30 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo susiejimas verifikavimo ryšiu su testavimo atveju	124
7.31 pav. Sisteminio reikalavimo išvedimas iš sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio	125

TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

Aklasis skaičiavimas – ryšių skaičiavimo metodas, kai nėra atsižvelgiama į modelio korektiškumą, logiškumą.

CSP (angl. *Communicating sequential processes*) – formali kalba, apibūdinanti sąveikos modelius lygiagrečiose sistemose.

INCOSE (angl. *International Council On Systems Engineering*) - Tarptautinė sistemų inžinerijos taryba.

IS (angl. *Information System*) - Informacinė sistema.

Loginis skaičiavimas – ryšių skaičiavimas metodas, kai yra atsižvelgiama į ryšius į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių elementų.

MBSE (angl. *Model-based Systems Engineering*) - Modeliais grįsta sistemų inžinerija.

PA – panaudojimo atvejis.

RS – reikalavimų specifikacija.

SysML (angl. *Systems Modeling Language*) - Sistemų modeliavimo kalba.

UML (angl. *Unitified Modeling Language*) - Unitifikuota modeliavimo kalba.

ĮVADAS

Dėl modeliais grįstos sistemų inžinerijos pažangos per pastaruosius metus, sistemų inžinerija lėtai, bet užtikrintai juda iš dokumentais grįstos sistemų inžinerijos link modeliais grįstos sistemų inžinerijos (toliau - MBSE). Viena iš MBSE apimančių sričių - reikalavimų inžinerija, kurią sudaro procesai, naudojami sistemos reikalavimams išgauti, analizuoti ir atestuoti. Reikalavimų inžinerijos etapas laikomas vienu iš esminių ne tik pradiniuose, tačiau ir tolimesniuose sistemų gyvavimo etapuose. Dažniausiai kalbant apie reikalavimų inžineriją didžiausias dėmesys taikytinas reikalavimų kūrimo (rinkimas, analizė, specifikavimas, validavimas) etapui, tuo tarpu reikalavimų valdymo (pokyčių valdymas, būsenos sekimas, atsekamumas) etapas reikalavimų inžinieriams nėra esminis, o vadovai menkai supranta modeliavimo teikiamus privalumus šioje srityje. Pagal projektų valdymo instituto atliktą tyrimą, nepakankamas reikalavimų valdymas yra antroji problema, kuri lemia projekto nesėkmę [1].

Reikalavimų valdymas koordinuoja reikalavimų kitimą, kas labai svarbu projekto komandai. Reikalavimas nuo identifikavimo iki realizavimo patiria kelias ar net keliolika išbaigtumo ir korektiškumo būsenų metamorfozių. Reikalavimų išbaigtumo ir korektiškumo būsenų sekimas svarbus ne tik reikalavimų valdymo apimtyje. Pasitelkus reikalavimų išbaigtumo ir korektiškumo būsenas kaip projekto įvertinimo pagrindą galima stebėti projekto eigą, išryškinti problematines vietas, pasitelkiant rezultatus priimti atitinkamus sprendimus.

Šiame magistro darbe analizuojamos galimybės pagerinti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimą modeliais grindžiamoje sistemų inžinerijoje. Automatizuotas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas modeliais grindžiamoje sistemų inžinerijoje, taikant SysML su „MBSE Grid“ metodu, pasitelkiant įvairias bei skirtingas metrikas atskleis bei pateiks išsamų reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimą.

Numatomas problemos sprendimas: automatizuotas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos procese.

Tikslas – pagerinti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimą remiantis modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos principais.

Uždaviniai

1. Išanalizuoti reikalavimų valdymo procesą modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos kontekste.
2. Atlikti esamų reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodų analizę.
3. Įvardinti svarbiausias reikalavimų valdymo procese taikomas metrikas.
4. Parengti specifikaciją reikalavimų išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodui.

5. Realizuoti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodą.
6. Eksperimentiškai ištirti sukurtą reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodą bei apibendrinti tyrimo rezultatus.

Darbo rezultatai ir jų svarba

Įgyvendinus iškeltus magistro darbo uždavinius, gauti šie rezultatai:

- automatizuotas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas modeliais grindžiamoje sistemų inžinerijoje;
- reikalavimų specifikacijos išbaigtumo įvertinimo metrikos;
- reikalavimų specifikacijos korektiškumo įvertinimo metrikos.

Realizuotos reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metrikos leidžia įvertinti reikalavimų specifikacijos išbaigtumą ir korektiškumą, išryškinti problematines vietas ir laiku priimti svarbius sprendimus, lemiančius aukštą reikalavimų specifikacijos kokybę.

Darbo struktūra

Magistro darbą sudaro įvadas, trys pagrindinės tyrimo dalys, išvados, literatūros sąrašas, priedai.

Pagrindinės tyrimo dalys:

- **Analitinė dalis.** Šioje dalyje atliekama mokslinės literatūros analizė, siekiant apžvelgti teorinius reikalavimų inžinerijos aspektus, detalizuojant reikalavimų valdymo procesą. Analizuojamas reikalavimų inžinerijos taikymas modeliais grindžiamoje sistemų inžinerijoje naudojant SysML modeliavimo kalbą. Atliekamas reikalavimų valdymo proceso metrikų identifikavimas.
- **Projektinė dalis.** Šioje dalyje, remiantis analizės rezultatais, identifikuojami nustatytų reikalavimų valdymo proceso metrikų apskaičiavimo būdai modeliais grindžiamoje sistemų inžinerijos kontekste.
- **Realizavimo bei ištyrimo dalis.** Šioje dalyje aprašomi automatizuoto reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo realizavimo principai. Pateikiami eksperimentiškai ištirto metodo rezultatai ir jo vertinimas.

Darbo rezultatų aprobavimas

Magistro darbo rezultatai buvo pristatytas 23-ojoje konferencijoje „Information Society and University Studies“ (IVUS2018). Straipsnių santraukos pateiktos 7.4, 7.5 prieduose.

1. REIKALAVIMŲ SPECIFIKACIJOS IŠBAIGTUMO IR KOREKTIŠKUMO ĮVERTINIMO, REMIANTIS MODELIAIS GRINDŽIAMOS SISTEMŲ INŽINERIJOS PRINCIPAIS, ANALIZĖ

1.1. Analizės tikslai

Išanalizuoti reikalavimų valdymo procesą modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos kontekste. Atlikti esamų reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodų analizę. Įvardinti svarbiausias reikalavimų valdymo procese taikomas metrikas.

1.2. Tyrimo objektas, sritis ir problema

Tyrimo objektas: modeliais grindžiamas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimas.

Tyrimo sritis: reikalavimų inžinerija, SysML modeliavimo kalba, MBSE, sistemų modeliavimas, reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimas.

Tyrimo problema

Modeliais grindžiamoje sistemų inžinerijoje reikalavimų kūrimo procesas yra pakankamai išstobulintas, ko negalima pasakyti apie reikalavimų valdymą. Pasaulinei sistemų inžinerijos praktikai pereinant nuo dokumentų prie modelių, atsiveria naujos galimybės reikalavimų valdymo procesui efektyvinti. Pirmiausia, modeliai užtikrina atsekamumą tarp reikalavimų, architektūros ir testavimo atvejų. Antra, modeliai suteikia formalų pagrindimą, o tai leidžia taikyti matematinius metodus analizei atlikti. Vienas iš žingsnių reikalavimų valdymo procese yra reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimas, kuris pasitelkiant modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos principus ir įvertinant esamų MBSE metodų ir kalbų įvairovę, nėra pakankamai ištirta ir išnaudota sritis. SysML yra modeliavimo kalba, o ne metodas ir yra tūkstančiai skirtingų būdų aprašyti sistemos reikalavimus. Tokiu atveju negali būti vieno universalaus metodo įvertinti sistemos reikalavimų specifikacijos išbaigtumą ir korektiškumą. Būtina pasirinkti tam tikrą su SysML suderintą metodą.

1.3. Teoriniai reikalavimų inžinerijos aspektai

Reikalavimų inžinerija yra inžinerinė disciplina, kuri išskiriama kaip viena iš svarbiausių bei kritiškiausių MBSE etapų. Nagrinėjant įvairius literatūrinius šaltinius susiduriama su reikalavimų inžinerijos sąvokų įvairove:

- reikalavimų inžinerija yra susijusi su realaus pasaulio tikslų, funkcijų ir apribojimų nustatymu sistemai [2];

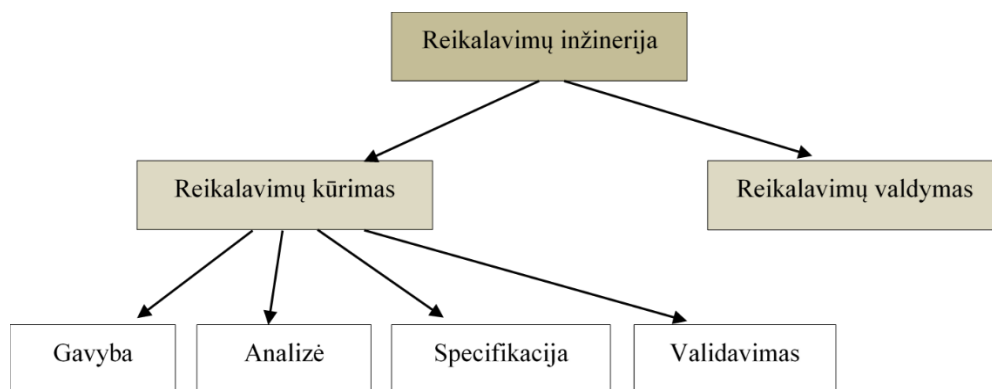
- programinės įrangos sistemų reikalavimų inžinerija yra procesas, kurio paskirtis identifikuoti suinteresuotus asmenis bei jų poreikius, užfiksuoti tai dokumente, kuris gali būti taikomas analizės, komunikavimo bei įgyvendinimo procese [3];
- reikalavimų inžinerija - tai veikla, skirta išsiaiškinti informacinės sistemos vartotojo poreikius, juos vienareikšmiškai ir tiksliai užregistruoti, sudarant reikalavimų sistemai specifikaciją, kuri toliau yra naudojama kuriant informacinę sistemą [4].

Paminėtus apibrėžimus sieja viena ir ta pati ideologija - reikalavimų inžinerija apima suinteresuotų asmenų poreikių suvokimą ir jų transformavimą į sistemos reikalavimus.

Sekančiuose poskyriuose analizuojama reikalavimų inžinerijos proceso sandara, detalizuojami reikalavimų kūrimo bei valdymo etapai.

1.3.1. Reikalavimų inžinerijos proceso sandara

Reikalavimų inžineriją priimta skaidyti į du pagrindinius procesus: reikalavimų kūrimą ir reikalavimų valdymą (1.1 pav.). Reikalavimų kūrimo procesas susideda iš keturių smulkesnių procesų: reikalavimų gavyba, analizė, specifikavimas ir validavimas [5].



1.1 pav. Reikalavimų inžinerijos struktūra

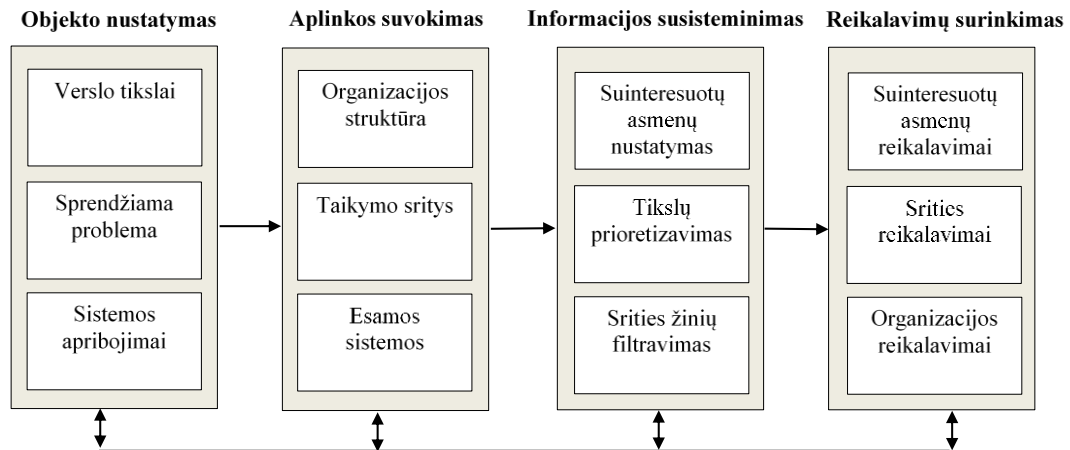
Toliau pateikiamas detalus reikalavimų kūrimo proceso ir jo sudedamųjų dalių aprašymas.

Reikalavimų gavyba

Reikalavimų gavybos procesas skirtas surinkti sistemos reikalavimus iš vartotojų, klientų ir kitų suinteresuotų asmenų [6]. Šis procesas sudarytas iš keturių pagrindinių etapų (1.2 pav.) [7]:

- **objekto nustatymas** – organizacinių tikslų, įskaitant bendrų verslo tikslų nustatymas, aprašoma sprendžiama problema bei nustatomos sistemos poreikio priežastys ir apribojimai;
- **aplinkos suvokimas** – pateikiama bendroji informacija apie organizacijos struktūrą, kur turi būti įdiegta sistema, sistemos taikymo sritys bei informacija apie egzistuojančias sistemas;

- **informacijos susisteminimas** – aplinkos suvokimo etape surinktų duomenų susisteminimas ir palyginimas;
- **reikalavimų surinkimas** – vykdoma suinteresuotų asmenų apklausa siekiant išgauti jų poreikius.



1.2 pav. Reikalavimų gavybos procesas

Dažniausiai naudojamos reikalavimų gavybos priemonės yra susitikimai arba interviu su suinteresuotais asmenimis. Reikalavimų gavyba yra reikalavimų inžinerijos proceso dalis po kurios atliekama reikalavimų analizė.

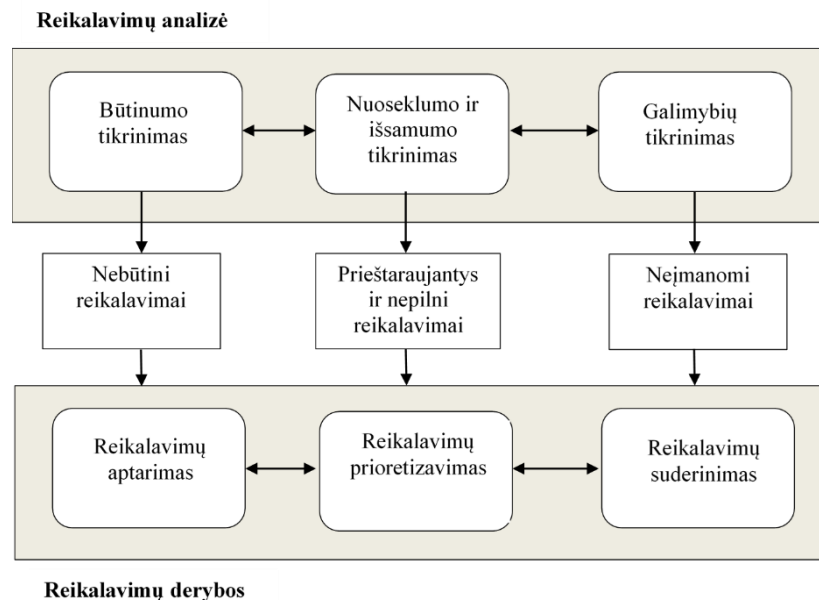
Reikalavimų analizė

Reikalavimų analizės procesas apima reikalavimų tikslinimą, siekiant užtikrinti, jog visi suinteresuoti asmenys suvoktų juos vienodai bei klaidų, dviprasmybių ar kitų neatitikimų nagrinėjimą. Analizės tikslas - parengti pakankamai kokybiškus ir tikslus reikalavimus, jog atsakingi asmenys galėtų parengti sistemos sąmatą, o techninis personalas galėtų tęsti projektavimo, konstravimo ir testavimo procesus [8].

Reikalavimų analizės procesas skaidomas į du etapus: reikalavimų analizę ir reikalavimų derinimą (1.3 pav.), kurios detalizuojamos į dar smulkesnius etapus [7]:

- **reikalingumo tikrinimas** – atliekama reikalavimų analizė, tikrinama ar visi reikalavimai susiję su organizacijos verslo tikslais ir konkrečiu sistemos problemos sprendimu;
- **nuoseklumo ir išbaigtumo tikrinimas** – atliekamas reikalavimų nuoseklumo bei išbaigtumo patikrinimas. Nuoseklumas tikrina ar nėra jokių prieštaringų reikalavimų, išbaigtumas – ar nėra apribojimo, kuris reikalingas, tačiau buvo praleistas;
- **galimybių tikrinimas** – reikalavimai yra tikrinami siekiant užtikrinti, jog jie neviršija biudžeto bei tvarkaraščio apribojimų;

- **reikalavimų aptarimas** – aptariami reikalavimai su suinteresuotais asmenimis, kurie buvo išskirti kaip probleminiai;
- **reikalavimų prioretizavimas** – aptariami reikalavimų prioritetai, siekiant nustatyti kritinius reikalavimus;
- **reikalavimų suderinimas** – priimami ir suderinami sprendimai skirti reikalavimų problemoms spręsti. Įprastai šis etapas susijęs su kai kurių reikalavimų pakeitimais.



1.3 pav. Reikalavimų analizės procesas

Reikalavimų analizės etapas yra glaudžiai susijęs su sisteminių ar programinės įrangos projektų sėkme ar nesėkme. Reikalavimai turi būti dokumentuojami, pagrįsti, išmatuojami, patikrinami, atsekami, susiję su nustatytais verslo poreikiais ar galimybėmis ir apibrėžti iki pakankamo detalumo lygio.

Reikalavimų specifikavimas

Reikalavimų specifikavimo esmė nuosekliai dokumentuoti skirtingų tipų reikalavimus. Naudotojų reikalavimai įprastai fiksuojami panaudojimo atvejų diagramomis. Išsamūs funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai fiksuojami sistemos reikalavimų specifikacijoje arba reikalavimų valdymo įrankyje [8].

Prasminga reikalavimus pateikti skirtingais būdais, pvz., tekstinėmis ir vaizdinėmis formomis arba forma, kurioje pateiktas reikalavimas ir jo atitikties kriterijus. Šie skirtingi atvaizdavimo būdai padeda suinteresuotiems asmenims pasiekti vieningos vizijos suvokimo.

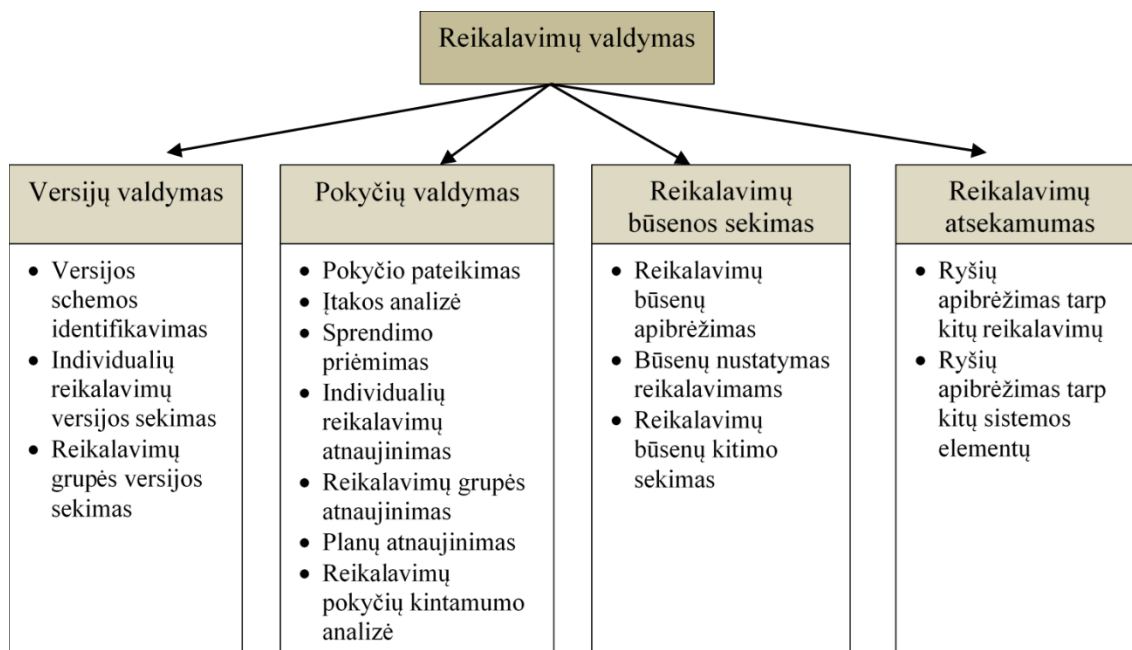
Reikalavimų validavimas

Reikalavimų validavimas yra pasikartojantis procesas, kuris vykdomas visą projekto gyvavimo ciklą. Gavybos, analizės ir specifikacijos etapuose nuolat tikslinama informacija, siekiant užtikrinti jos teisingumą. Tai užtikrina reikalavimų specifikacijos išsamumą bei nuoseklumą [8].

1.3.2. Reikalavimų valdymo procesas

Reikalavimų inžinerija, kaip minėta ankstesniame poskyryje, susideda iš reikalavimų kūrimo bei reikalavimų valdymo procesų. Šis poskyris skirtas detaliai apžvelgti reikalavimų valdymo proceso principus.

Reikalavimų valdymas apima visas veiklas, kurios padeda išsaugoti patvirtintų reikalavimų vientisumą bei tikslumą viso projekto vystymo eigoje [8]. Žemiau esančioje iliustracijoje pateiktos pagrindinės reikalavimų valdymo veiklos (1.4 pav.), kurios suskirstytos į keturias grupes: versijų kontrolė, pakeičių valdymas, reikalavimų būsenos sekimas ir reikalavimų atsekamumas.



1.4 pav. Reikalavimų valdymo veiklos

Toliau pateikiamas detalus reikalavimų valdymo proceso sudedamųjų dalių aprašymas.

1.3.2.1. Versijų valdymas

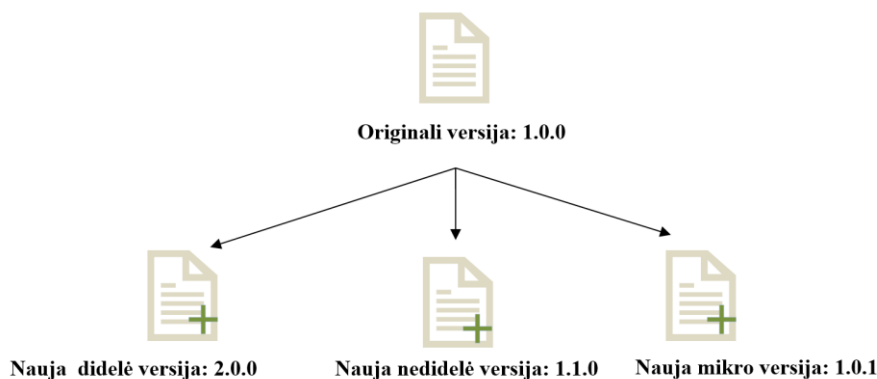
Versijų valdymas yra pakeičių valdymas dokumentuose, kompiuterinėse programose bei kitose informacijos rinkiniuose [9]. Versijų valdymo procesas susideda iš šių etapų:

- versijos identifikavimo schemas apibrėžimo;
- individualių reikalavimų versijų sekimo;
- reikalavimų rinkinių versijų sekimo.

Reikalavimų versijų kontrolė yra labai svarbi visame programinės įrangos ar sistemos gyvavimo cikle. Ji padeda sekti pokyčius ir nustatyti svarbiausius priimtus sprendimus.

Reikalavimų versija turi būti unikali. Kiekvienas komandos narys turi turėti prieigą prie naujausios versijos. Siekiant sumažinti nesusipratimų skaičių, rekomenduojama atnaujinti reikalavimus tik paskirtam asmeniui [8].

Paprasčiausias versijų valdymo mechanizmas yra rankiniu būdu ženklinti kiekvieną dokumento reviziją. Versijų identifikavimo schemas yra įvairios, dažniausiai dokumento pirmoji versija žymima: dokumento pavadinimas ir „Version 1.0 draft 1.“. Sekanti versija išlaiko tokį patį dokumento pavadinimą, o versija keičiama į “Version 1.0 draft 2.”. Galima naudotis ir trijų lygių versijos identifikavimo schema (1.5 pav.), kuri identifikuoja smulkius, vidutinius ir didelius pakeitimus.



1.5 pav. Versijos identifikavimo schema

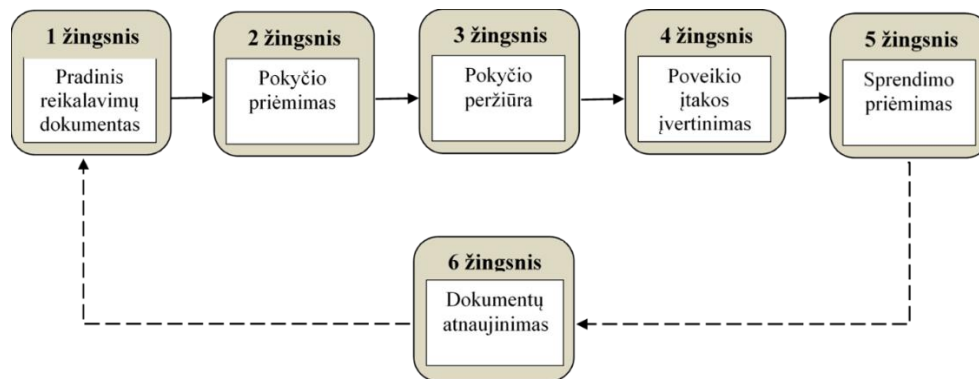
Naudojantis versijų identifikavimo schemomis lengva atpažinti pokyčius, tačiau tuo pačiu iš asmenų, kurie naudojami šiais privalumais reikalauja drausmės ir atidumo.

1.3.2.2. Pokyčių valdymas

Reikalavimų pokyčių valdymo procesas kontroliuoja reikalavimų pokyčius visą jų gyvavimo ciklą. Pagrindinės reikalavimų pokyčių valdymo veiklos yra pokyčių valdymas, pokyčių įtakos analizė ir vertinimas [10]. Pokyčių valdymo procesas susideda iš šių etapų:

- pakeitimų pateikimas;
- pokyčio įtakos analizė;
- sprendimo dėl pateikimo priėmimas;
- reikalavimų dokumentų atnaujinimas;
- reikalavimų plano atnaujinimas;
- reikalavimų pokyčių kintamumo analizė.

Dažniausiai standartinis pokyčių valdymo procesas egzistuoja visose organizacijose. Asmenys, kurie atsakingi už pokyčių valdymą, turi užtikrinti, jog po reikalavimų specifikacijos patvirtinimo, visi reikalavimų pakeitimai yra vykdomi laikantis nustatytos pokyčių valdymo proceso schemas. Žemiau pateikta pavyzdinė pokyčių valdymo proceso schema (1.6 pav.).



1.6 pav. Reikalavimų pokyčių valdymo procesas

1.3.2.3. Reikalavimų būsenos sekimas

Kiekvieno reikalavimo stebėjimas padeda išlaikyti aukštus projekto rezultatus bei yra lengviau planuoti sistemos ar programinės įrangos realizavimo etapus [11]. Reikalavimų būsenos sekimo procesas susideda iš šių etapų:

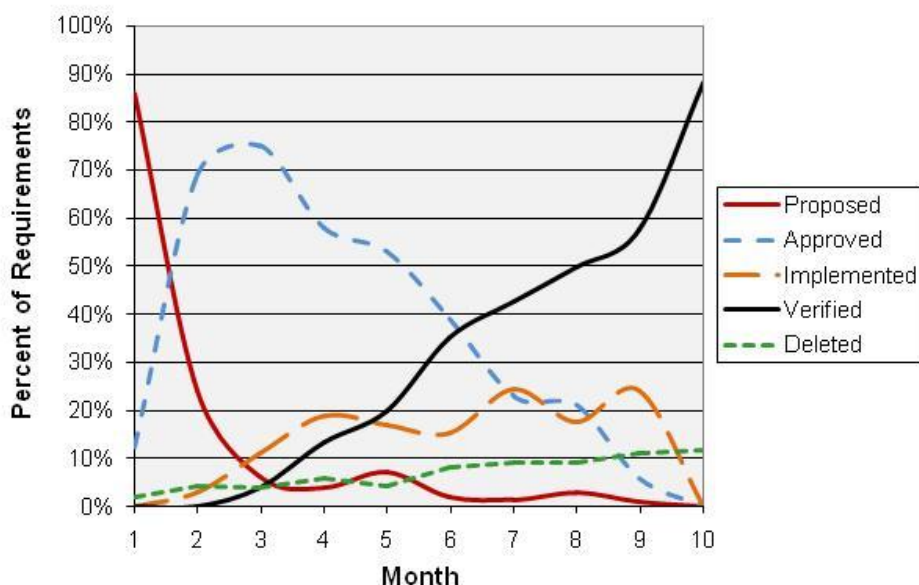
- apibrėžti galimas reikalavimų būsenas;
- priskirti būseną reikalavimui;
- sudaryti reikalavimų būsenų kitimo ataskaitas.

Žemiau esančioje lentelėje (1.1 lentelė) pateiktos rekomenduojamos reikalavimų būsenos [8].

1.1 lentelė Rekomenduotinos reikalavimų būsenos

Būsena	Apibrėžimas
Pasiūlytas	Reikalavimas buvo pasiūlytas.
Vykdomas	Verslo analitikas peržiūri reikalavimus.
Parengtas	Pradinė reikalavimo versija parengta.
Patvirtintas	Reikalavimas buvo išanalizuotas, jo įtaka projektui buvo įvertinta ir jis buvo įtrauktas į planą tam tikrai versijai. Suinteresuoti asmenys sutiko su reikalavimu, kūrimo grupė patvirtino realizavimą.
Realizuotas	Programinis kodas realizuojantis reikalavimą parašytas. Programinė įranga, kurioje realizuojamas reikalavimas paruoštas testavimui, peržiūrai ar kitoms veikloms.
Verifikuotas	Reikalavimo funkcionavimas buvo patvirtintas programinėje įrangoje.
Atidėtas	Patvirtintas reikalavimas įtraukiamas į sekančios programinės įrangos versijos diegimo paketą.
Ištrintas	Patvirtintas reikalavimas buvo išmestas iš planuojamos programinės įrangos versijos diegimo paketo.
Atmestas	Nepatvirtinto reikalavimo atmetimas.

1.7 pav. pateiktas grafikas, kuriame nurodyta procentinė dalis visų reikalavimų būsenų kiekvieno mėnesio pabaigoje. Kreivės parodo kaip projektas artėja prie tikslo bei verifikuotų reikalavimų kitimą.



1.7 pav. Reikalavimų būsenų pokytis laike

1.3.2.4. Reikalavimų atsekamumas

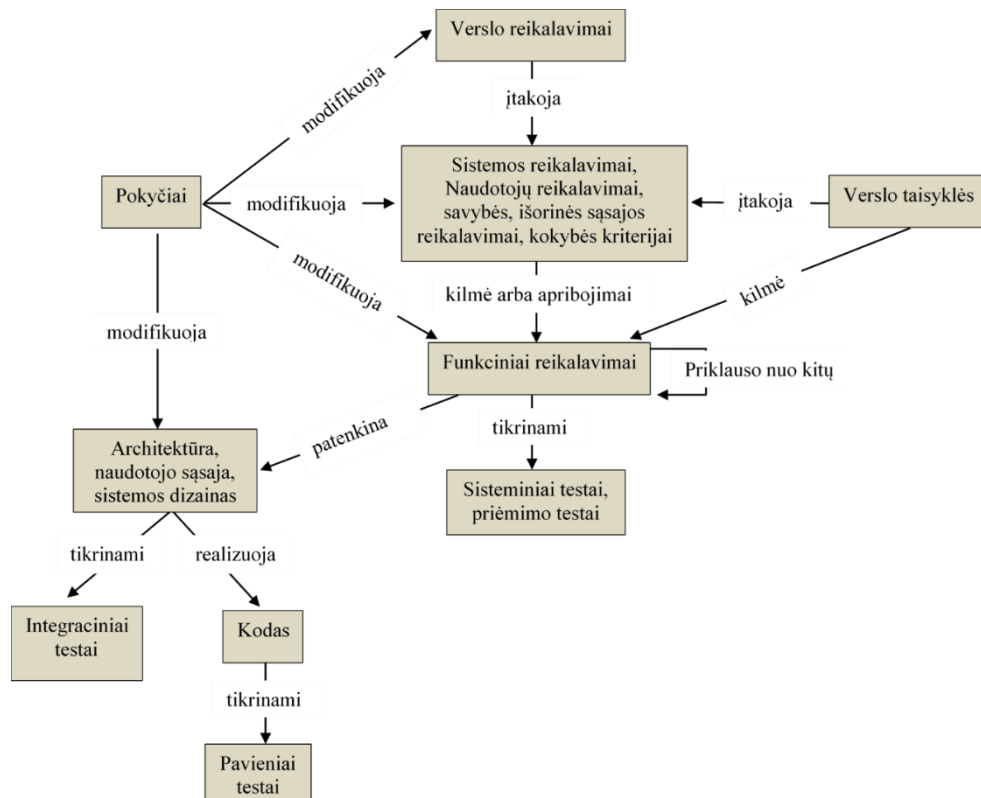
Siekiant užtikrinti aukštos kokybės reikalavimus bei tinkamą jų įgyvendinimą visose sistemos kūrimo gyvavimo ciklo etapuose gali prireikti atlikti aibę žingsnių. Reikalavimų atsekamumas užtikrina tinkamą reikalavimų susiejimą su sistemos rezultatų artefaktais, pvz. panaudojimo atvejais, testavimo atvejais ir t.t. [12].

Reikalavimų atsekamumas yra apibrėžiamas kaip „sugebėjimas apibrėžti ir sekti reikalavimą visą jo gyvavimo laiką pirmyn ir atgal kryptimis“ [13]. Reikalavimų atsekamumas susideda iš šių etapų:

- ryšių į kitus reikalavimus specifikavimo;
- ryšių į kitus sistemos elementus specifikavimo.

Atsekamumo ryšys yra tam tikra apibrėžta asociacija tarp artefaktų porų, vienas apima šaltinio artefaktą, kitas – tikslinį artefaktą [14]. Reikalavimo atsekamumo ryšiai gali būti labai įvairūs (

1.8 pav.). Tačiau nėra būtinas visų šių ryšių aprašymas bei valdymas viename projekte. Reiktų naudoti reikalavimų atsekamumo ryšius, kurie bus vertingi ir teiks naudą [8].



1.8 pav. Reikalavimų atsekamumo ryšiai

Reikalavimų atsekamumo įgyvendinimo privalumai [8]:

- dingusių reikalavimų suradimas - nustatomi sistemos reikalavimai, kurie neturi sąsajų su naudotojų reikalavimais;
- nereikalingų reikalavimų suradimas - nustatomi reikalavimai, kurie yra nereikalingi arba pertekliniai;
- pokyčių įtakos analizė – nustatoma reikalavimų pokyčio (pridėjimas, pašalinimas, modifikavimas) įtaką kitiems reikalavimams;
- testavimas - nepavykus testui, programuotojas gali atsekti galimos klaidos sritį pagal ryšius, tarp testo atvejo ir reikalavimo.

Daugelis šių privalumų teikia ilgalaikę naudą. Investicija į reikalavimų atsekamumą atsipirks kiekvieną kartą, kai reikės atlikti sistemos pakeitimus ar išplėtimą, nes kiekvienas reikalavimo ryšys bus identifikuotas.

1.4. Modeliavimų kalbų taikymas MBSE

Modeliavimo kalba yra vienas iš reikiamų aspektų sėkmingam MBSE taikymui praktikoje. Pasitelkiant modeliavimo kalbą išreiškiamos žinios, informacija, sistemos struktūros nuosekliai taikant apibrėžtas kalbos taisykles. Sistemų inžinerijoje taikomos skirtingos modeliavimo kalbos, priklausant

nuo modeliujamos srities ir objekto. Toliau pateikiami trumpi trijų plačiausiai naudojamų sistemų modeliavimo kalbų aprašymai bei modeliavimo kalbų lyginamosios analizės lentelė.

UML

UML - unifikauta modeliavimo kalba, kuri yra patvirtinta kaip standartas objektų valdymo grupės (angl. *Object Management Group*). UML naudojama specifiuoti, vizualizuoti ir dokumentuoti programinės įrangos sistemų modelius, įskaitant jų struktūrą ir dizainą. UML gali būti naudojama ir verslo modeliavimui ar kitų ne programinės įrangos sistemų modeliavimui. [15]

SysML

SysML - grafinė modeliavimo kalba skirta specifiuoti, analizuoti, projektuoti bei verifikuoti kompleksines sistemas. Šias sistemas gali apimti techninė ar programinė įranga, duomenys, personalas, procedūros ir kt. SysML yra UML išplėtimas naudojant UML profilius. UML kalbos išplėtimas buvo atliktas siekiant pritaikyti kalbą sistemų inžinerijos veikloje [17].

Vitech System Definition Language

Vitech System Definition Language (toliau - SDL) yra formali, struktūrizuota kalba. SDL yra elementas-ryšiai-atributas (angl. *Element-Relations-Attribute*) kalba, kuri papildyta grafinėmis struktūromis su semantine prasme. SDL kalba remiasi primityviais kalbos aspektais: elementais, ryšiais, atributais, atributų ryšiais, struktūromis [16].

1.2 lentelėje pateiktas modeliavimo kalbų palyginimas, kuris vertina funkcinių ir nefunkcinių reikalavimų palaikymą, reikalavimų atsekamumo ryšių palaikymą bei kalbos kaip standarto patvirtinimą.

1.2 lentelė Modeliavimo kalbų palyginimas

Kalba/Kriterijai	Standartas	Reikalavimų specifikavimas		Reikalavimų atsekamumo ryšiai
		Funkcinių reikalavimų palaikymas	Nefunkcinių reikalavimų palaikymas	
UML	+	+	-	-
SysML	+	+	+	+
Vitech SDL	-	+	+	+

Remiantis modeliavimo kalbų palyginimu, SysML modeliavimo kalba atitiko visus iškeltus vertinimo kriterijus, reikalingus reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodui parengti. Pasitelkiant SysML galima preciziškiau fiksuoti funkcinius bei nefunkcinius reikalavimus, kurių fiksavimas UML yra apribotas. UML modeliuose naudojama panaudojimo atvejų diagrama išryškina tik aukšto lygio funkcinius reikalavimus. Taip pat SysML yra pripažintas kaip modeliavimo kalbos standartas sistemos inžinerijoje bei yra plačiai naudojamas MBSE procese.

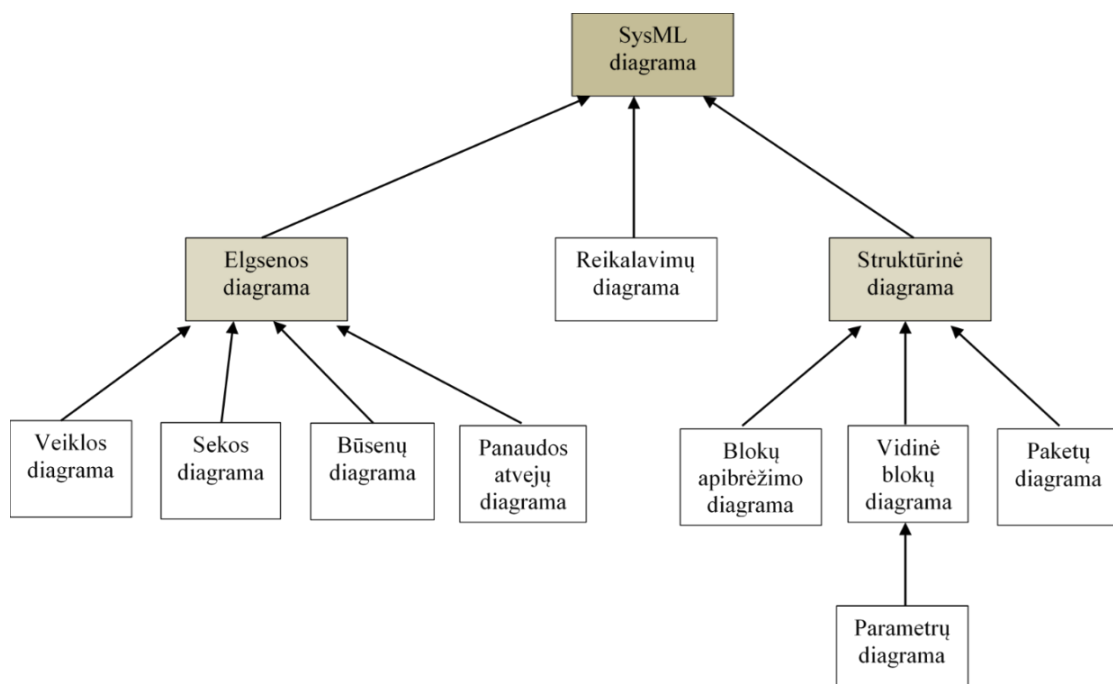
Sekančiame poskyryje plačiau apžvelgiama SysML, jos struktūra bei detalizuojama reikalavimų diagramos notacija.

1.4.1. SysML

Sistemų modeliavimo kalba pateikia grafinę notaciją su semantinėmis reikšmėmis modeliuojant sistemos reikalavimus, elgseną, struktūrą ir parametrus, kurie naudojami integruojantis su kitais sistemų modeliais. SysML apima įvairias bei tarpusavyje skirtingas diagramų rūšis, kurios skirstomos į keturis pagrindinius sistemos aspektus [17], [18]:

- **elgsenos** - apima panaudojimo atvejų, veiklos, sekų ir būsenų diagramas. Panaudojimo atvejų diagrama pateikia funkcionalumo aprašymą aukštame lygyje, kuris pasiekiamas per sąveiką tarp sistemų ar sistemos dalių. Veiklos diagrama reprezentuoja duomenų ir kontrolės sekas tarp veiksmų. Sekų diagrama atvaizduoja sąveiką tarp bendradarbiaujančių sistemos dalių. Būsenų diagrama apibūdina būsenų perėjimus bei veiksmus, kuriuos sistema ar jos dalys atlieka reaguojant į įvyki;
- **struktūros** – sistemos struktūrą reprezentuoja bloko apibrėžimo bei vidinės bloko diagramos. Bloko apibrėžimo diagrama nusako sistemos hierarchiją ir sistemos klasifikaciją. Vidinė bloko diagrama nusako vidinę sistemos struktūrą įskaitant jos dalis, perėjimus ir jungtis. Paketų diagrama naudojama susisteminti patį modelį;
- **parametrų** - nusako sistemos savybių apribojimus, tokius kaip našumas, patikimumas, saugumas ir t.t.;
- **reikalavimų** – tekstinių reikalavimų atvaizdavimas bei jų susiejimas su kitais modelio elementais. Reikalavimų diagrama plačiau detalizuojama 1.4.2 poskyryje.

SysML turi devynias diagramas (1.9 pav.), dalis jų yra analogiškos UML diagramoms.



1.9 pav. SysML diagramų taksonomija

Žemiau pateiktas susistemintas kiekvienos diagramos aprašas [19] [20] [21]:

- **paketų diagrama** – susistemunami modelio elementai pasitelkiant paketus bei nustatomi priklausomybės ryšiai tarp paketų ir (arba) modelio elementų;
- **reikalavimų diagrama** – atvaizduojami tekstiniai reikalavimai bei jų ryšiai tarp kitų reikalavimų, modelio elementų bei testavimo atvejų užtikrinant reikalavimų atsekamumą;
- **veiklos diagrama** – atvaizduojami veiksmų srautai, rodantys koku eiliškumu turi vykti įėjimas, išėjimas, kontrolė bei kaip veiksmai transformuojami iš įėjimo į išėjimo;
- **sekos diagrama** – atvaizduojamas žinutėmis grįstas elgesys, pranešimų mainai tarp sistemos ar jos dalių;
- **būsenų diagrama** – atvaizduojamas objekto elgesys, perėjimai tarp būsenų dėl įvykusių veiksmų;
- **panaudos atvejų diagrama** – atvaizduojamas sistemos funkcionalumas;
- **bloko apibrėžimo diagrama** – atvaizduojamas struktūrinių elementų, vadinamų blokais sudėtis bei klasifikacija. Apibrėžiamos bloko savybės bei ryšiai tarp bloko, tokie kaip asociacija, apibendrinimas, priklausomybė;
- **vidinė bloko diagrama** – atvaizduojamos sąsajos tarp bloko dalių;
- **Parametrų diagrama** – atvaizduojami apribojimai ypatybės reikšmei.

Diagramoje pateikiami pasirinkto sistemos modelio elementai. Tam tikri modelio elementai ir susiję simboliai (pvz., diagramos elementas) gali būti atvaizduojami diagramoje priklausant nuo diagramos tipo. SysML palaiko ir lenteles, kurios papildo diagramų atvaizdavimą.

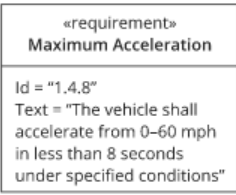




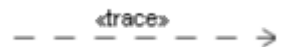



1.4.2. Reikalavimų diagrama

Vienas esminių skirtumų tarp UML ir SysML yra tas, jog SysML įgalina apibrėžti sistemos reikalavimus bei jų ryšius, ne tik su kitais reikalavimais, bet ir su kitais modelio artefaktais, tokiais kaip testavimo atvejais, sistemos blokais, kas leidžia užtikrina reikalavimų atsekamumą. Panaudojimo atvejų diagrama, kuri yra ir UML, yra tinkama užfiksuoti funkcinis reikalavimus, tačiau netinkama apibrėžti nefunkcinis reikalavimus. SysML suteikia galimybę fiksuoti įvairaus tipo reikalavimus juos aprašant reikalavimų diagramoje.

Reikalavimų diagramoje esantys septyni reikalavimų ryšiai susieja reikalavimus vieną su kitu arba su kitais modelio elementais. Šie ryšiai apibrėžia reikalavimų hierarchiją, išvestinius reikalavimus, patenkintus, verifikuotus bei patikslintus reikalavimus.

Žemiau esančioje lentelėje (1.3 lentelė) pateikta reikalavimų diagramos elementų notacija [22] , [23].

1.3 lentelė Reikalavimų diagramos notacija

Pavadinimas	Notacija	Aprašas
Reikalavimas		Galimybė arba sąlyga, kuri turi būti patenkinta. Standartinis SysML reikalavimas apima du parametrus: identifikatorių (ID) ir reikalavimo tekstą. Reikalavimas gali turėti papildomus parametrus tokius kaip, verifikavimo statusą, prioritetą ir t.t.
Išvestinis reikalavimas (angl. <i>Derive</i>)		Išvestinis reikalavimo ryšys nurodo, jog reikalavimas iš kurio ryšys išeina buvo išvestas iš reikalavimo į kurį ryšys įeina.
Sudėtinis ryšys (angl. <i>Composite</i>)		Ryšys naudojamas reikalavimams grupuoti. Šis ryšys leidžia reikalavimus suskaidyti į skirtingus hierarchinius lygius. Reikalavimų skaidymas į mažesnius bei paprastesnius padeda nustatyti atsekamumą bei parodo iš ko reikalavimas yra išvedamas, tai pat kaip jie yra patenkinami ir verifikuojami.
Verifikavimo ryšys (angl. <i>Verify</i>)		Ryšys apjungia testavimo atvejį su reikalavimu, kuris yra verifikuojamas susieto testavimo atvejo.
Tenkinimo ryšys (angl. <i>Satisfy</i>)		Ryšys apjungia reikalavimus su sistemos modelio elementais. Ryšys nurodo, jog konkretus modelio elementas realizuoja reikalavimą. Patenkinimo ryšys neįrodo fakto, kad reikalavimas yra realizuotas, tai parodo testavimo atvejai.
Atsekamumo ryšys (angl. <i>Trace</i>)		Ryšys apjungia reikalavimus su modelio elementais. Ryšys apibrėžia bendrinį ryšį dėl atsekamumo.
Kopijavimo ryšys (angl. <i>Copy</i>)		Ryšys parodo, jog reikalavimas yra kito reikalavimo kopija. Kopijuotas reikalavimas yra skaitinio tipo (angl. <i>Read Only</i>), tačiau turi unikalų identifikatorių bei gali turėti skirtingą pavadinimą.
Tikslinimo ryšys (angl. <i>Refine</i>)		Ryšys apjungia reikalavimus su modelio elementais, kurie tikslina reikalavimą. Dažniausiai apjungiami reikalavimai su panaudos bei veiklos diagramos elementais.
Testavimo atvejis		Testavimo atvejis yra veikla, patikrinanti ar sistema patenkina reikalavimus. Testavimo atvejis su reikalavimu apjungiamas verifikavimo ryšiu.

SysML suteikia galimybę atvaizduoti tekstu grįstus reikalavimus ne tik diagrama, bet ir lentele. Reikalavimų diagrama nėra patogi peržiūrėti dideliame reikalavimų kiekiui. Šiam atvejui tikslinga naudoti reikalavimų lentelę.

Reikalavimų modelis pateikia informaciją, kuri padeda nustatyti ar reikalavimai atitinka norimus kriterijus, tokius kaip vientisumas, teisingumas, glaustumas, atsekamumas, unikalumas ir t.t. Reikalavimų diagrama yra pagrindinė SysML terpė skirta reprezentuoti reikalavimų atsekamumą tarp reikalavimų ir sistemos struktūros ar elgsenos elementų.

1.5. Metodų taikymas MBSE

Sėkmingam MBSE naudojimui neužtenka pasirinkti tik modeliavimo kalbos ir įrankio, būtina pasirinkti tam tikrą su modeliavimo kalba suderintą metodą. Metodas turi nurodyti gaires kaip pradėti sistemos modeliavimą, kaip sukurti modelio struktūrą, kokius rodinius, artefaktus ir kokia eilės tvarka juos kurti [24].

Sistemų inžinerijos bendruomenė visame pasaulyje pripažino ir šiuo metu naudoja daugybę MBSE metodų. Toliau pateikiami trumpi keturių plačiausiai naudojamų MBSE metodų aprašymai bei MBSE metodų lyginamosios analizės lentelė.

IBM Rational Harmony for SE

Integruotų sistemų kūrimo metodas, kuris gali būti vaizduojamas klasikine „V“ diagrama. Kairė „V“ kojelė apibrėžia iš viršaus į apačią projektavimo etapus, dešinė „V“ kojelė apibrėžia iš apačios į viršų integracijos etapus. „Harmony“ rekomenduojamą modeliavimo eigą sudaro iteracijos susidedančios iš reikalavimų analizės, sistemos funkcinės analizės ir struktūros sintezės [25].

MBSE Grid

„MBSE Grid“ metodas nurodo, kaip tiksliai apibrėžti keturis pagrindinius sistemų inžinerijos aspektus: reikalavimus, sistemos struktūrą, sistemos elgseną ir parametrus, ir kaip valdyti skirtingus abstrakcijos lygmenis [26]. Metodas apibrėžia modeliavimo procesą, atskleidžia, kokie modelio elementai turėtų būti kuriami kiekviename sistemos specifikacijos ir projektavimo etapuose.

Object-Oriented Systems Engineering Methodology (OOSEM)

Ši metodika apjungia objektines technikas, modeliais grindžiamo projektavimo metodus ir kriklio stiliaus sistemų inžinerijos praktikas. OOSEM pagrindinės veiklos: analizuoti poreikius, apibrėžti sistemos reikalavimus, apibrėžti loginę architektūrą, sintezuoti priskirtas architektūras, optimizuoti ir įvertinti alternatyvas, verifikuoti ir tikrinti sistemas. Sistemų inžinerijoje pagrindinės OOSEM veiklos yra vykdomos keliomis iteracijomis [27].

Vitech MBSE Methodology

Šaltinio reikalavimai, elgsena, architektūra, verifikavimas ir validavimas - tai pagrindinės šios metodikos sritys [28]. Šioje metodikoje naudojama MBSE sistemos apibrėžimo kalba (angl. *System Definition Language*, SDL) valdyti modelio artefaktų sintaksę (struktūrą) ir semantiką (reikšmę), kuri gali būti nurodoma schemomis ar ontologija. „Vitech“ metodologija naudoja iteracijas, kurios vadinamos lygiais. Šie lygiai padeda išsamiai aprašyti sistemos specifikaciją, tačiau jie nesprendžia informacijos abstrakcijos valdymo problemos [29].

1.4 lentelėje pateiktas MBSE metodų palyginimas, kuris vertina ar metodas yra suderintas su SysML modeliavimo kalba, ar yra aiškiai apibrėžti abstrakcijos lygmenys, ar yra apibrėžti atsekamumo ryšiai tarp reikalavimų ir modelio elementų, ar yra apibrėžti modeliuojami aspektai bei artefaktai, kurie modeliuojami kiekviename etape.

1.4 lentelė MBSE metodų palyginimas

Metodas/Kriterijus	Suderintas su SysML	Apibrėžti			
		Abstrakcijos lygmenys	Atsekamumo ryšiai tarp reikalavimų ir kitų elementų	Aspektai	Artefaktai
IBM Rational Harmony for SE	+	-	+	+	-
MBSE Grid	+	+	+	+	+
OOSEM	+	-	+	-	+
Vitech MBSE Methodology	-	+	+	+	-

Remiantis MBSE metodų palyginimu, „MBSE Grid“ metodas atitiko visus iškeltus vertinimo kriterijus, reikalingus reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodui parengti. „MBSE Grid“ metodas aiškiai apibrėžia modeliavimo procesą, atskleidžia, kokie modeliai turėtų būti kuriami einant nuo aukščiausio iki žemiausio abstrakcijos lygmens bei pateikia atsekamumo ryšių valdymo taisykles tarp skirtingų abstrakcijos sluoksnių.

Sekančiame poskyryje pateikiamas „MBSE Grid“ metodo aprašymas bei jo sudėtinės dalys, struktūra.

1.5.1. „MBSE Grid“

„MBSE Grid“ – tai karkasas, kurio struktūra primena Zachman‘o matricą (1.10 pav.). „MBSE Grid“ tikslas - palengvinti modeliavimo procesą naudojantis SysML kalbą bei pašalinti dviprasmybes modeliavimo proceso žingsniuose [26]. Karkase esantys stulpeliai reprezentuoja keturis sistemos inžinerijos aspektus, eilutės – abstrakcijos lygmenis, langeliai vaizduoja skirtingus sistemos modelio etapus.

		Pillar			
		Requirements	Behavior	Structure	Parametrics
Layer of Abstraction	Problem	B1 Stakeholder Needs	B2 Use Cases	B3 System Context	B4 Measurements of Effectiveness
	White Box	W1 System Requirements	W2 Functional Analysis	W3 Logical Subsystems Communication	W4 MoEs of Subsystems
	Solution	S1 Component Requirements	S2 Component Behavior	S3 Component Structure	S4 Component Parameters

1.10 pav. „MBSE Grid” struktūra
(Šaltinis: [30])

„MBSE Grid” matricos stulpeliai. Keturi stulpeliai reprezentuoja pagrindinius keturis SysML aspektus: reikalavimai, sistemos struktūra, sistemos elgsena ir parametrai.

„MBSE Grid” matricos eilutės. Abstrakcijos lygiai [26]:

- pirmasis abstrakcijos lygis (angl. *Black Box*). Analizuojama kaip sistema sąveikauja su aplinka: žmonėmis, kitomis sistemomis. Identifikuojama, ką ji pasiima (angl. *Inputs*) ir ką atiduoda (angl. *Outputs*) nesigilinant į vidinę struktūrą. Atliekama veiklos analizė;
- antrasis abstrakcijos lygis (angl. *White Box*). Analizuojama kaip tarpusavyje sąveikauja sistemos loginiai posistemai (LP). Identifikuojama, ką kiekvienas LP pasiima iš kito LP ir ką atiduoda jam arba kitam LP. Sistema suskaidoma iki reikiamo detalumo lygio. Atliekama funkcinė analizė.

„MBSE Grid” matricos langeliai [30]:

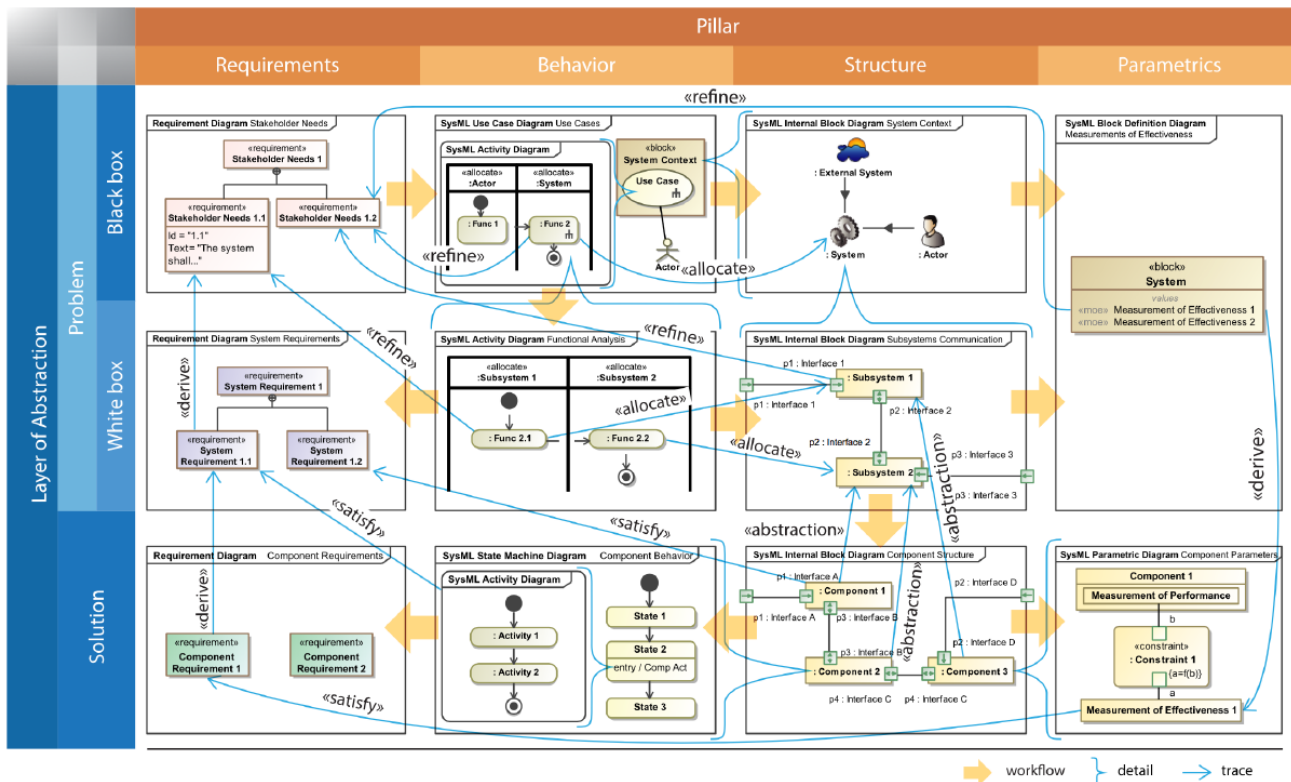
- **suinteresuotų asmenų poreikiai** (angl. *Stakeholder Needs*). Pateikiami suinteresuotų asmenų pirminiai sistemos reikalavimai, sistemai taikomi standartai ir nuostatai, vidinės įmonės procedūros ir kt. Suinteresuotų asmenų poreikiai modeliuojami reikalavimų diagramoje, kurioje jie užrašomi natūralia kalba. Vėlesniuose etapuose naudotojų reikalavimų tikslinimas formalizuoja bei struktūrizuoja reikalavimus;
- **panaudojimo atvejai** (angl. *Uses Cases*). Funkciniai suinteresuotųjų šalių poreikiai tikslinami panaudojimo atvejais (PA) ir jų scenarijais. Panaudojimo atvejis parodo, kokią naudą teikia sistema. PA scenarijus yra sistemos funkcionalumo aprašymas aukštame abstrakcijos lygyje;
- **sistemos kontekstas** (angl. *System Context*). Pateikiama aukštame abstrakcijos lygmenyje kaip sistema sąveikauja su aplinka. Kiekviena sistemos ir vartotojo sąveika

gali būti išsamiai aprašyta įvykių scenarijumi. Fiksuoti sistemos kontekstą yra naudojama vidinė bloko diagrama;

- **efektyvumo parametrai** (angl. *Measurements Of Effectiveness*). Tikslinami nefunkciniai suinteresuotųjų asmenų poreikiai. Pateikiamos sistemos skaitinės charakteristikos. Fiksuoti efektyvumo parametrus yra naudojama bloko diagrama;
- **sistemos reikalavimai** (angl. *System Requirements*). Pateikiami struktūrizuoti bei formalizuoti suinteresuotųjų asmenų poreikiai, kurie fiksuojami atlikus suinteresuotųjų asmenų poreikių, sistemos reikalavimų analizę;
- **funkcinė analizė** (angl. *Functional Analysis*). Tęsiama sistemos funkcijų, identifikuotų PA scenarijuje analizė. Padeda identifikuoti loginius sistemos posistemius;
- **loginių posistemių komunikacija** (angl. *Logical Subsystems Communication*). Pagal sistemos kontekstą yra identifikuojami loginės sąsajos tarp sistemos ir kitų konteksto dalyvių. Pagal atliktą funkcinę analizę, identifikuojami loginiai posistemiai. Specifikuojami, kaip loginiai posistemiai sąveikauja tarpusavyje per logines sąsajas. Loginiai posistemiai gali būti skaidomi iki reikiamo detalumo lygio;
- **efektyvumo parametrai posistemės** (angl. *Measurements Of Effectiveness For Subsystem*). Toliau tikslinami nefunkciniai suinteresuotųjų šalių poreikiai. Pateikiamos loginių posistemių skaitinės charakteristikos. Fiksuoti efektyvumo parametrus yra naudojama bloko diagrama;
- **komponento reikalavimai** (angl. *Component Requirements*). Pateikiami formalūs reikalavimai. Komponento reikalavimai yra išvestiniai reikalavimai iš sistemos reikalavimų;
- **komponento elgsena** (angl. *Component Behavior*). Pateikiama detali kiekvieno komponento elgsena, modeliuojant būsenas ir veiksmus;
- **komponento struktūra** (angl. *Component Structure*). Pateikiami fiziniai ryšiai, fizinės sąsajos su fiziniu komponentu;
- **komponento parametrai** (angl. *Component Parameters*). Fiksuojami fizinės charakteristikos kiekvieno komponento, priklausomybės tarp jų bei kaip tos fizinės charakteristikos padeda pasiekti efektyvumo parametrus, apibrėžtus probleminiame abstrakcijos lygmenyje.

1.11 pav. pateikti atsekamumo ryšiai tarp skirtingų „MBSE Grid” langeliuose esančių modelio elementų. Suinteresuotųjų asmenų poreikiai yra tikslinami funkcinės analizės metu detalizuotomis veiklomis, loginėmis posistemėmis ar parametrais. Sistemos reikalavimai yra išvestiniai iš suinteresuotųjų asmenų poreikių. Sistemos reikalavimai tenkinami komponentų veiklomis, struktūros

elementais ir komponentų parametrais. Paveiksle tarp langelių pateiktos oranžinės rodyklės nurodo galimą modeliavimo eigą.



1.11 pav. „MBSE Grid” atsekamumo ryšiai

(Šaltinis: 27th Annual INCOSE International Symposium konferencijos skaidrės „MBSE Grid“, 2017)

„MBSE Grid” apibrėžia modeliavimo procesą, atskleidžia, kokie modelio elementai turėtų būti kuriami kiekviename sistemos specifikacijos ir projektavimo etape bei paaiškina, kaip valdyti atsekamumo ryšius, tiek horizontaliuosius, tiek vertikaliuosius.

1.6. Reikalavimų specifikacija grindžiamas metrikų taikymas

Siekiant sumažinti klaidų nustatymo ir koregavimo riziką vėlyvoje sistemos kūrimo stadijoje, pageidautina nustatyti reikalavimų specifikacijų neatitikimus ankstyvajame sistemų inžinerijos etape. Klaidos atsiradusios reikalavimų inžinerijos etape dėl nenuoseklumo, neišbaigtumo ar dviprasmiškumo yra sunkiau ir brangiau ištaisomos nei tos, kurios atsiranda vėlesniame sistemos kūrimo etape [31]. Dažniausiai neatitikimai reikalavimų specifikacijoje atsiranda pažeidus jos korektiškumą arba iškraipius suinteresuotų asmenų poreikius. Reikalavimų specifikacijos korektiškumo ir išbaigtumo analizė padeda pašalinti galimus neatitikimus.

Metrikos naudojamos sistemos proceso matavimo kontekste. Jos yra labai svarbios, kai siekiama tikslumo, efektyvumo, o laikas yra ribotas. Kadangi reikalavimai yra sistemos inžinerijos pamatinė dalis, tad ši sritis yra viena iš geriausių metrikų taikymo terpių. Taikant metrikas yra sužinoma kokia pažanga atlikta, ar yra spragų susijusių su reikalavimais. Metrikų taikymas reikalavimų specifikacijos

rengimo metu leidžia stebėti situaciją ir laiku priimti reikiamus sprendimus, siekiant pagerinti reikalavimų specifikacijos kokybę bei neviršyti nustatytų laiko rėžių.

Sekančiame poskyryje apžvelgiama metrikų teikiama nauda, reikalavimų specifikacijos kokybės bei valdymo metrikos.

1.6.1. Reikalavimų specifikacijos kokybės metrikos

Aukštos kokybės reikalavimų specifikacija yra būtina sėkmingiems projektams. Reikalavimai yra kiekvieno projekto pradinis žingsnis, dėl šios priežasties būtina kiek galima anksčiau surinkti kokybiškus reikalavimus. Visi proceso etapai tiesiogiai ir netiesiogiai susiję su reikalavimų specifikacija. Naudojant matavimo priemones galima suprasti, kuris reikalavimas yra būtinas, vientisas ir korektiškas. Žemiau pateiktoje lentelėje (1.5 lentelė) nurodomos bendrinės reikalavimų specifikacijos kokybės metrikos [32] [33].

1.5 lentelė Reikalavimų specifikacijos kokybės metrikos

Metrika/Atributas	Formulė	Tikslas	Vertinimas
Vienareikšmis (angl. Unambiguous)	$Q = \frac{N_{ui}}{N_r}$	Reikalavimų procentinė išraiška, kuri buvo suprantama visų suinteresuotų asmenų vienodai	Arti nulio – nevienareikšmiai reikalavimai. Arti vieno – vienareikšmiai reikalavimai.
Korektiškumas (angl. Correct)	$Q = \frac{N_c}{N_r}$	Apskaičiuojama visų korektiškų reikalavimų procentinė išraiška	0 = neteisingas 1 = teisingas
Patikrinamumas (angl. Verifiable)	$Q = \frac{N_r}{N_r + \sum C(R_i) + \sum T(R_i)}$	Reikalavimų patikrinamumas	0 = nepatikrinami 1 = patikrinami
Suprantamumas (angl. Understandable)	$Q = \frac{N_{ur}}{N_r}$	Reikalavimų kiekis, kuris yra suprantamas visiems naudotojams.	0 = visi reikalavimai nesuprantami 1 = visi reikalavimai suprantami
Atsekamumas (angl. Traced)	-	Nustatomas reikalavimų atsekamumo lygis	-
Komentuojami	-	Pakomentuotų reikalavimų procentinė išraiška	-
Glaustumas	$Q = \frac{1}{Dydis + 1}$	Esant dviem vienodiems SRS dokumentams galima nustatyti geriausią	1 = Gera SRS. 0 = Bloga SRS.
Daugkartinis naudojimas	-	Reikalavimų specifikacijos daugkartinio panaudojimo nustatymas.	1 = SRS daugkartinio naudojimo 0 = nėra daugkartinio naudojimo

Metrika/Atributas	Formulė	Tikslas	Vertinimas
Nesidubliavimas	$Q = \frac{N_f}{N_u}$	Skaičiuoja unikalias funkcijas, kurios nesikartoja.	1 = nesidubliuoja 0 = dubliuojasi

čia N_{ui} – reikalavimų kiekis, kuris suprantamais visiems vienodai

N_r – reikalavimų kiekis

N_i – skatinamosios funkcijos įėjimas

N_s – funkcijos būsenos įėjimas

N_c – korektiškų reikalavimų kiekis

$C(R_i)$ – kaina reikalinga patikrinti reikalavimus

$T(R_i)$ – laikas reikalingas patikrinti reikalavimus

Dydis – puslapių kiekis

N_f – specifikuotų funkcijų kiekis

N_u – specifikuotų unikalių funkcijų kiekis

Viena iš bendrinių kokybės metrikų yra reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrika. Analizuojant mokslinę literatūrą atrandama daug darbų susijusių su reikalavimų korektiškumo analize ir jos įvertinimu. Tačiau didžioji dalis darbų yra taikytina nedidelei domeno sričiai arba konkrečiam įrankiui, kaip mikroelektromechaninei sistemai [34], struktūruotai reikalavimų specifikacijai aprašytai ReSA kalba [35], ontologija grįsta reikalavimų specifikacijos analizei [36].

Keletas autorių yra pateikę reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodologijas pasitelkiant UML modelius, kurie yra pritaikomi ir SysML modeliuose. Metoduose apibrėžtuose [37], [38], [39], [40], [41] naudojamos formalios technikos reikalavimų specifikacijos korektiškumo įvertinimui, kaip Objektas-Z [37], algebra [38], apibrėžta klasių ir elgsenos diagramų gramatika [39]. [40] aprašomas algoritmais paremtas metodas skirtas įvertinti korektiškumą tarp UML sekų ir būsenų diagramų, tuo tarpu [41] siūlo deklaratyvų metodą, naudojant proceso CSP algebrą korektiškumo vertinimui tarp UML sekų ir būsenų diagramų.

Atsekamumo ryšių taikymas siekiant įvertinti reikalavimų specifikacijos korektiškumą yra apibrėžtas [42], [43], [44], [45] publikacijose. [43] aprašo korektiškumo analizės metodą, kuris nustato reikalavimų neatitikimus. Šis metodas patikrina, ar reikalavimai yra nuoseklūs pirmyn ir atgal kryptimis. Neatitikimus, kurie nustatyti tarp reikalavimų ir struktūrinių elementų, siūloma registruoti į nenuoseklumo matricą. [45] metodas analizuoja atsekamumo ryšius tarp aukšto lygio reikalavimų, panaudojimo atvejų ir „juodos dėžės“ testavimo atvejų.

[46] publikacijoje siūlomas metrikų rinkinys pagrįstas reikalavimais ir UML struktūriniais modeliais, kuris taikomas objektiškai orientuotose sistemose. Siūloma matuoti struktūros modelių korektiškumo laipsnį atsižvelgiant į reikalavimus. Metrikos, apibrėžtos šiame metode yra pagrįstos dviejų skirtingų elementų susiejimo ryšiais, pvz. klasės ir veiklos.

Tačiau šioje srityje atliekami tyrimai turi labai mažai įrodymų, kad jie yra sėkmingai taikomi realiose organizacijose arba yra labai specifiniai dėl siauros taikymo srities ar konkrečių įrankių, kurie naudojami tyrimuose.

1.6.2. Reikalavimų valdymo metrikos

Neefektyvus reikalavimų valdymo procesas yra vienas iš pagrindinių projekto nesėkmių priežasčių. Projekto apimties nekontroliavimas ar neišbaigta reikalavimų specifikacija yra dažna projekto išlaidų ar projekto vėlavimo priežastis. Reikalavimo valdymo proceso metrikos pateikia reikalavimų specifikacijos būseną bei esamą progresą.

Reikalavimų atsekamumo metrikos

Atsekamumas suteikia galimybę atsekti reikalavimus nuo aukščiausio iki žemiausio lygio reikalavimų. Atsekamumas teikia informaciją, kuri padeda nustatyti, ar visi ryšiai ir priklausomybės yra nukreipti. Išskiriamos penkios reikalavimų atsekamumo metrikos [33]:

- **sekančio hierarchinio lygio padengimas** - pateikia kito reikalavimo hierarchinio lygmens (aukštesnis, žemesnis) padengimo reikalavimais kiekį. Ši metrika taip pat gali būti naudojama perteikti reikalavimų padengimą abejomis hierarchinėmis kryptimis;
- **pilnas gylio ir aukščio padengimas** – ši metrika panaši į sekančio hierarchinio lygio padengimą. Ši metrika atseka reikalavimus iki aukščiausio ir žemiausio hierarchinio lygmens vietoj vieno lygmens atsekimo;
- **nenuoseklus atsekamumo metrika** – pateikia reikalavimų kiekį specifikacijoje, kurie turi vieną nenuoseklų ryšį aukštyn ir žemyn kryptimis;
- **nenurodyto atsekamumo metrikos** - pateikia reikalavimų kiekį specifikacijoje, kurie neturi atsekamumo ryšių aukštyn ir žemyn kryptimis. Tėvinis reikalavimo hierarchijos;
- **ryšių statistikos metrikos** – matuoja atsekamumo ryšio sudėtingumo lygį. Skaičiuoja aukštesnio ar žemesnio hierarchinio lygio reikalavimų kiekį, susieto reikalavimo atžvilgiu.

Reikalavimų išsamumo metrikos

Reikalavimai išsamumo metrikos naudojamos siekiant įvertinti, ar reikalavimas yra teisingame hierarchijos lygyje ar nėra pernelyg sudėtingas. Reikalavimai išsamumo metrika yra naudojama žinoti, ar nurodyti reikalavimai buvo išskaidytas pakankamai [33].

Dydžio metrika

Dydis yra svarbi bei įprasta metrika matuojant reikalavimus. Panaudojimo atvejai gali būti laikomi vienu iš dydžio matu, kai jie yra naudojami aprašyti reikalavimus. Pavyzdžiui, panaudojimo

atvejų kiekis, padengiamų funkcijų kiekis ir t.t. Panaudojimo atvejų metrikos yra suskirstyti į 3 kategorijas [33]:

- dydžio metrikos – pateikia atominių veiksmų kiekį pagrindiniame sraute. Panaudojimo atvejų kiekis gali būti apibrėžiamas, skaičiuojant aktorius atsižvelgiant į jų sudėtingumą. Bendrinės dydžio metrikos [47] [48] pateiktos žemiau esančioje lentelėje (1.4 lentelė);
- aplinkos metrikos – tai veiksniai, kurie turi įtakos panaudojimo atvejų sudėtingumui. Aplinkos metrikos nepriklausomos nuo panaudojimo atvejų dydžio;
- sudėtinės metrikos – dydžio ir aplinkos sudėtinė metrika.

1.6 lentelė Bendrinės dydžio metrikos

Kategorija	Metrikos aprašymas
Veikla	Veiklų kiekis kiekvienam panaudos atvejui
	Pagrindinio srauto veiklų kiekis kiekvienam panaudos atvejui
	Veiklų kiekis kiekvienam aktoriui
	Alternatyvaus srauto veiklų kiekis kiekvienam panaudos atvejui
	Veiklų kiekis ilgiausiame kelyje tarp pirmosios ir paskutinės veiklos.
Aktorius	Ribų kiekis, kurie nesusiję su aktoriumi
	Ribų kiekis, kurie nesusiję su konkrečiu panaudos atveju
	Panaudos atvejų kiekis kiekvienam aktoriui
	Aktorių kiekis
	Veiklų kiekis kiekvienam aktoriui
Architektūriniai apribojimai	Reikalavimų kiekis, kurie apibūdina architektūrą ar algoritmus
Diagramos	Panaudos atvejų kiekis, kurie neaprašyti elgsenos diagramose
Realizavimo paketas	Funkcinių reikalavimų kiekis, kuris yra projekto realizavimo pakete
Reikalavimai	Reikalavimų kiekis pagal atsakomybes
	Testavimų atvejų kiekis kiekvienam reikalavimui
	Korektiškų reikalavimų kiekis
	Reikalavimų kiekis kiekvienam statusui
	Pokyčiai per reikalavimus
	Reikalavimų kiekis, kurie susieti su nesuderinamais reikalavimais
	Neužbaigtų reikalavimų kiekis
	Pradinių reikalavimų kiekis
	Reikalavimų kiekis
Reikalavimų pridėjimas	Reikalavimų kiekis, kurie buvo pridėti
Reikalavimų pokyčiai	Pokyčių kiekis
	Pokyčių kiekis kiekvienam reikalavimui
	Įtakotų reikalavimų kiekis per pokytį
	Pakitusių reikalavimų kiekis nuo patvirtinimo
Reikalavimų pašalinimas	Reikalavimų kiekis pašalintas per laikotarpį
Sekų diagrama	Sekų diagramų kiekis kiekvienam panaudos atvejui
Statusas	Reikalavimų kiekis kiekvienam statusui
	Panaudos atvejų kiekis kiekvienam statusui
Testavimo atvejai	Testavimo atvejų kiekis kiekvienam panaudos atvejui
Panaudos atvejai	Veiklų kiekis pagrindiniame sraute kiekvienam panaudos atvejui

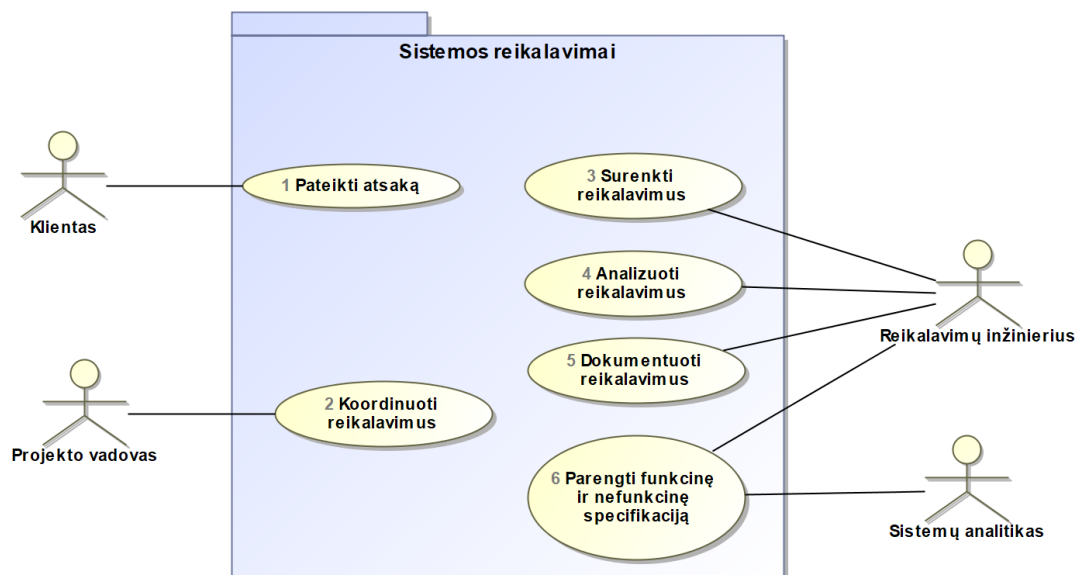
Kategorija	Metrikos aprašymas
	Veiklų kiekis kiekvienam panaudos atvejui
	Priklausomybių kiekis kiekvienam panaudos atvejui
	Panaudos atvejų kiekis kiekvienam aktoriui
	Panaudos atvejų kiekis
Dekompozicija	Reikalavimo dekompozicijos laipsnis
	Reikalavimų kiekis, kurie turi sekančio hierarchinio lygio padengimus.
	Reikalavimo hierarchinio lygmens (aukštesnis, žemesnis) padengimo reikalavimais kiekis
	Reikalavimo pilno hierarchinio lygmens padengimo reikalavimais kiekis
	Reikalavimų kiekis specifikacijoje, kurie turi vieną nenuoseklų ryšį aukštyn ir žemyn kryptimis
	Reikalavimų kiekis specifikacijoje, kurie neturi atsekamumo ryšių aukštyn ir žemyn kryptimis
	Aukštesnio ar žemesnio hierarchinio lygio reikalavimų kiekis, susietas reikalavimo atžvilgiu

Viena iš reikalavimų valdymo procesų veiklų yra reikalavimų išbaigtumo sekimas. Mokslinėse publikacijose atrandami keletas autorių siūlomų metodų, kurie naudoja formalias technikas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo įvertinimui. [36] publikacijoje aprašomas ontologijomis grįstas metodas skirtas reikalavimų specifikacijos išbaigtumui tikrinti. [49] aprašo metodiką, kuri remiasi tikslinių ir scenarijumi grįstų reikalavimų kiekybiniu įvertinimu. [50] aprašoma, kaip formalios kompozicinės savybės gali būti naudojamos išbaigtumo analizei atlikti.

Dalis publikacijų, kurios skirtos reikalavimų specifikacijos išbaigtumo įvertinimui, siūlo naudoti atsekamumo ryšius tarp reikalavimų ir kitų modelio elementų. Metodas pateiktas [51], skaičiuoja reikalavimų padengimą testavimo atvejais. [52] straipsnis apibūdina modeliais grįsta testavimo procesą nukreiptą į struktūrinį padengimą ir funkcinius reikalavimus.

1.7. Tyrimo objekto naudotojų analizė

1.12 pav. pateikti suinteresuoti asmenys bei pagrindinės jų atliekamos funkcijos modeliais grindžiamos reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo kontekste. Tyrimo objekte išskiriami keturi naudotojai: reikalavimų inžinierius, sistemų analitikas, projektų vadovas ir klientas.



1.12 pav. Tyrimo objekto naudotojai

Reikalavimų inžinierius yra atsakingas už reikalavimų surinkimą, jų analizę bei dokumentavimą. Sistemų analitikas bei reikalavimų inžinierius parengia funkcinę ir nefuncinę sistemos specifikaciją. Projektų vadovas koordinuoja reikalavimų etapą. Klientas pateikia pastabas, komentarus rengiamai reikalavimo specifikacijai bei tvirtina reikalavimų specifikaciją.

1.8. Analizės išvados

Atlikus analitinę dalį buvo nustatytos šios išvados:

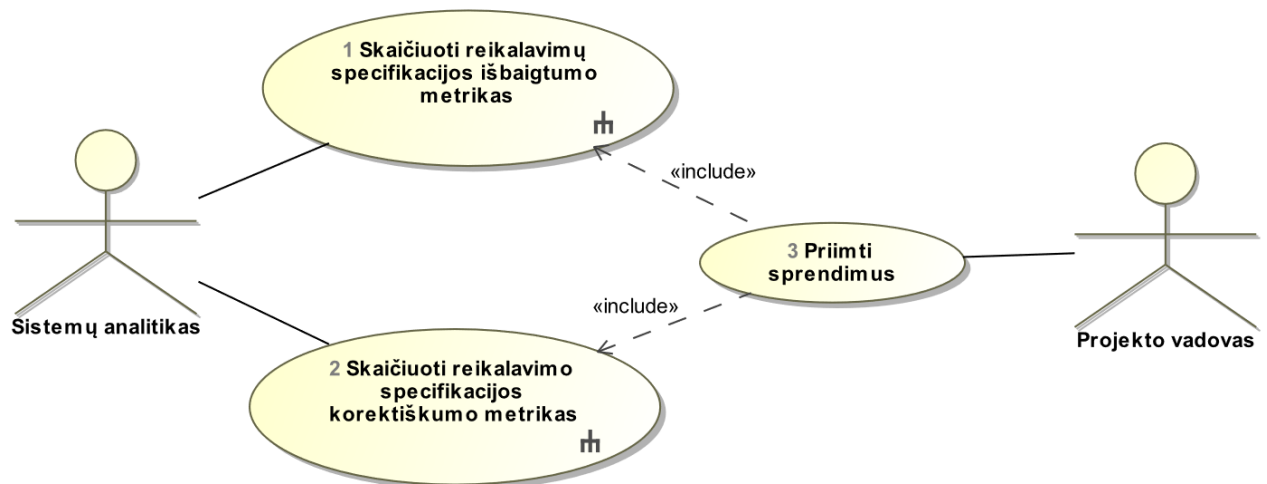
1. Išnagrinėjus reikalavimų valdymo procesą, modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos kontekste, buvo nustatyta, jog reikalavimų būsenos sekimas bei reikalavimų atsekamumas padeda užtikrinti aukštą reikalavimų specifikacijos kokybę visose sistemos kūrimo gyvavimo ciklo etapuose.
2. Atlikus esamų reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo metodų analizę nustatyta, jog nėra metodo, kuris apimtų visų reikalavimų specifikacijos rengimo etapų įvertinimą bei būtų pritaikomas modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos procese. Tai patvirtina, jog reikalingas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas modeliais grindžiamos sistemos inžinerijos procese.
3. Išnagrinėjus SysML ir „MBSE Grid” metodą buvo nustatytos reikalavimų padengimo metrikos nusakančios reikalavimų specifikacijos išbaigtumą bei korektiškumą: reikalavimų tikslinimas, tenkinimas, verifikavimas bei išvedimas. Reikalavimų tikslinimo ir padengimo metrikos smulkinamos į elgsenos, struktūros, parametrų. Pasitelkus nustatytas metrikas, galima nustatyti sistemos modelio išbaigtumą bei korektiškumą.

2. REIKALAVIMŲ SPECIFIKACIJOS IŠBAIGTUMO IR KOREKTIŠKUMO ĮVERTINIMO METODAS

Šiame skyriuje pateikti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodui iškelti reikalavimai, naudotojo sąsajos prototipai bei formalus šio metodo aprašymas.

2.1. Metodo reikalavimų specifikacija

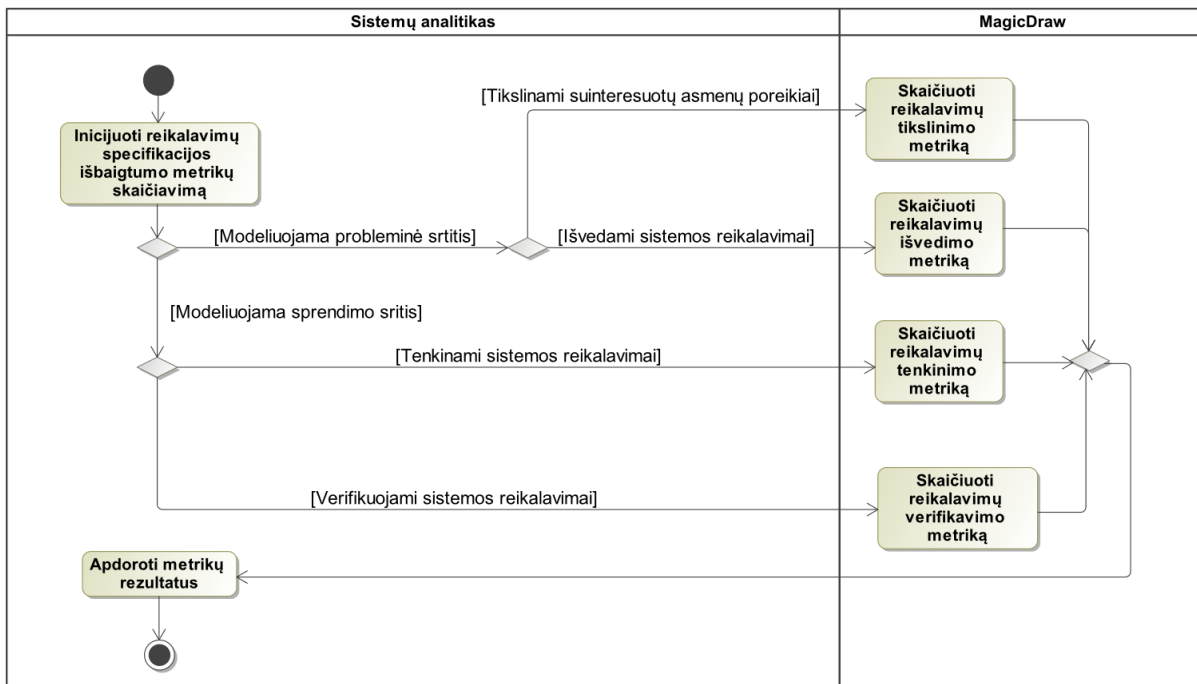
2.1 pav. pateikti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo panaudojimo atvejai. UML panaudojimo atvejų diagrama vaizduoja dvi pagrindines metrikų skaičiavimo sritis: reikalavimų specifikacijos išbaigtumo, reikalavimo specifikacijos korektiškumo. Projekto vadovas, priklausomai nuo reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo metrikų rezultatų, priima sprendimus.



2.1 pav. Metodo panaudojimo atvejai

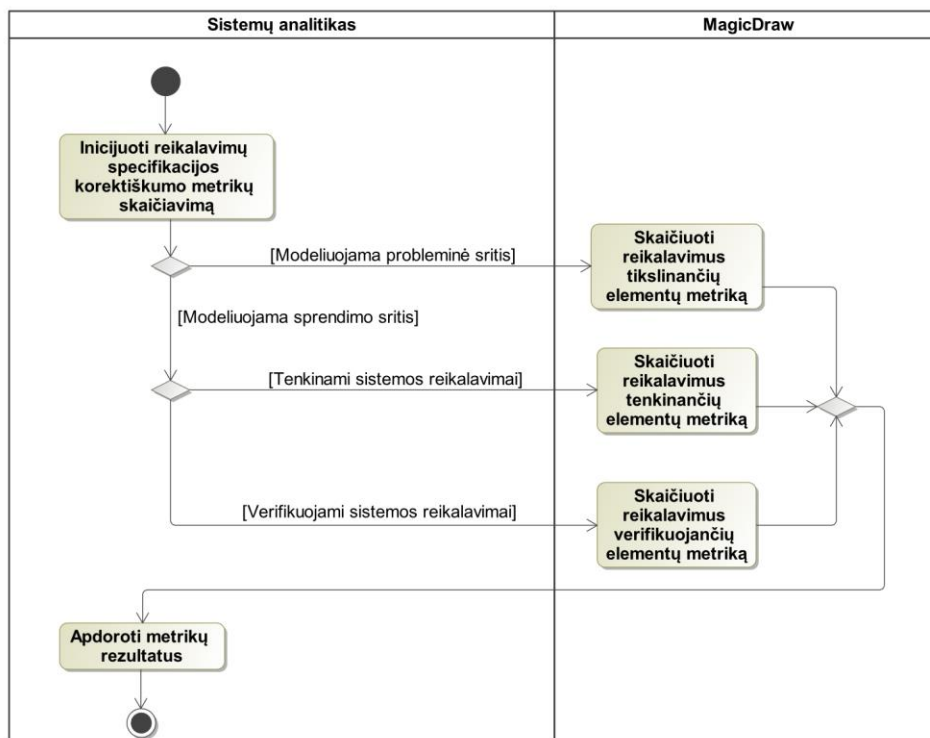
Toliau pateikiamos UML veiklos diagramos, kurios detalizuoja panaudojimo atvejus.

2.2 pav. pateikta panaudojimo atvejį „Skaičiuoti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikas“ detalizuojanti UML veiklos diagrama. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikų grupė apima reikalavimų tikslinimo, tenkinimo, išvedimo ir verifikavimo metrikų skaičiavimus.



2.2 pav. Panaudojimo atvejį „Skaiciuoti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikas“ detalizuojanti UML veiklos diagrama

2.3 pav. pateikta panaudojimo atvejį „Skaiciuoti reikalavimo specifikacijos korektiškumo metrikas“ detalizuojanti UML veiklos diagrama. Reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrikų grupė apima reikalavimus tikslinančių, tenkinančių ir verifikuojančių elementų metrikų skaičiavimus.



2.3 pav. Panaudojimo atvejį „Skaiciuoti reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrikas“ detalizuojanti UML veiklos diagrama

2.1 lentelėje pateikti reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo nefunkciniai reikalavimai, jų aprašymas ir reikalavimo pagrindimas.

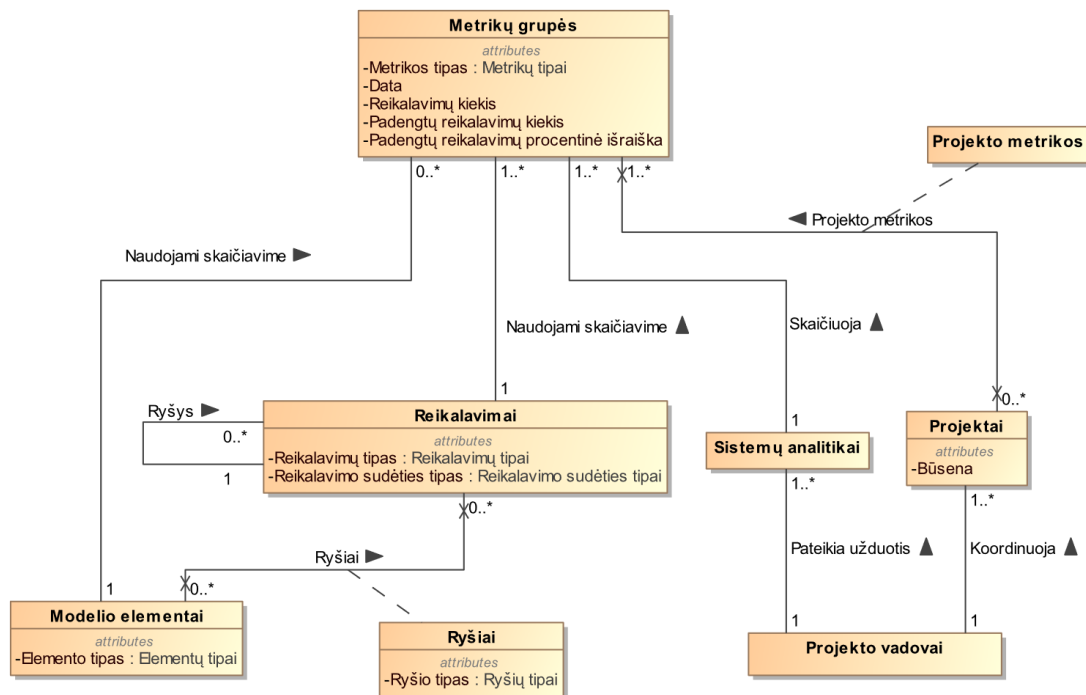
2.1 lentelė Nefunkciniai metodo reikalavimai

Nr.	Reikalavimas	Pagrindimas
1.	Metrikų duomenys turi būti pateiktos skaitinėmis ir procentinėmis išraiškomis.	Skaitinės ir procentinės išraiškos pasitelkiamos atlikti detalesnę metrikų analizę.
2.	Turi būti parengtas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo aprašymas.	Metodo naudotojai turi suprasti kaip naudotis parengtu metodu bei suvokti jo esminius principus.
3.	Metode naudojami metrikų apibrėžimai turi būti aprašyti ir paaiškinti.	Metodo naudotojai turi suprasti metode naudojamų metrikų apibrėžimus.

Remiantis reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo funkciniais reikalavimais (2.1 pav.) ir 2.1 lentelėje pateiktais metodo nefunkciniais reikalavimais, parengtas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos procese.

2.2. Metodo dalykinės srities esybių modelis

2.4 pav. pateiktas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo dalykinės srities esybių modelis. Jį sudaro septynios esybės: metrikų grupės, reikalavimai, modelio elementai, ryšiai, projektai, projekto vadovai, sistemų analitikai.



2.4 pav. Metodo dalykinės srities esybių modelis

Konkretus projektų vadovas koordinuoja bent vieną projektą bei pateikia užduotis bent vienam sistemų analitikui. Konkrečiam projektui gali būti paskirta bent viena metrikų grupė. Sistemų

analitikas gali inicijuoti bent vienos metrikų grupių skaičiavimus. Modelio elementai, reikalavimai ir ryšiai tarp jų yra naudojami metrikų skaičiavimuose. Konkretus modelio elementas gali turėti keletą ryšių su reikalavimais. Konkretus reikalavimas gali turėti keletą ryšių su modelio elementais. Konkretus reikalavimas gali turėti ryšius su kitais reikalavimais.

2.3. Naudotojų sąsaja

2.5 pav. pateikia „MagicDraw“ įrankyje naudojama metrikos lentelė, kuri skirta metrikų duomenų pateikimui.

#	Date	Requirements	Covered By Design Percentage	Covered By Design	Covered By Test Cases Percentage	Covered By Test Cases
1	2017.06.16 01.2830		40.00	12	3.33	1

2.5 pav. Metrikų lentelė „MagicDraw“ įrankyje

Toliau pateikiami reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metrikų lentelių prototipai, pasitelkiant „MagicDraw“ metrikų lentelės principus (2.5 pav.) ir „MBSE Grid“ metodo etapus.

2.6 pav. pateiktas reikalavimų tikslinimo metrikų lentelės prototipas. Šioje lentelėje pateikiamos suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimo metrikos. Lentelės stulpelis *Stakeholder Needs* nurodo suinteresuotų asmenų poreikių kiekį, kurie yra specifiuoti „MBSE Grid“ metodo B1 etape. Lentelės stulpelis *Refined* nurodo suinteresuotų asmenų poreikių kiekį, kurie yra patikslinti „MBSE Grid“ metodo antrajame abstrakcijos lygmenyje specifiuotais elementais, stulpelis *Refined Percentage* nurodo suinteresuotų asmenų poreikių patikslinimo procentinę išraišką.

#	Date	Stakeholder Needs B1	Refined	Refined Percentage

2.6 pav. Reikalavimų tikslinimo metrikų lentelės prototipas

2.7 pav. pateiktas reikalavimų tenkinimo metrikų lentelės prototipas. Šioje lentelėje pateikiamos sistemos reikalavimų tenkinimo metrikos. Lentelės stulpelis *System Functional Requirements* nurodo funkcinių sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra specifiuoti „MBSE Grid“ metodo W1 etape, stulpelis *Satisfied By Behavior* nurodo funkcinių sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra patenkinti „MBSE Grid“ metodo S2 etape specifiuotais elgsenos elementais, *Satisfied By Behavior Percentage* nurodo

funkcinių sistemos reikalavimų patenkinimo procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *System Physical Requirements* nurodo fizinių sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra specifikuoti „MBSE Grid” metodo W1 etape, stulpelis *Satisfied By Structure* pateikia fizinių sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra patenkinti „MBSE Grid” metodo S3 etape specifikuotais struktūriniais elementais, *Satisfied By Structure Percentage* nurodo fizinių sistemos reikalavimų patenkinimo procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *System Interface Requirements* nurodo sąsajos sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra specifikuoti „MBSE Grid” metodo W1 etape, stulpelis *Satisfied By Proxy Port* nurodo sąsajos sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra patenkinti „MBSE Grid” metodo S3 etape specifikuotais sąsajos elementais, *Satisfied By Proxy Port Percentage* nurodo sąsajos sistemos reikalavimų patenkinimo procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *System Performance Requirements* nurodo našumo sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra specifikuoti „MBSE Grid” metodo W1 etape, stulpelis *Satisfied By Parameter* nurodo našumo sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra patenkinti „MBSE Grid” metodo S4 etape specifikuotais parametrais, *Satisfied By Parameter Percentage* nurodo našumo sistemos reikalavimų patenkinimo procentinę išraišką.

#	Date	System Functional Requirements W1	Satisfied By Behavior S2	Satisfied By Behavior Percentage S2	System Physical Requirements W1	Satisfied By Structure S3	Satisfied By Structure Percentage S3	System Interface Requirements W1	Satisfied By Proxy Port S3	Satisfied By Proxy Port Percentage S3	System Performance Requirements W1	Satisfied By Parameter S4	Satisfied By Parameter Percentage S4

2.7 pav. Reikalavimų tenkinimo metrikų lentelės prototipas

2.8 pav. pateiktas reikalavimų išvedimo metrikų lentelės prototipas. Lentelės stulpelis *System Requirements* nurodo sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra specifikuoti „MBSE Grid” metodo W1 etape, stulpelis *Derived From Req* nurodo sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra išvesti iš suinteresuotų asmenų poreikių, specifikuotais „MBSE Grid” metodo B1 etape. *Derived From Req Percentage* nurodo išvestų sistemos reikalavimų procentinę išraišką.

#	Date	System Requirements W1	Derived From Req	Derived From Req Percentage

2.8 pav. Reikalavimų išvesties metrikų lentelės prototipas

2.9 pav. pateiktas reikalavimų padengimo metrikų lentelės prototipas. Reikalavimų padengimo metrikos atspindi „MBSE Grid” metodo pirmojo (*angl. Black Box - B*) ir antrojo abstrakcijos (*angl. White Box - W*) lygmens padengimą. Lentelės stulpelis *Stakeholder Needs* pateikia suinteresuotų asmenų poreikių kiekį, kurie yra specifikuoti „MBSE Grid” metodo B1 etape, stulpelis *Refined* pateikia suinteresuotų asmenų poreikių kiekį, kurie yra patikslinti „MBSE Grid” metodo W2, W3 ir W4 etapuose specifikuotais elementais, *Refined Percentage* nurodo suinteresuotų asmenų poreikių patikslinimo procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *System Requirements* pateikia sistemos reikalavimų

kiekį, kurie yra specifiukuoti „MBSE Grid” metodo W1 etape, stulpelis *Satisfied* pateikia sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra patenkinti „MBSE Grid” metodo S2, S3 ir S4 etapuose specifiukuotais elementais, *Satisfied Percentage* nurodo sistemos reikalavimų patenkinimo procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *Verified* pateikia sistemos reikalavimų kiekį, kurie yra verifikuoti testavimo elementais, *Verified Percentage* nurodo sistemos reikalavimų verifikavimo procentinę išraišką.

#	Date	Stakeholder Needs B1	Refined W	Refined Percentage W	System Requirements W1	Satisfied S	Satisfied Percentage S	Verified	Verified Percentage

2.9 pav. Reikalavimų padengimo metrikų lentelės prototipas

2.10 pav. pateiktas reikalavimus tikslinančių elementų metrikų lentelės prototipas. Šioje lentelėje pateikiamos suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elementų metrikos, kurios atspindi „MBSE Grid” metodo pirmąjį abstrakcijos lygmenį. Lentelės stulpelis *Behavior Element* nurodo elgsenos elementų kiekį, kurie yra specifiukuoti „MBSE Grid” metodo W2 etape, stulpelis *Refines Req* nurodo elgsenos elementų kiekį, kurie tikslina suinteresuotų asmenų poreikius, specifiukuotus „MBSE Grid” metodo B1 etape, *Refines Req Percentage* nurodo suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elgsenos elementų procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *Structure Element* nurodo struktūrinių elementų kiekį, kurie yra specifiukuoti „MBSE Grid” metodo W3 etape, stulpelis *Refines Req* nurodo struktūrinių elementų kiekį, kurie tikslina suinteresuotų asmenų poreikius, specifiukuotus „MBSE Grid” metodo B1 etape, *Refines Req Percentage* nurodo suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių struktūrinių elementų procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *Parameters Element* nurodo parametru kiekį, kurie yra specifiukuoti „MBSE Grid” metodo W4 etape, stulpelis *Refines Req* nurodo parametru kiekį, kurie tikslina suinteresuotų asmenų poreikius, specifiukuotus „MBSE Grid” metodo B1 etape, *Refines Req Percentage* nurodo suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių parametru procentinę išraišką.

#	Date	Behavior Element	Refines Req	Refines Req Percentage	Structure Element	Refines Req	Refines Req Percentage	Parameters	Refines Req	Refines Req Percentage

2.10 pav. Reikalavimus tikslinančių elementų metrikų lentelės prototipas

2.11 pav. pateiktas reikalavimus tenkinančių elementų metrikų lentelės prototipas. Šioje lentelėje pateikiamos sistemos reikalavimus tenkinančių elementų metrikos, kurios atspindi „MBSE Grid” metodo antrąjį abstrakcijos lygmenį. Lentelės stulpelis *Behavior Element* nurodo elgsenos elementų kiekį, kurie yra specifiukuoti „MBSE Grid” metodo S2 etape, stulpelis *Satisfies Req* nurodo elgsenos elementų kiekį, kurie tenkina funkcinius sistemos reikalavimus, specifiukuotus „MBSE Grid” metodo

W1 etape, *Satisfies Req Percentage* nurodo funkcinių sistemos reikalavimus tenkinančių elementų procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *Structure Element* nurodo struktūrinių elementų kiekį, kurie yra specifiuoti „MBSE Grid” metodo S3 etape, stulpelis *Satisfies Req* nurodo struktūrinių elementų kiekį, kurie tenkina fizinius sistemos reikalavimus, specifiuotus „MBSE Grid” metodo W1 etape, *Satisfies Req Percentage* nurodo fizinių sistemos reikalavimus tenkinančių elementų procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *Proxy Port Element* nurodo sąsajos elementų kiekį, kurie yra specifiuoti „MBSE Grid” metodo S3 etape, stulpelis *Satisfies Req* nurodo sąsajos elementų kiekį, kurie tenkina sąsajos sistemos reikalavimus, specifiuotus „MBSE Grid” metodo W1 etape, *Satisfies Req Percentage* nurodo sąsajos sistemos reikalavimus tenkinančių elementų procentinę išraišką. Lentelės stulpelis *Parameters Element* nurodo parametrų kiekį, kurie yra specifiuoti „MBSE Grid” metodo S4 etape, stulpelis *Satisfies Req* nurodo parametrų kiekį, kurie tenkina našumo sistemos reikalavimus, specifiuotus „MBSE Grid” metodo W1 etape, *Satisfies Req Percentage* nurodo našumo sistemos reikalavimus tenkinančių elementų procentinę išraišką.

#	Date	Behavior Element	Satisfies Req	Satisfies Req Percentage	Structure Element	Satisfies Req	Satisfies Req Percentage	Proxy Ports	Satisfies Req	Satisfies Req Percentage	Parameters	Satisfies Req	Satisfies Req Percentage

2.11 pav. Reikalavimus tenkinančių elementų metrikų lentelės prototipas

2.12 pav. pateiktas reikalavimus verifikuojančių elementų metrikų grupės lentelės prototipas. Lentelės stulpelis *Test Cases* nurodo testavimo atvejų kiekį, stulpelis *Verifies Req* pateikia testavimo atvejų kiekį, kurie verifikuoja sistemos reikalavimus, specifiuotus „MBSE Grid” metodo W1 etape, *Verifies Req Percentage* nurodo sistemos reikalavimus verifikuojančių elementų procentinę išraišką.

#	Date	Test Cases	Verifies Req	Verifies Req Percentage

2.12 pav. Reikalavimus verifikuojančių elementų metrikų lentelės prototipas

Sugeneruotus metrikų duomenis bus galima eksportuoti į .xlsx formato failą, grafiniam reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo būsenos įvertinimui.

2.4. Formalus metodo aprašas

Šiame poskyryje pateiktas formalizuotas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo metrikų aprašas.

2.4.1. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo įvertinimo metrikų formalizavimas

Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo įvertinimas apima keturias metrikų grupes: tikslinimo, tenkinimo, išvedimo, padengimo. Reikalavimų tenkinimo metrikos grupė vertina reikalavimų tenkinimą pagal keturias reikalavimų kategorijas: funkcinis, fizinis, sąsajos, našumo.

Reikalavimų tikslinimo metrikų grupės formalizavimas

Reikalavimų tikslinimo metrikų grupė skaičiuoja suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimą modelio elementais, kurie specifiukuoti antrame „MBSE Grid“ metodo abstrakcijos lygmenyje. Į metrikų skaičiavimus yra įtraukiami tik atominiai ir neišvestiniai suinteresuotų asmenų poreikiai.

$$RCM_{RB} = \text{count}(R_{UFR}); \quad (1)$$

čia RCM_{RB} – reikalavimų tikslinimo metrika

R_{UFR} – suinteresuotų asmenų atominių reikalavimų kiekis patikslintas modelio elementais

Reikalavimų tikslinimo modelio elementais procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$RCMP_{RB} = \frac{R_{UFR}}{R_{UF}} \times 100\%; \quad (2)$$

čia $RCMP_{RB}$ – reikalavimų tikslinimo modelio elementais procentinė metrika

R_{UFR} – suinteresuotų asmenų atominių reikalavimų kiekis patikslintas atominais modelio elementais

R_{UF} – suinteresuotų asmenų atominių reikalavimų kiekis

Reikalavimų tenkinimo metrikos formalizavimas

Reikalavimų tenkinimo metrikų grupė į skaičiavimus įtraukia sisteminius reikalavimus. Sisteminiai reikalavimai traktuojami tokiais, kurie yra atominiai bei yra išvestiniai iš suinteresuotų asmenų poreikių.

Reikalavimų tenkinimo elgsenos elementais metrika

Reikalavimų tenkinimo elgsenos elementais metrika skaičiuoja sisteminių funkcinių reikalavimų kiekį, kurie yra tenkinami atominais sisteminais veiksmo elementais (angl. *CallBehaviorAction*), kurie neturi stereotipo „BusinessAction“.

$$RCM_{SB} = \text{count}(R_{SFS}); \quad (3)$$

čia RCM_{SB} – reikalavimų tenkinimo elgsenos elementais metrika

R_{SFS} – sisteminių funkcinių reikalavimų kiekis patenkinantis elgsenos elementais

Reikalavimų tenkinimas elgsenos elementais procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$RCMP_{SB} = \frac{R_{SFS}}{R_{SF}} \times 100\%; \quad (4)$$

čia $RCMP_{SB}$ – reikalavimų tenkinimo elgsenos elementais procentinė metrika

R_{SFS} – sisteminių funkcinių reikalavimų kiekis patenkintas elgsenos elementais

R_{SF} – sisteminių funkcinių reikalavimų kiekis

Reikalavimų tenkinimo struktūriniais elementais metrika

Reikalavimų tenkinimo struktūriniais elementais metrika skaičiuoja sisteminių fizinių reikalavimų kieki, kurie yra tenkinami atominiais bloko elementais (stereotipas „Block“) ar bloko dalimis.

$$RCM_{SD} = \text{count}(R_{SPHS}); \quad (5)$$

čia RCM_{SD} – reikalavimų tenkinimo struktūriniais elementais metrika

R_{SPHS} – sisteminių fizinių reikalavimų kiekis patenkintas struktūriniais elementais

Reikalavimų tenkinimas struktūriniais elementais procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$RCMP_{SD} = \frac{R_{SPHS}}{R_{SPH}} \times 100\%; \quad (6)$$

čia $RCMP_{SD}$ – reikalavimų tenkinimo struktūriniais elementais procentinė metrika

R_{SPHS} – sisteminių fizinių reikalavimų kiekis patenkintas struktūriniais elementais

R_{SPH} – sisteminių fizinių reikalavimų kiekis

Reikalavimų tenkinimo sąsajos elementais metrika

Reikalavimų tenkinimo sąsajos elementais metrika skaičiuoja sisteminių sąsajos reikalavimų kieki, kurie yra patenkinti sąsajos elementais (stereotipas „Proxy Port“).

$$RCM_{SI} = \text{count}(R_{SIS}); \quad (7)$$

čia RCM_{SI} – reikalavimų patenkinimo sąsajos elementais metrika

R_{SIS} – sisteminių sąsajos reikalavimų kiekis patenkintas sąsajos elementais

Reikalavimų tenkinimas sąsajos elementais procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$RCMP_{SI} = \frac{R_{SIS}}{R_{SI}} \times 100\%; \quad (8)$$

čia $RCMP_{SI}$ – reikalavimų patenkinimo sąsajos elementais procentinė metrika

R_{SIS} – sisteminių sąsajos reikalavimų kiekis patenkintas sąsajos elementais

R_{SI} – sisteminių sąsajos reikalavimų kiekis

Reikalavimų tenkinimo parametrais metrika

Reikalavimų tenkinimo parametrais metrika skaičiuoja sisteminių našumo reikalavimų kieki, kurie yra tenkinami parametrais (stereotipas „Value“).

$$RCM_{SP} = \text{count}(R_{SPS}); \quad (9)$$

čia RCM_{SP} – reikalavimų patenkinimo parametrais metrika

R_{SPS} – sisteminių našumo reikalavimų kiekis patenkintas parametrais

Reikalavimų tenkinimas parametrais procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$RCMP_{SP} = \frac{R_{SPS}}{R_{SP}} \times 100\%; \quad (10)$$

čia $RCMP_{SP}$ – reikalavimų patenkinimo parametrais procentinė metrika

R_{SPS} – sisteminių našumo reikalavimų kiekis patenkintas parametrais

R_{SP} – sisteminių našumo reikalavimų kiekis

Reikalavimų išvedimo metrikos formalizavimas

Reikalavimų išvedimo metrika skaičiuoja sisteminių reikalavimų kieki, kuris yra išvestas iš suinteresuotų asmenų poreikų.

$$RCM_{SD} = \text{count}(R_{SD}); \quad (11)$$

čia RCM_{SD} – reikalavimų išvedimo metrika

R_{SD} – išvestų sisteminių reikalavimų kiekis

Reikalavimų išvedimo procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$RCMP_{SD} = \frac{R_{SD}}{R_S} \times 100\%; \quad (12)$$

čia $RCMP_{SD}$ – reikalavimų išvedimo procentinė metrika

R_{SD} – išvestų sisteminių reikalavimų kiekis

R_S – sisteminių reikalavimų kiekis

Reikalavimų padengimo metrikų formalizavimas

Reikalavimų padengimo metrikų grupė apskaičiuoja bendrąjį reikalavimų padengimą pagal abstrakcijos lygius nurodytus „MBSE Grid“ karkase.

Reikalavimų tenkinimo metrika

Bendroji reikalavimų tenkinimo metrika skaičiuoja atominių sisteminių reikalavimų tenkinimą atominiais sisteminiais veiksmo elementais (angl. CallBehaviorAction), kurie neturi stereotipo „BusinessAction“, atominiais bloko elementais (stereotipas „Block“), bloko dalimis, sąsajos elementais arba parametrais.

$$RCM_S = RCM_{SB} + RCM_{SD} + RCM_{SI} + RCM_{SP}; \quad (13)$$

čia RCM_S – reikalavimų tenkinimo metrika

RCM_{SB} – reikalavimų tenkinimo elgsenos elementais metrika

RCM_{SD} – reikalavimų tenkinimo struktūriniais elementais metrika

RCM_{SI} – reikalavimų tenkinimo sąsajos elementais metrika

RCM_{SP} – reikalavimų tenkinimo parametrais metrika

Reikalavimų tenkinimo procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$RCMP_S = \frac{RCM_S}{R_S} \times 100\%; \quad (14)$$

čia $RCMP_S$ – reikalavimų tenkinimo procentinė metrika

RCM_S – reikalavimų tenkinimo metrika

R_S – sisteminių reikalavimų kiekis

Reikalavimų verifikavimo metrika

Reikalavimų verifikavimo metrika skaičiuoja atominių sisteminių reikalavimų kiekį, kuris yra verifikuotas testavimo atvejais.

$$RCM_V = \text{count}(R_{SV}); \quad (15)$$

čia RCM_V – reikalavimų verifikavimo metrika

R_{SV} – sisteminių reikalavimų kiekis verifikuotų testavimo atvejais

Reikalavimų tenkinimas sąsajos elementais procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$RCMP_V = \frac{R_{SV}}{R_S} \times 100\%; \quad (16)$$

čia $RCMP_{SV}$ – reikalavimų verifikuotų testavimo atvejais procentinė metrika

R_{SV} – sisteminių reikalavimų kiekis verifikuotų testavimo atvejais

R_S – sisteminių reikalavimų kiekis

2.4.2. Reikalavimų specifikacijos korektiškumo įvertinimo metrikų formalizavimas

Reikalavimų specifikacijos korektiškumo įvertinimas apima tris metrikų grupes: tikslinimo, tenkinimo ir verifikavimo. Tikslinimo ir tenkinimo metrikos susmulkintos į grupes pagal SysML aspektus: elgsenos, struktūros, parametrų.

Modelio elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrikų formalizavimas

Modelio elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrikų grupė skaičiavimuose naudoja suinteresuotų asmenų poreikius. Suinteresuotų asmenų poreikiai traktuojami tokiais, kurie yra atominiai bei nėra išvestiniai iš kitų reikalavimų.

Elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika

Elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika skaičiuoja atominių elgsenos elementų kiekį, kurie tikslina atominius suinteresuotų asmenų poreikius. Į elgsenos elementų kiekį įtraukiami tik sisteminiai atominiai veiksmo elementai (angl. *CallBehaviorAction*), kurie neturi stereotipo „BusinessAction“.

$$MECM_{RB} = \text{count}(BE_{UFR}); \quad (17)$$

čia $MECM_{RB}$ – elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika
 BE_{UFR} – elgsenos elementų kiekis, kuris tikslina suinteresuotų asmenų poreikius

Elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$MECMP_{RB} = \frac{MECM_{RB}}{BE} \times 100\%; \quad (18)$$

čia $MECMP_{RB}$ – elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui procentinė metrika
 BE – elgsenos elementų kiekis

Struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika

Struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika skaičiuoja atominių struktūrinių elementų kiekį, kurie tikslina atominius suinteresuotų asmenų poreikius. Į struktūrinių elementų kiekį įtraukiami atominiai bloko elementai (stereotipas „Block“) ir bloko dalys.

$$MECM_{RD} = \text{count}(DE_{UPhR}); \quad (19)$$

čia $MECM_{RD}$ – struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika
 DE_{UPhR} – struktūrinių elementų kiekis, kuris tikslina suinteresuotų asmenų poreikius

Struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$MECMP_{RD} = \frac{MECM_{RD}}{DE} \times 100\%; \quad (20)$$

čia $MECMP_{RD}$ – struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tikslinimui procentinė metrika
 DE – struktūrinių elementų kiekis

Parametrų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika

Parametrų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika skaičiuoja parametrų kiekį, kurie tikslina atominius suinteresuotų asmenų poreikius.

$$MECM_{RP} = \text{count}(PE_{UPR}); \quad (21)$$

čia $MECM_{RP}$ – parametrų panaudojimo reikalavimų tikslinimui metrika
 PE_{UPR} – parametrų kiekis, kuris tikslina suinteresuotų asmenų poreikius

Parametrų panaudojimo reikalavimų tikslinimui procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$MECMP_{RP} = \frac{MECM_{RP}}{PE} \times 100\%; \quad (22)$$

čia $MECMP_{RP}$ – parametrų panaudojimo reikalavimų tikslinimui procentinė metrika

PE – parametrų kiekis

Modelio elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrikos formalizavimas

Modelio elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrikų grupė skaičiavimuose naudoja sisteminius reikalavimus. Sisteminiai reikalavimai traktuojami tokiais, kurie yra atominiai bei yra išvestiniai iš suinteresuotų asmenų poreikių.

Elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika

Elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika skaičiuoja elgsenos elementų kiekį, kurie tenkina atominius funkcinius sistemos reikalavimus. Į elgsenos elementų kiekį įtraukiami tik sisteminiai atominiai veiksmo elementai (angl. *CallBehaviorAction*), kurie neturi stereotipo „BusinessAction“.

$$MECM_{SB} = \text{count}(BE_{UFS}); \quad (23)$$

čia $MECM_{SB}$ – elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika

BE_{UFS} – elgsenos elementų kiekis, kuris tenkina sisteminius funkcinius reikalavimus

Elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$MECMP_{SB} = \frac{MECM_{SB}}{BE} \times 100\%; \quad (24)$$

čia $MECMP_{SB}$ – elgsenos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui procentinė metrika

BE – elgsenos elementų kiekis

Struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika

Struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika skaičiuoja atominių struktūrinių elementų kiekį, kurie tenkina atominius fizinius sisteminius reikalavimus. Į struktūrinių elementų kiekį įtraukiami atominiai bloko elementai (stereotipas „Block“) ir bloko dalys.

$$MECM_{SD} = \text{count}(DE_{UPhS}); \quad (25)$$

čia $MECM_{SD}$ – struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika

DE_{UPhS} – struktūrinių elementų kiekis, kuris tenkina sisteminius funkcinius reikalavimus

Struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$MECMP_{SD} = \frac{MECM_{SD}}{DE} \times 100\%; \quad (26)$$

čia $MECMP_{SD}$ – struktūrinių elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui procentinė metrika

DE – struktūrinių elementų kiekis

Sąsajos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika

Sąsajos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika skaičiuoja sąsajos elementų kiekį, kuris tenkina atominius sąsajos sisteminius reikalavimus. Į sąsajos elementų kiekį įtraukiami sąsajos elementai (stereotipas „Proxy Port“).

$$MECM_{SI} = \text{count}(IE_{UIS}); \quad (27)$$

čia $MECM_{SI}$ – sąsajos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika
 IE_{UIS} – sąsajos elementų kiekis, kuris tenkina sisteminius sąsajos reikalavimus

Sąsajos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$MECMP_{SI} = \frac{MECM_{SI}}{IE} \times 100\%; \quad (28)$$

čia $MECMP_{SI}$ – sąsajos elementų panaudojimo reikalavimų tenkinimui procentinė metrika
 IE – sąsajos elementų kiekis

Parametrų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika

Parametrų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika skaičiuoja parametrų kiekį, kuris tikslina atominius sisteminius našumo reikalavimus.

$$MECM_{SP} = \text{count}(PE_{UPS}); \quad (29)$$

čia $MECM_{SP}$ – parametrų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika
 PE_{UPS} – parametrų kiekis, kuris tenkina sisteminius našumo reikalavimus

Parametrų panaudojimo reikalavimų tenkinimui procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$MECMP_{SP} = \frac{MECM_{SP}}{PE} \times 100\%; \quad (30)$$

čia $MECMP_{SP}$ – parametrų panaudojimo reikalavimų tenkinimui procentinė metrika
 PE – parametrų kiekis

Testavimų atveju panaudojimo reikalavimų verifikavimui metrikos formalizavimas

Testavimų atveju panaudojimo reikalavimų verifikavimui metrikų grupė skaičiavimuose naudoja atominius sisteminius reikalavimus. Sisteminiai reikalavimai traktuojami tokiais, kurie yra atominiai bei yra išvestiniai iš suinteresuotų asmenų poreikių.

Testavimų atveju panaudojimo reikalavimų verifikavimui metrika

Testavimų atveju panaudojimo reikalavimų verifikavimui metrika skaičiuoja testavimų kiekį, kurie verifikuoja atominius sisteminius reikalavimus.

$$MECM_{VTC} = \text{count}(TCE_{SR}); \quad (31)$$

čia $MECM_{VTC}$ – parametų panaudojimo reikalavimų tenkinimui metrika

TCE_{SR} – testavimo atvejų kiekis, kuris verifikuoja sisteminius reikalavimus

Testavimų atvejų panaudojimo reikalavimų verifikavimui procentinės išraiškos formulė pateikta žemiau.

$$MECMP_{VTC} = \frac{MECM_{SP}}{PE} \times 100\%; \quad (32)$$

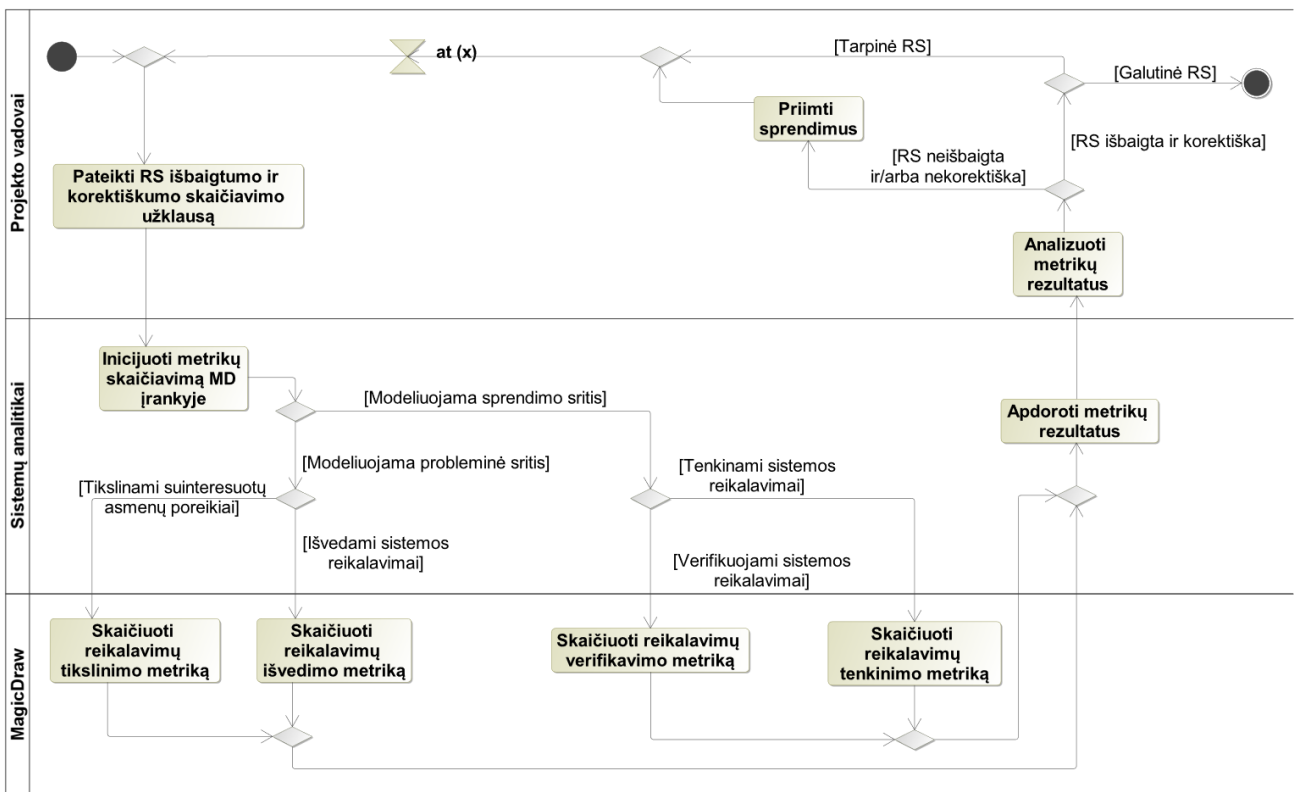
čia $MECMP_{VTC}$ – testavimo atvejų panaudojimo reikalavimų verifikavimui procentinė metrika

TCE – testavimo atvejų kiekis

2.5. Reikalavimo specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo aprašas

2.5.1. Apibendrintas metodo proceso aprašas

2.13 pav. pateiktas apibendrintas metodo procesas. Pateiktoje UML veiklos diagramoje pavaizduotas kaip metodo skaičiavimas bus vykdomas realioje situacijoje.



2.13 pav. Apibendrintas metodo procesas

2.2 lentelėje pateikta reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo proceso duomenų šrautai.

2.2 lentelė Metodo proceso duomenų šaltiniai

Nr.	Veiksmo pavadinimas	Įeinantys duomenų šaltiniai	Išeinantys duomenų šaltiniai
1.	Pateikti RS išbaigtumo ir korektiškumo metrikų skaičiavimo užklausa	-	-
2.	Inicijuoti metrikų skaičiavimą MD įrankyje	-	<ul style="list-style-type: none"> Suinteresuotų asmenų poreikiai Sistemos reikalavimai Modelio elementai Ryšiai tarp reikalavimų bei modelio elementų
3.	Skaičiuoti reikalavimų tikslinimo metriką	<ul style="list-style-type: none"> Suinteresuotų asmenų poreikiai Modelio elementai Tikslinimo ryšiai 	<ul style="list-style-type: none"> Reikalavimų tikslinimo metrikos rezultatai
4.	Skaičiuoti reikalavimų išvedimo metriką	<ul style="list-style-type: none"> Suinteresuotų asmenų poreikiai Sistemos reikalavimai Išvedimo ryšiai 	<ul style="list-style-type: none"> Reikalavimų išvedimo metrikos rezultatai
5.	Skaičiuoti reikalavimų tenkinimo metriką	<ul style="list-style-type: none"> Sistemos reikalavimai Modelio elementai Tenkinimo ryšiai 	<ul style="list-style-type: none"> Reikalavimų tenkinimo metrikos rezultatai
6.	Skaičiuoti reikalavimų verifikavimo metriką	<ul style="list-style-type: none"> Sistemos reikalavimai Testavimo atvejai Verifikavimo ryšiai 	<ul style="list-style-type: none"> Reikalavimų verifikavimo metrikos rezultatai
7.	Apdoroti metrikų rezultatus	<ul style="list-style-type: none"> Išvedimo metrika Tikslinimo metrika Tenkinimo metrika Verifikavimo metrika 	<ul style="list-style-type: none"> Grafinės metrikų diagramos
8.	Analizuoti metrikų rezultatus	<ul style="list-style-type: none"> Grafinės diagramos 	-
9.	Priimti sprendimus	-	-

2.5.2. Reikalavimų padengimo modelio elementais detalus aprašas

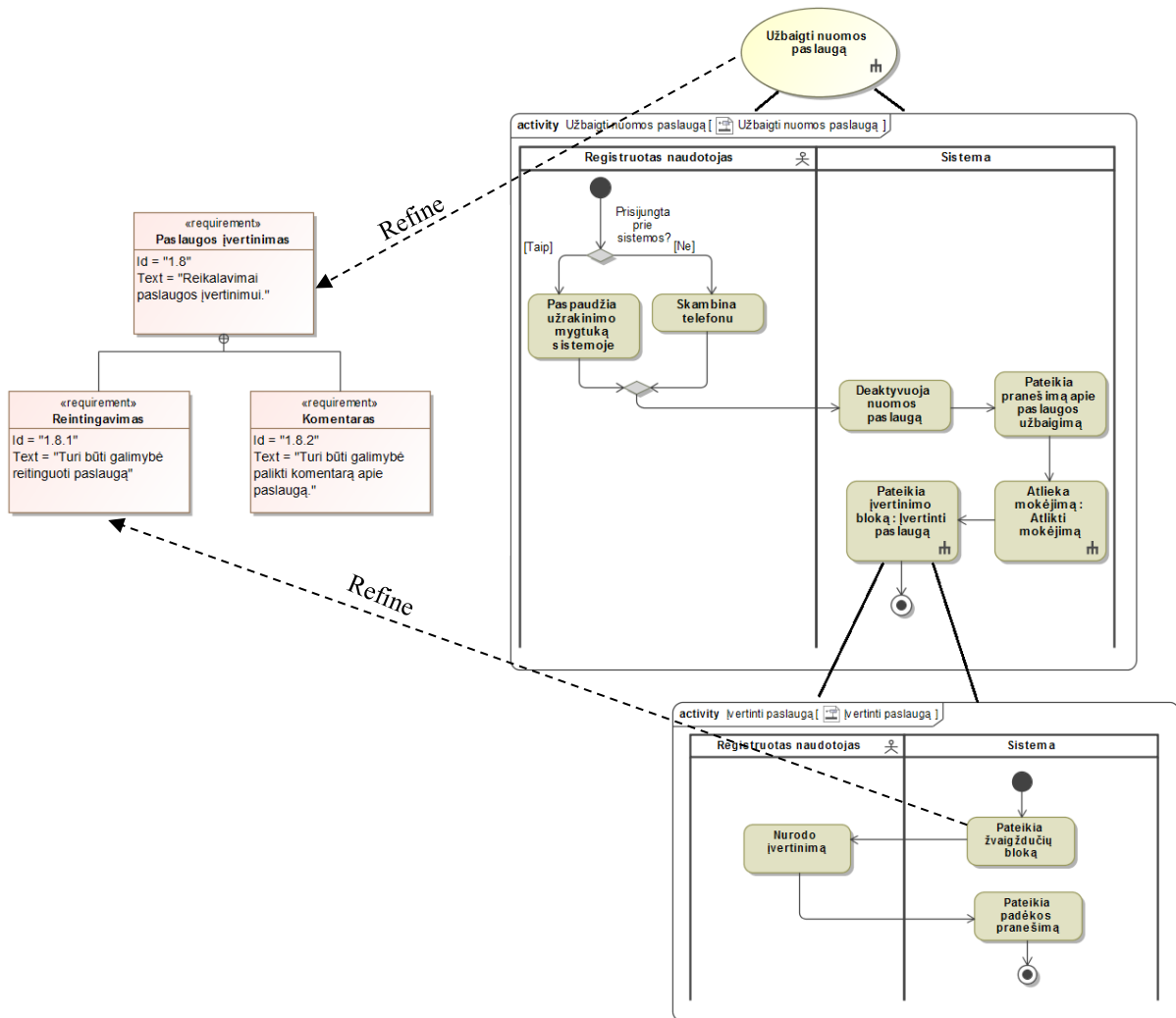
Šiame poskyryje pateikti detalūs reikalavimų padengimo modelio elementais atvejai, apimantys penkias grupes:

- Reikalavimų padengimas elgsenos elementais
- Reikalavimų padengimas struktūriniais elementais
- Reikalavimų padengimas sąsajos elementais
- Reikalavimų padengimas parametrais
- Sistemos reikalavimų išvedimas iš naudotojų reikalavimų

Toliau pateikti reikalavimų padengimo modelio elementais atvejai, trumpas aprašas bei metrikų skaičiavimų įvertinimas.

Suinteresuotų asmenų poreikių padengimas elgsenos elementais

Panaudojimo atvejis „Užbaigti nuomos paslauga“, kuris yra detalizuotas veiklos diagrama, tikslina sudėtinį suinteresuotų asmenų poreikį „1.8 Paslaugos įvertinimas“. Veiksmas „Pateikia žvaigždučių bloką“, kuris yra veiklos „Pateikia įvertinimo bloką“ veiksmas tikslina atominį suinteresuotų asmenų poreikį „1.8.1 Reitingavimas“ (2.14 pav.).



2.14 pav. Sudėtinio ir atominio suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimas elgsenos elementais

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 2.14 pav. atvejį taikant akląjį skaičiavimą, kai įtraukiami į skaičiavimą tikslinimo ryšiai esantys tarp skirtingų abstrakcijos lygmenų.

2.3 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 2.14 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	1.8.1, 1.8.2	100%

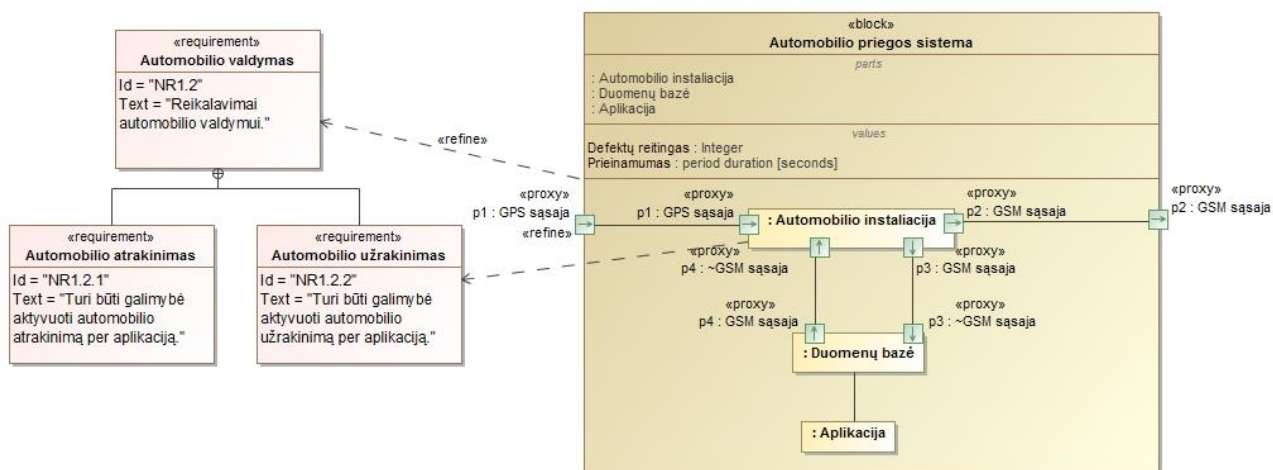
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 2.14 pav. atvejį taikant loginį skaičiavimą, remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

2.4 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 2.14 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	1.8.1	50%

Suinteresuotų asmenų poreikių padengimas struktūriniais elementais

Blokas „Automobilio prieigos sistema“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Blokas „Automobilio prieigos sistema“ tikslina sudėtinį suinteresuotų asmenų poreikį „NR1.2 Automobilio valdymas“. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Automobilio instaliacija“ tikslina atominį suinteresuotų asmenų poreikį „NR1.2.2 Automobilio užrakinimas“ (2.15 pav.).



2.15 pav. Sudėtinio ir atominio suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimas bloko ir vidinėmis bloko dalimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 2.15 pav. atvejį taikant akląjį skaičiavimą, kai įtraukiami į skaičiavimą tikslinimo ryšiai esantys tarp skirtingų abstrakcijos lygmenų.

2.5 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 2.15 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.2.1, NR1.2.2	100%

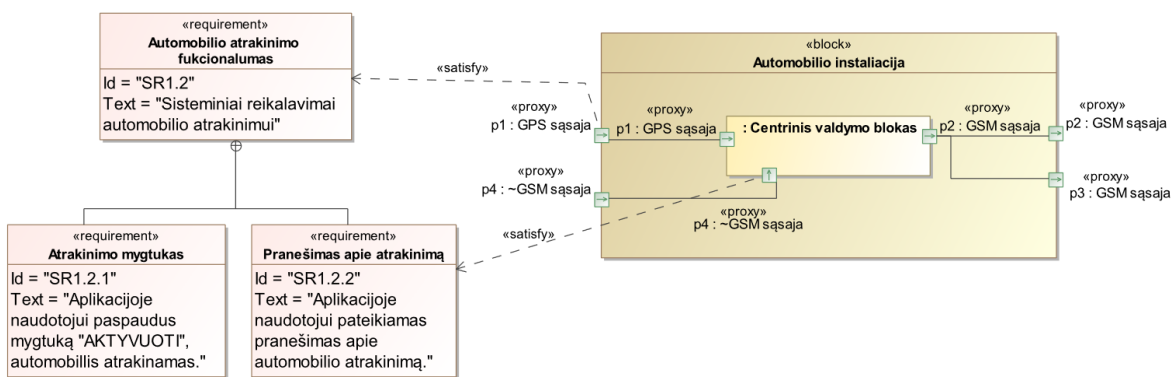
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 2.15 pav. atvejį taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

2.6 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 2.15 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.2.2	50%

Sistemos reikalavimų padengimas sąsajos elementais

Blokas „Automobilio instaliacija“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Centrinis valdymo blokas“ turi jungtį “p4 : GSM sąsaja”, kuri tenkina atominių sistemos reikalavimą „SR1.2.2 Pranešimas apie atrakinimą“. Bloko „Automobilio instaliacija“ jungtis „p1 : GPS sąsaja“ tenkina sudėtinį sistemos reikalavimą „SR1.2 Automobilio atrakinimo funkcionalumas“ (2.16 pav.).



2.16 pav. Atominio ir sudėtinio sistemos reikalavimų tikslinimas bloko ir vidinėmis bloko jungtimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 2.16 pav. atvejį taikant akląjį skaičiavimą, kai įtraukiami į skaičiavimą tenkinimo ryšiai esantys tarp skirtingų abstrakcijos lygmenų.

2.7 lentelė. Tenkinimo suvestinė pagal 2.16 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	SR1.2.1, SR1.2.2	100%

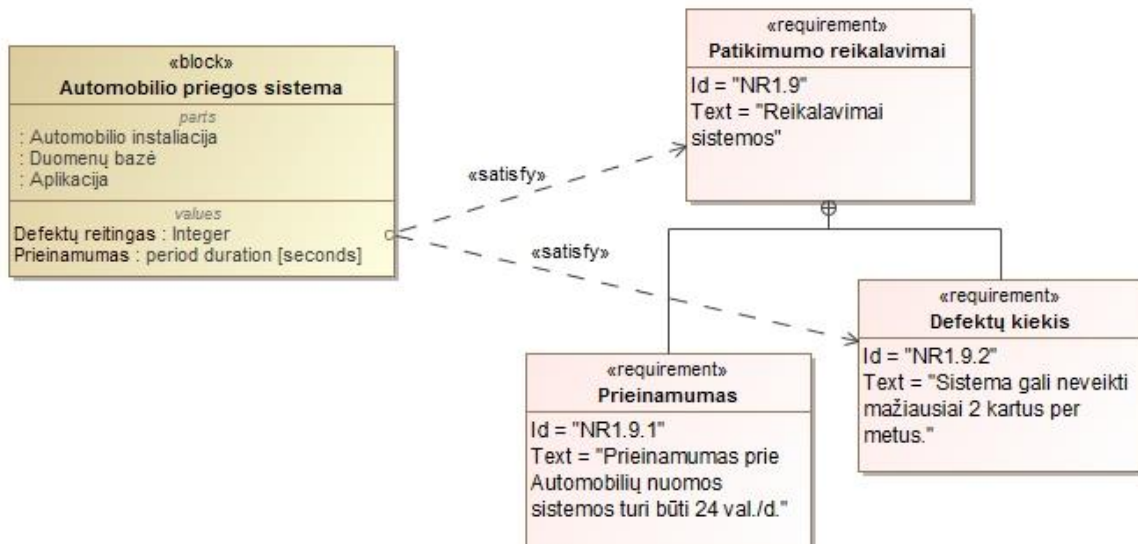
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 2.16 pav. atvejį taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

2.8 lentelė. Tenkinimo suvestinė pagal 2.16 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

Sistemos reikalavimų padengimas parametrais

Bloko „Automobilio prieigos sistema“ parametras „Defektų reitingas“ tenkina sudėtinį sistemos reikalavimą „NR1.9 Patikimumo reikalavimai“ bei atominį sistemos reikalavimą „NR1.9.2 Defektų kiekis“ (2.17 pav.).



2.17 pav. Sudėtinio ir atominio suinteresuotų asmenų poreikių tenkinimas parametrais

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 2.17 pav. atvejį, taikant akląją skaičiavimą, kai įtraukiami į skaičiavimą tenkinimo ryšiai esantys tarp skirtingų abstrakcijos lygmenų.

2.9 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 2.17 pav. taikant akląją skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.9.1, NR1.9.2	100%

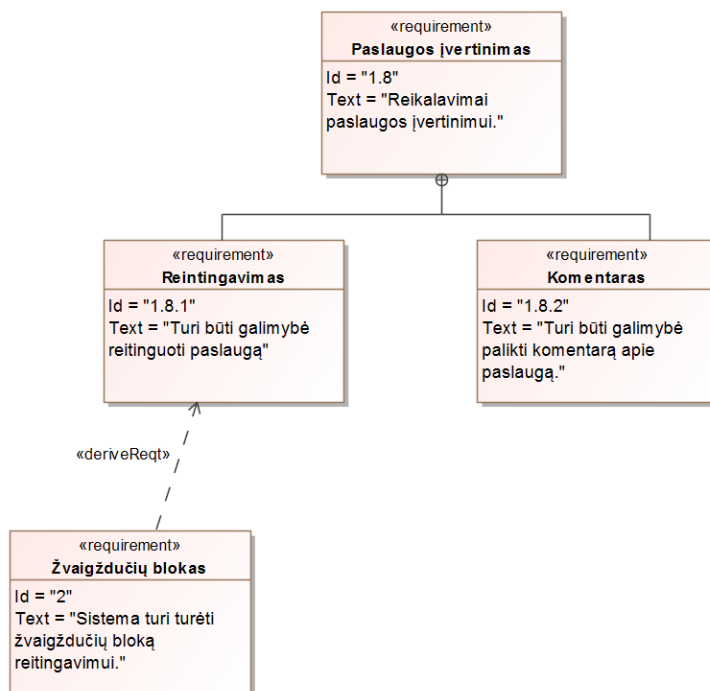
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 2.17 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

2.10 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 2.17 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.9.2	50%

Sistemos reikalavimų išvedimas iš suinteresuotų asmenų poreikių

Sistemos reikalavimas „2 Žvaigždučių blokas“ yra atominio suinteresuotų asmens poreikio „1.8.1 Reitingavimas“ išvestinis reikalavimas (2.18 pav.).



2.18 pav. Sisteminio reikalavimo išvedimas iš atominio suinteresuotų asmenų poreikio

Žemiau esančioje lentelėje pateikta išvedimo suvestinė pagal 2.18 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai įtraukiami į skaičiavimą išvesties ryšiai esantys tarp skirtingų abstrakcijos lygmenų.

2.11 lentelė Išvedimo suvestinė pagal 2.18 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Išvestų reikalavimų kiekis	Išvestų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	1.8.1	50%

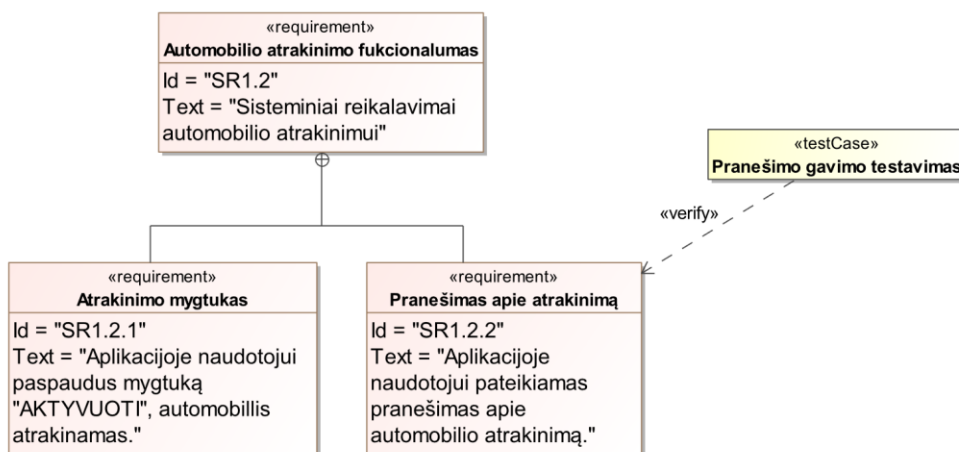
Žemiau esančioje lentelėje pateikta išvedimo suvestinė pagal 2.18 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami išvesties ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

2.12 lentelė Išvedimo suvestinė pagal 2.18 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Išvestų reikalavimų kiekis	Išvestų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	1.8.1	50%

Sisteminio reikalavimo verifikavimas testavimo atvejais

Testavimo atvejis „Pranešimo gavimo testavimas“ verifikuoja atominį sistemos reikalavimą „SR1.2.2 Pranešimas apie atrakinimą“ (2.19 pav.).



2.19 pav. Atominio sistemos reikalavimo verifikavimas

Žemiau esančioje lentelėje pateikta verifikavimo suvestinė pagal 2.19 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai įtraukiami į skaičiavimą verifikavimo ryšiai esantys tarp skirtingų abstrakcijos lygmenų.

2.13 lentelė Verifikavimo suvestinė pagal 2.19 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta verifikavimo suvestinė pagal 2.19 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami verifikavimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus.

2.14 lentelė Verifikavimo suvestinė pagal 2.19 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

Reikalavimų padengimo modelio elementais atvejai pateikti 7.1 priede bei reikalavimus dengiančių elementų atvejai pateikti 7.2 priede.

2.6. Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo apibendrinimas

Parengus reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo specifikaciją buvo nustatyta, jog reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas leidžia įvertinti reikalavimų specifikaciją įvairiais pjūviais. Tokiu būdu užtikrinama aukšta kiekvieno reikalavimo specifikacijos etapo kokybė.

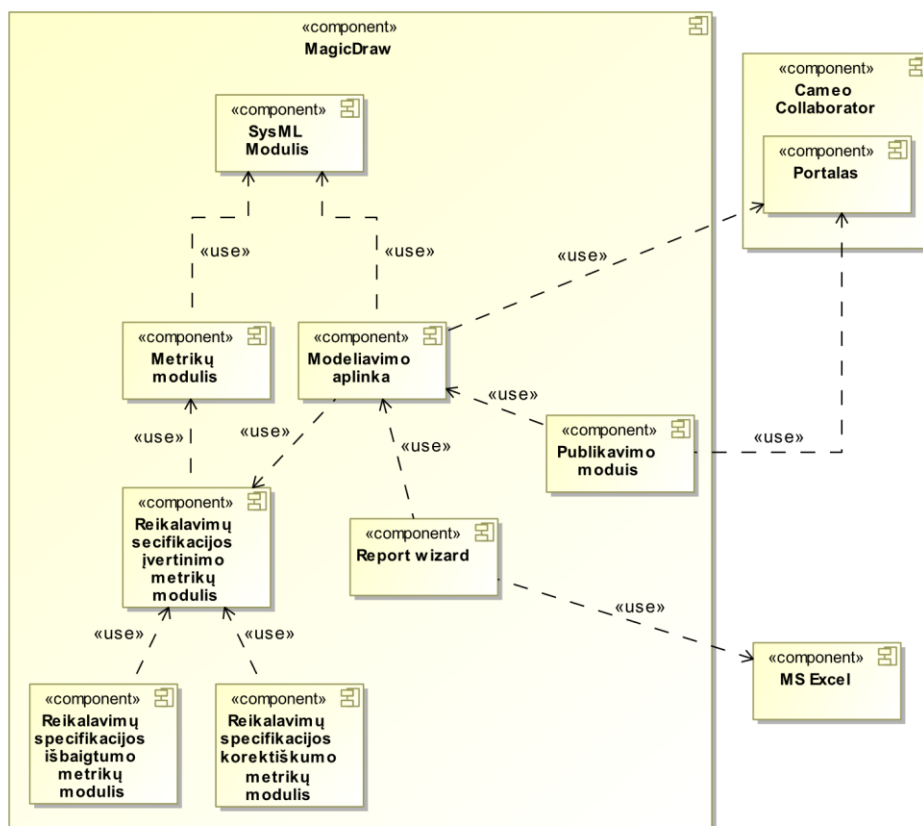
3. REIKALAVIMŲ SPECIFIKACIJOS IŠBAIGTUMO IR KOREKTIŠKUMO METODO REALIZACIJA IR TESTAVIMAS

3.1. Metodo realizacijos aprašas

Metodas įgyvendintas remiantis atlikta reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo analize ir parengta metodo reikalavimų specifikacija. Sprendimui realizuoti pasirinkta „MagicDraw“ 18.5 programinė įranga. „MagicDraw“ įrankis buvo pasirinktas remiantis [53], [54], [55], [56] publikacijomis bei įrankio savybėmis:

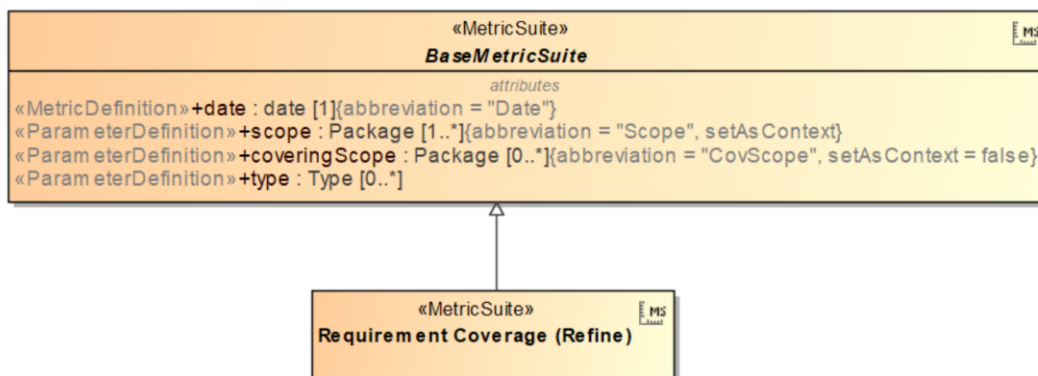
- UML ir SysML standarto atitikimas bei palaikymas
- „MBSE Grid“ metodo palaikymas
- Vizualios diagramos
- Aukštas naudojimosi patogumo (angl. *Usability*) lygis

3.1 pav. pateikta reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo architektūra. Baigiamojo darbo metu buvo sukurta „Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metrikos modulis“, „Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikų modulis“ ir „Reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrikų modulis“.



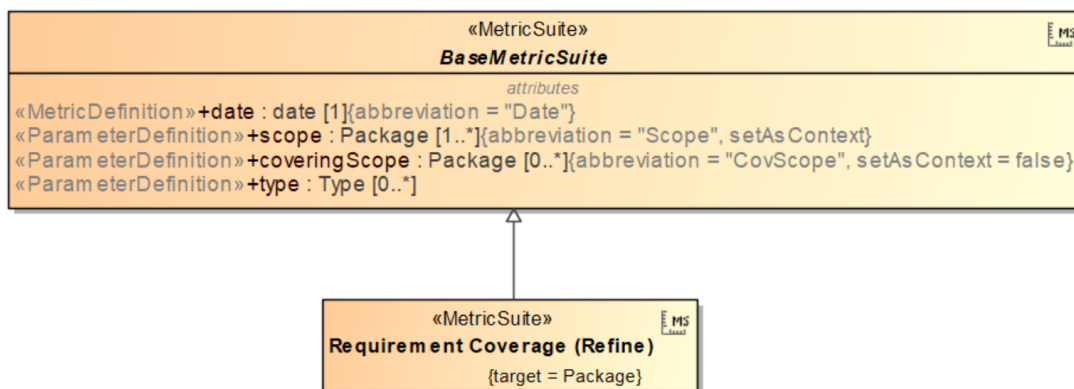
3.1 pav. Metodo sprendimo architektūra

„MagicDraw” programinėje įrangoje metrikos yra aprašomos profilio diagramoje. Analizės dalyje nustatytos metrikos sugrupuotos pagal reikalavimų padengimo ryšius. Metrikų grupės realizuotos pasitelkiant *BaseMetricSuite*, tai iš anksto apibrėžtas metrikų rinkinys, saugomas UML standartinio profilio DSL pritaikymo profilyje (3.2 pav.). Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo metrikų rinkiniai paveldi *BaseMetricSuite* metrikos rinkinyje aprašytą metriką – datą bei parametrus - sritį, dengimo sritį, tipą.



3.2 pav. BaseMetricSuite metrikų rinkinys

Metodo metrikų rinkiniams priskirtas srities objektas – Paketas (3.3 pav.). Priskirtas srities objektas apibrėžia elemento tipą, kuris bus naudojamas nurodyti metrikos rinkinio objektą.



3.3 pav. Metrikų rinkinio srities objektas

Metrikų rinkinyje konkreti metrika nurodyta kaip atskiras metrikų rinkinio elementas, pridant *Metric Definition* elementą. Metrikoms yra nurodyti dviejų rūšių duomenų tipai:

- sveikieji skaičiai – metrikoms, kurios skaičiuoja elementų kiekį;
- realieji skaičiai – metrikoms, kurios skaičiuoja procentinę išraišką.

Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metrikų skaičiavimo algoritmas aprašytas *Metric Definition* specifikacijos numatytos reikšmės skiltyje (angl. *Default Value*). Metrikos algoritmui aprašyti naudojama *Groovy* kalba bei importuotos papildomos klasės (3.4 pav.). Reikalavimų tikslinimo metrikų algoritmai pateikti 7.3 priede.

```
Language:
Groovy

Body:
defaultValue(THIS)
1 import static com.nomagic.magicdraw.modelmetrics.ScriptHelper.*;
2 import static com.nomagic.magicdraw.sysml.util.SysMLProfile.*;
3 import com.nomagic.magicdraw.sysml.util.MDCustomizationForSysMLProfile;
4 import com.nomagic.uml2.ext.jmi.helpers.ModelHelper;
5 import com.nomagic.uml2.ext.magicdraw.classes.mdkernel.NamedElement;
6 import com.nomagic.uml2.ext.magicdraw.actions.mdbasicactions.CallBehaviorAction;
7 import static com.nomagic.uml2.ext.jmi.helpers.StereotypesHelper.*;
8 ///////////////////////////////////////////////////
9 def scopes = valueContext.getValue("scope")
10 def coveringScopes = valueContext.getValue("coveringScope")
11 ///////////////////////////////////////////////////
12 boolean isCoveredUserReq(e1) {
13     boolean result = e1.getClientDependency() // get dependencies from capability
14         .any{ dep -> isDeriveReq(dep) } // is in coverage scope
15         if (result )
16         {
17             return true;
18         }
19     }
20
21 boolean isParentReq(e1) {
22
23     boolean parent = e1.getOwner() // get dependencies from capability
24     .any{ dep -> isRequirement(dep) } // is in coverage scope
```

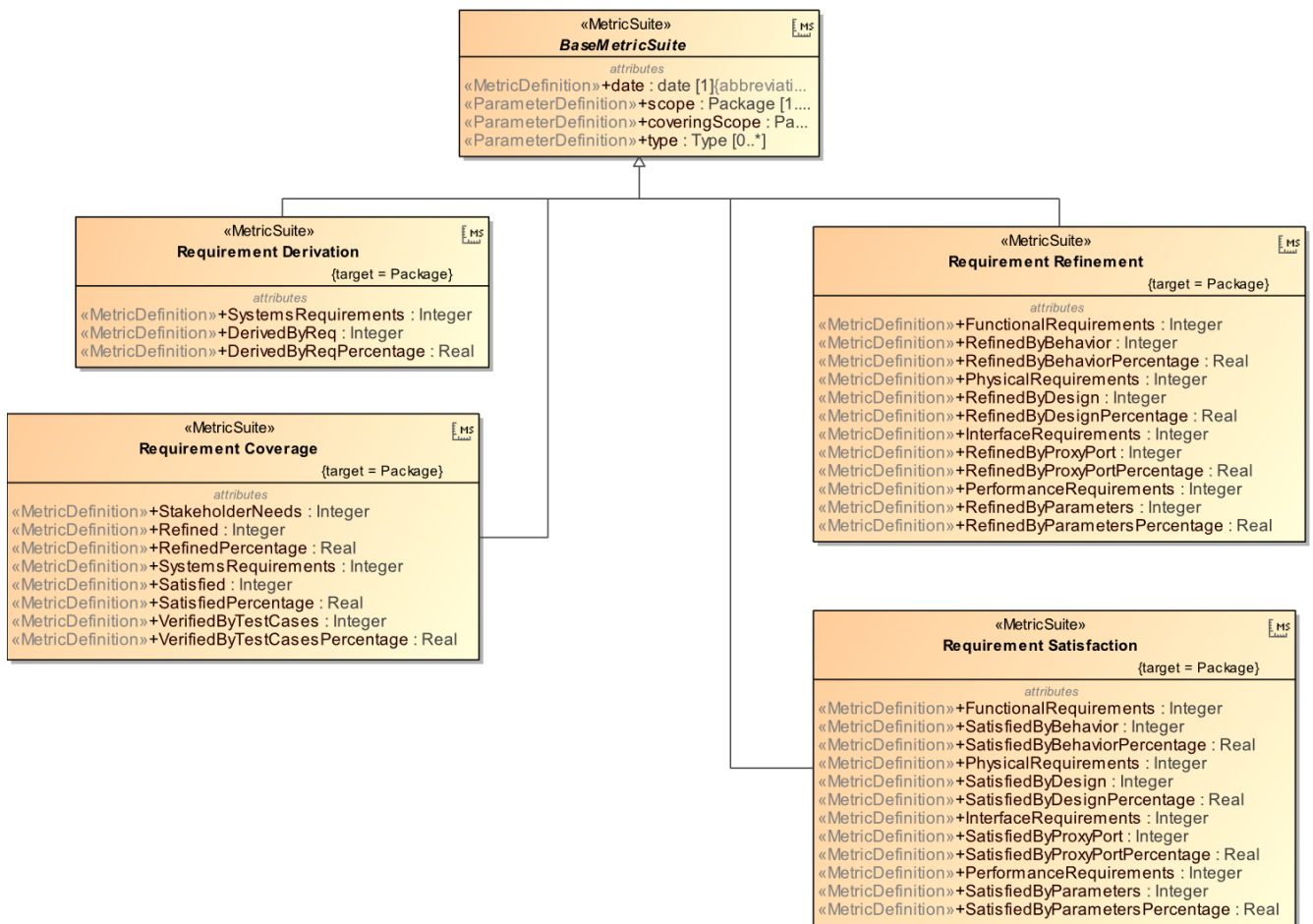
3.4 pav. Metrikos algoritmas Groovy kalba

„MagicDraw” programinėje įrangoje buvo realizuotos dvi metrikų grupės skirtos įvertinti reikalavimų specifikaciją:

- reikalavimų specifikacijos išbaigtumo įvertinimo metrikų grupė;
- reikalavimų specifikacijos korektiškumo įvertinimo metrikų grupė.

Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikų grupė apima keturis metrikų rinkinius (3.5 pav.):

- Reikalavimų tikslinimo
- Reikalavimų tenkinimo
- Reikalavimų išvedimo
- Reikalavimų padengimo



3.5 pav. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikų rinkiniai

Reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrikų grupė apima tris metrikų rinkinius (3.6 pav.):

- Reikalavimus tikslinančių modelio elementų
- Reikalavimus tenkinančių modelio elementų
- Reikalavimus verifikuojančių testavimo atvejų



3.6 pav. Reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrikų rinkiniai

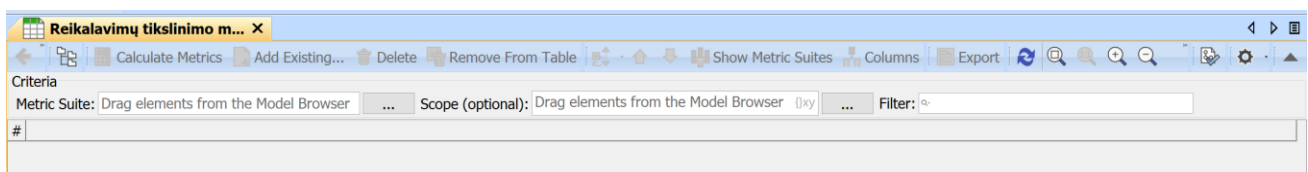
Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metrikų rezultatai pateikiami metrikų lentelėje (3.7 pav.). Metrikų lentelė gali apimti vieną arba kelis metrikų rinkinius. Metrikų lentelės prototipai pateikti 2.3 poskyryje.

3.2. Realizacijos veikimo aprašas

Šiame poskyryje pateiktas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo veikimo aprašas. Pradinės sąlygos:

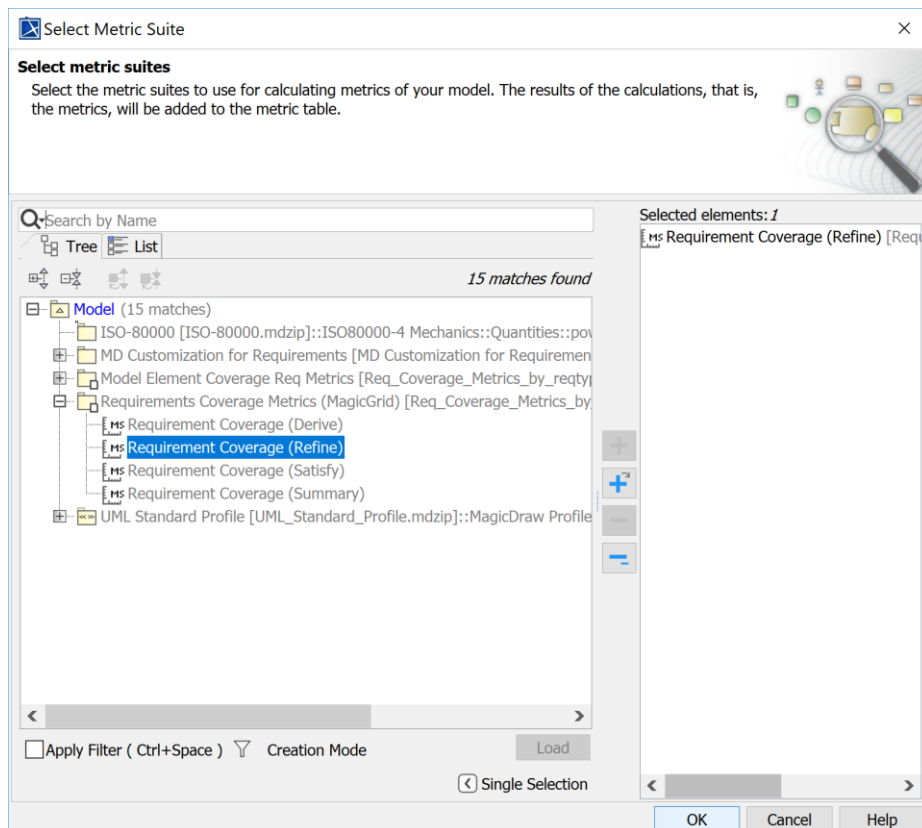
- projektas turi naudoti modulį, kuriame aprašyti reikalavimų išbaigtumo ir korektiškumo metrikų skaičiavimo algoritmai;
- reikalavimų specifikacija sumodeliuota taikant „MBSE Grid“ metodo principus.

Egzistuojančiame projekte sukuriama metrikų lentelė (Angl. *Metric Table*). Jai suteikiamas pavadinimas reprezentuojantis metrikų skaičiavimo rezultatus, kaip „Reikalavimų tikslinimo metrikų lentelė“ (3.7 pav.).



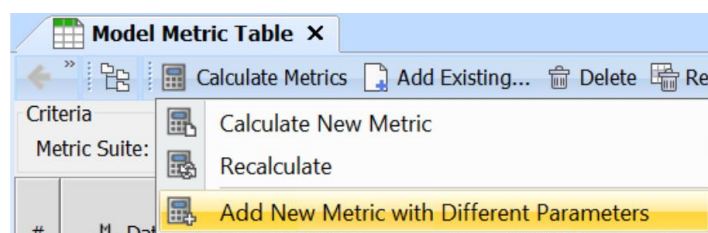
3.7 pav. Reikalavimų tenkinimo metrikų lentelė

Kriterijų srityje nurodomas metrikų rinkinys, pagal kurį bus atliekami metrikų skaičiavimai. Metrikų rinkinio priskyrimo langas išskviečiamas daugtaškio mygtuko pagalba, esančio prie metrikos rinkinio laukelio. 3.8 pav. pateiktas metrikų rinkinio priskyrimo langas, kuriame pasirenkami norimi metrikų rinkiniai ir spaudžiamas patvirtinimo mygtukas „OK“.



3.8 pav. Metrikų rinkinio priskyrimas

Sukuriama nauja metrikos lentelės eilutė, pasirenkamas *Calculate Metrics*, tuomet *Add new Metrics with different Parameters* (3.9 pav.).



3.9 pav. Naujos eilutės pridėjimas Metrikų lentelėje

Lentelės langelyje ties stulpeliu *Scope* nurodomas metrikos rinkinio objektas, kuriam bus skaičiuojamos metrikos (3.10 pav.). Priklausomai nuo pasirinkto metrikos rinkinio, *Scope* laukelyje turi būti nurodomas suinteresuotų asmenų poreikių arba sisteminių reikalavimų paketas.

#	M Date	X Scope	X Covering Scope	M Users Functional Requirements	M Refined By Behavior	M Refined By Behavior Percentage	M Users Physical Requirements	M Refined By Design	M Refined By Design Percentage
1		1 Stakeholder Needs							

3.10 pav. Metrikų rinkinio srities nurodymas

Covering Scope laukelyje galima nurodyti paketus, kurie apribotų priskirto metrikų rinkinio skaičiavimą. Į reikalavimų padengimo metrikų skaičiavimus būtų įtraukiami tik tie padengimo ryšiai, kurie yra tarp reikalavimų, nurodytų *Scope* laukelyje ir modelio elementų, nurodytų *Covering Scope* laukelyje. Palikus *Covering Scope* celę tuščią, metrikų rinkinys bus skaičiuojamas įtraukiant padengimo ryšius iš viso modelio.

Nurodžius metrikų rinkinį bei sritį, pažymima metrikų eilutė, paspaudžiamas *Calculate Metrics* mygtukas bei pasirenkama:

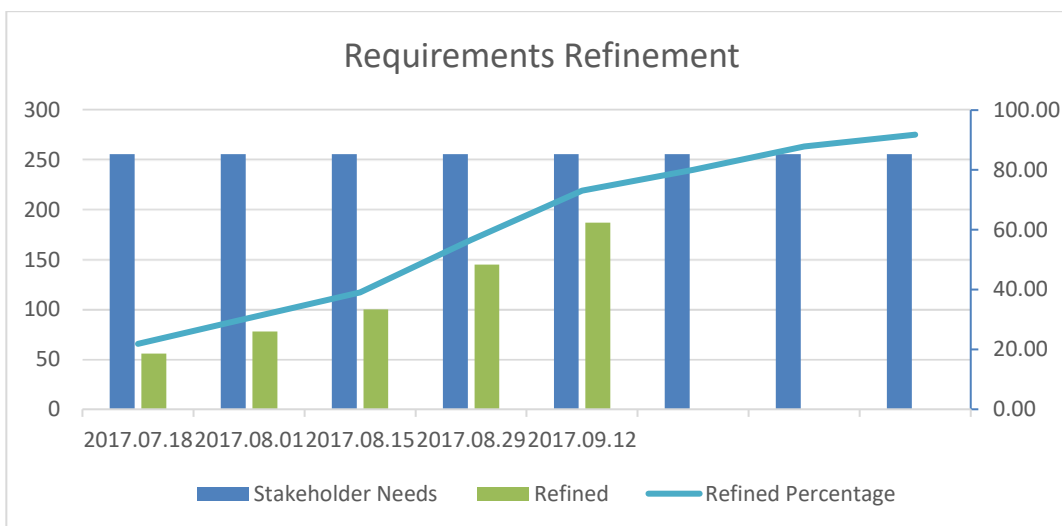
- *Recalculate* – pagal nurodytus kriterijus bus perskaičiuota pažymėta metrikos lentelės eilutė.
- *Calculate New Metric* – pagal nurodytus kriterijus bus skaičiuojamos metrikos bei pateikiamas rezultatas naujoje metrikų lentelės eilutėje.

3.11 pav. pateikiama metrikų lentelė, kurioje vaizduojamos apskaičiuotos reikalavimų tikslinimo metrikų rinkinio metrikos.

#	M Date	M Stakeholder Needs	M Refined	M Refined Percentage
1	2017.07.18	256	56	21.88
2	2017.08.01	256	78	30.47
3	2017.08.15	256	100	39.06
4	2017.08.29	256	145	56.64
5	2017.09.12	256	187	73.05

3.11 pav. Sugeneruota reikalavimų tikslinimo metrikų lentelė „MagicDraw“ įrankyje

Metrikų lentelės duomenis galima eksportuoti į .xlsm formato failą bei juos pateikti pasitelkiant vaizdines diagramas (3.12 pav.).



3.12 pav. Suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimo diagrama

Sugeneruoti metrikų duomenys gali būti publikuoti „Cameo Collaborator“ įrankyje, siekiant greitesnės ir lengvesnės prieigos prie metrikų rezultatų kitiems projekto komandos nariams.

#	Date	Stakeholder Needs	Refined	Refined Percentage
1	2017.07.18	256	56	21.88
2	2017.08.01	256	78	30.47
3	2017.08.15	256	100	39.06
4	2017.08.29	256	145	56.64
5	2017.09.12	256	187	73.05

3.13 pav. Metrikų lentelė „Cameo Collaborator“ įrankyje

Sugeneruota metrikų lentelė „Cameo Collaborator“ įrankyje leidžia projektui vadovui peržiūrėti sugeneruotas metrikas tam tikrame laiko momente.

3.3. Metodo testavimas

Šiame poskyryje pateikiamas realizuoto metodo testavimo planas, aprašantis pagrindinius žingsnius, kaip bus atliekamas metodo testavimas bei pateikiamas kontrolinis pavyzdys iliustruojantis testavimo plano vykdymo eigą.

3.3.1. Testavimo planas

Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo testavimui sudaromas testavimo planas, siekiant užtikrinti metodo realizacijos korektiškumą. Testavimo planas suskirstytas pagal metode aprašytas metrikų grupes. Kiekvienai testuojamai metrikų grupei pateikiami veiksmai,

kuriuos reikia atlikti testuojant metodą bei sistemos reakcija atlikus nurodytą veiksmą. Testavimas atliekamas „MagicDraw” įrankyje, tenkinant šias sąlygas:

- Projektas turi naudoti modulį, kuriame aprašyti reikalavimo išbaigtumo ir korektiškumo metrikų skaičiavimo algoritmai.
- Reikalavimų specifikacija sumodeliuota taikant „MBSE Grid“ metodo principus.

Detalus testavimo planas pateiktas žemiau esančioje lentelėje.

3.1 lentelė Metodo testavimo plano aprašas

Nr.	Testavimo veiksmų seka	Sistemos reakcija
1. Reikalavimų tikslinimo metrikų grupė		
1.1	Sukurti metrikų lentelę	Metrikų lentelė sukurta
1.2	Priskirti metrikos rinkinį <i>Requirement Refinement</i> esantį <i>Requirements Coverage</i> grupėje	Metrikų lentelei priskirtas metrikų rinkinys <i>Requirement Refinement</i>
1.3	Priskirti Naudotojų poreikių paketą kaip metrikos <i>Scope</i>	Metrikos eilutei nurodytas elementų paketas
1.4	Sugeneruoti metriką metrikų lentelėje	Pateikti sugeneruotos metrikos rezultatai
1.5	Pakeisti modelyje esantį tikslinimo ryšį tarp atominio reikalavimo ir atominio modelio elemento, jog ryšys būtų tarp bent vieno sudėtinio modelio elemento arba reikalavimo ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia į reikalavimų tikslinimą tų reikalavimų, kurie yra patikslinti sudėtiniais modelio elementais.
1.6	Modelyje esančiam elementui, kuris tikslina reikalavimą, pakeisti elemento tipą (<i>Part Property</i> , kuris tikslina fizinį reikalavimą, pakeisti į <i>Value Property</i>) ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia į reikalavimų patikslinimą tų reikalavimų, kurie yra patikslinti netinkamais modelio elementais pagal reikalavimo kategoriją.
2. Reikalavimų tenkinimo metrikų grupė		
2.1	Sukurti metrikų lentelę	Metrikų lentelė sukurta
2.2	Priskirti metrikos rinkinį <i>Requirement Satisfaction</i> esantį <i>Requirements Coverage</i> grupėje	Metrikų lentelei priskirtas metrikų rinkinys <i>Requirement Satisfaction</i>
2.3	Priskirti sisteminių reikalavimų paketą kaip metrikos <i>Scope</i>	Metrikos eilutei nurodytas elementų paketas
2.4	Sugeneruoti metriką metrikų lentelėje	Pateikti sugeneruotos metrikos rezultatai
2.5	Pakeisti modelyje esantį tenkinimo ryšį tarp atominio reikalavimo ir atominio modelio elemento, jog ryšys būtų tarp bent vieno sudėtinio modelio elemento arba reikalavimo ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia į reikalavimų tenkinimą tų reikalavimų, kurie yra patenkinti sudėtiniais modelio elementais.
2.6	Modelyje esančiam elementui, kuris tenkina reikalavimą, pakeisti elemento tipą (<i>Part Property</i> , kuris tenkina fizinį reikalavimą, pakeisti į <i>Value Property</i>) ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia į reikalavimų patenkinimą tų reikalavimų, kurie yra patenkinti netinkamais modelio elementais pagal reikalavimo kategoriją.
3. Reikalavimų išvedimo metrikų grupė		
3.1	Sukurti metrikų lentelę	Metrikų lentelė sukurta
3.2	Priskirti metrikos rinkinį <i>Requirement Derivation</i> esantį <i>Requirements Coverage</i> grupėje	Metrikų lentelei priskirtas metrikų rinkinys <i>Requirement Derivation</i>
3.3	Priskirti sisteminių reikalavimų paketą kaip metrikos <i>Scope</i>	Metrikos eilutei nurodytas elementų paketas
3.4	Sugeneruoti metriką metrikų lentelėje	Pateikti sugeneruotos metrikos rezultatai

3.5	Pakeisti modelyje esantį išvedimo ryšį tarp atominio suinteresuotų asmenų poreikio ir sistemos reikalavimo, jog sisteminis reikalavimas būtų išvestas iš sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia į reikalavimų išvedimą tų reikalavimų, kurie yra išvesti iš sudėtinų suinteresuotų asmenų poreikių.
4. Tikslinančių elementų metrikų grupė		
4.1	Sukurti metrikų lentelę	Metrikų lentelė sukurta
4.2	Priskirti metrikos rinkinį <i>Requirement Refinement</i> esantį <i>Req Covering Elements</i> grupėje	Metrikų lentelei priskirtas metrikų rinkinys <i>Requirement Refinement</i>
4.3	Priskirti antrojo abstrakcijos lygmens paketą kaip metrikos <i>Scope</i>	Metrikos eilutei nurodytas elementų paketas
4.4	Sugeneruoti metriką metrikų lentelėje	Pateikti sugeneruotos metrikos rezultatai
4.5	Pakeisti modelyje esantį tikslinimo ryšį tarp atominio reikalavimo ir atominio modelio elemento, jog ryšys būtų tarp sudėtinio reikalavimo ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia modelio elementų tikslinimo fakto, kai modelio elementas tikslina sudėtinį reikalavimą.
4.6	Modelyje esančiam reikalavimui su kategorija, kuris patikslintas atominiu modelio elementu, pakeisti kategoriją (funkcinį reikalavimą, kuris patikslintas veiksmu pakeisti į fizinį reikalavimą) ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia modelio elementų tikslinimo fakto, kai elementas tikslina netinkamą reikalavimą su kategorija.
5. Tenkinančių elementų metrikų grupė		
5.1	Sukurti metrikų lentelę	Metrikų lentelė sukurta
5.2	Priskirti metrikos rinkinį <i>Requirement Satisfaction</i> esantį <i>Req Covering Elements</i> grupėje	Metrikų lentelei priskirtas metrikų rinkinys <i>Requirement Satisfaction</i>
5.3	Priskirti trečiojo abstrakcijos lygmens paketą kaip metrikos <i>Scope</i>	Metrikos eilutei nurodytas elementų paketas
5.4	Sugeneruoti metriką metrikų lentelėje	Pateikti sugeneruotos metrikos rezultatai
5.5	Pakeisti modelyje esantį tenkinimo ryšį tarp atominio reikalavimo ir atominio modelio elemento, jog ryšys būtų tarp sudėtinio reikalavimo ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia modelio elementų tenkinimo fakto, kai modelio elementas tenkina sudėtinį reikalavimą.
5.6	Modelyje esančiam reikalavimui su kategorija, kuris patenkintas atominiu modelio elementu, pakeisti kategoriją (funkcinį reikalavimą, kuris patenkintas veiksmu pakeisti į fizinį reikalavimą) ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia modelio elementų tenkinimo fakto, kai elementas tenkina netinkamą reikalavimą su kategorija.
6. Verifikuojančių elementų metrikų grupė		
6.1	Sukurti metrikų lentelę	Metrikų lentelė sukurta
6.2	Priskirti metrikos rinkinį <i>Requirement Verification</i> esantį <i>Req Covering Elements</i> grupėje	Metrikų lentelei priskirtas metrikų rinkinys <i>Requirement Verification</i>
6.3	Priskirti testavimo atvejų paketą kaip metrikos <i>Scope</i>	Metrikos eilutei nurodytas elementų paketas
6.4	Sugeneruoti metriką metrikų lentelėje	Pateikti sugeneruotos metrikos rezultatai
6.5	Pakeisti modelyje esantį verifikavimo ryšį tarp atominio reikalavimo ir testavimo atvejo, jog ryšys būtų tarp sudėtinio reikalavimo ir sugeneruoti naują metriką.	Sugeneruoti metrikos rezultatai neįtraukia testavimo atvejo verifikavimo fakto, kai testavimo atvejis verifikuoja sudėtinį reikalavimą.

Testavimas buvo atliekamas viso metodo realizacijos metu, siekiant užtikrinti tikslią ir korektišką reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo realizaciją.

3.3.2. Kontrolinis pavyzdys

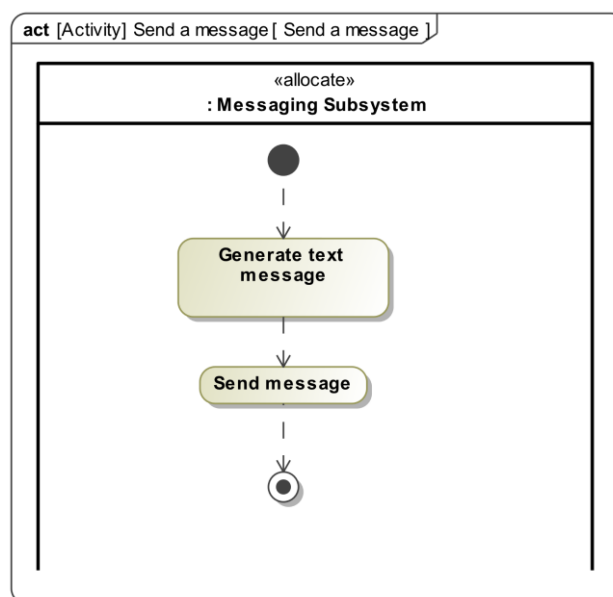
Kontrolinis pavyzdys parengtas reikalavimų tenkinimo metrikos pavyzdžiu. Pradiniai testavimo duomenys pateikti žemiau esančiuose paveikslėliuose (3.14 pav.), (3.15 pav.), (3.16 pav.), (3.17 pav.), (3.18 pav.).

Žemiau esančioje reikalavimų lentelėje (3.14 pav.) pateikti automobilių nuomos sistemos reikalavimai. Reikalavimai sugrupuoti į grupes, atominiai reikalavimai kategorizuoti pagal reikalavimų kontekstą.

#	Name	△Text
1	<input type="checkbox"/> SR1 Car Sharing System Requirements Specification	
2	<input type="checkbox"/> SR1.1 Messaging Requirements	
3	<input type="checkbox"/> SR1.1.1 Impossible Car sharing service activation message	The system shall send a message to the user about impossible car sharing service when the car is unsuccessfully unlock by user.
4	<input type="checkbox"/> SR1.1.2 Car sharing service activation message	The system shall send a message to the user about the activation of the car sharing service when the car is successfully unlocked by user.
5	<input type="checkbox"/> SR1.2 Accounting Requirements	
6	<input type="checkbox"/> SR1.2.1 User account	The user's account shall be linked to the fingerprint.
7	<input type="checkbox"/> SR1.3 Unlocking Requirements	
8	<input type="checkbox"/> SR1.3.2 GPS signal	The car shall be tracked by a GPS signal.
9	<input type="checkbox"/> SR1.3.3 Unlocking Unit	The system shall have the Unlocking Unit to unlock car door.
10	<input type="checkbox"/> SR1.3.1 Car unlocking	User shall be able to unlock car by finger print.
11	<input type="checkbox"/> SR1.4 User Identifying Requirements	
12	<input type="checkbox"/> SR1.4.1 User Identification	The system shall use a fingerprint device to identify the user.

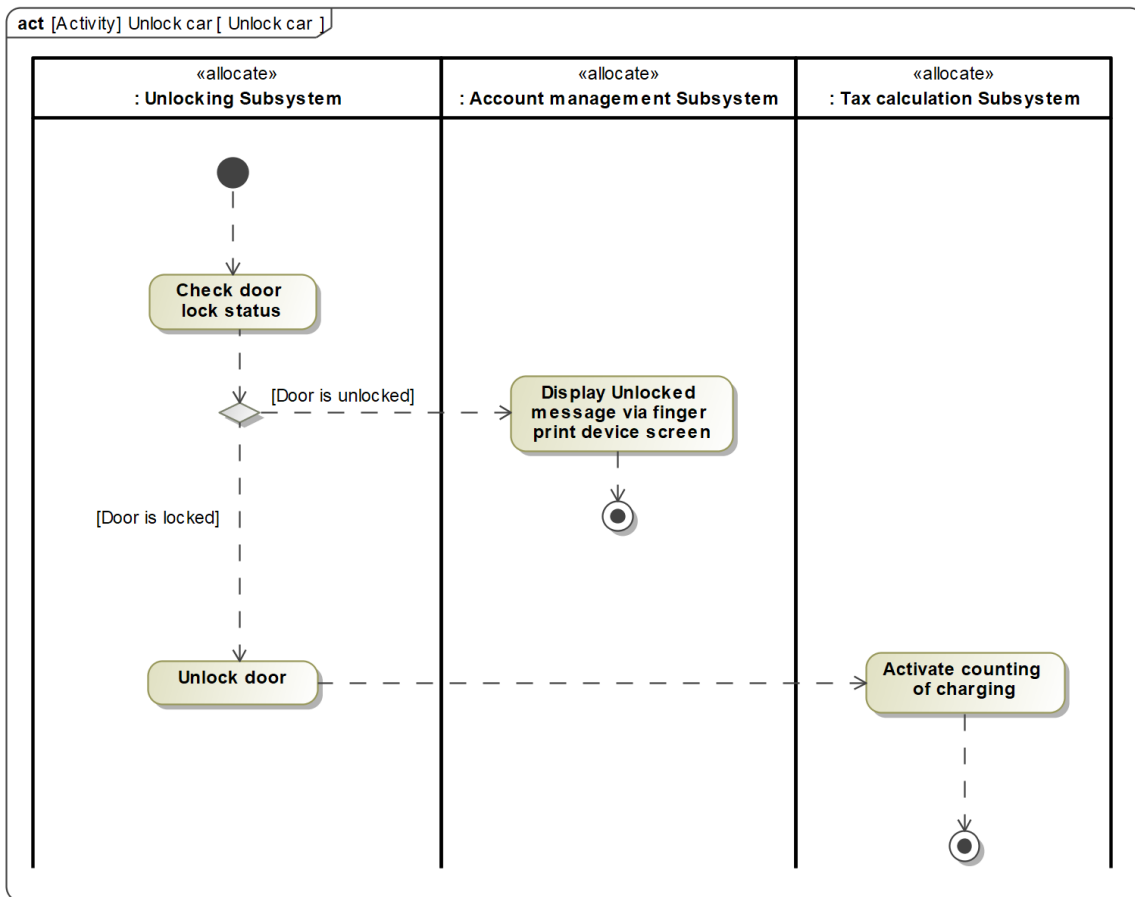
3.14 pav. Automobilių nuomos sistemos reikalavimų lentelė

Žemiau esančioje SysML veiklos diagramoje (3.15 pav.) pateiktas „Siųsti pranešimą“ veiksmų scenarijus.



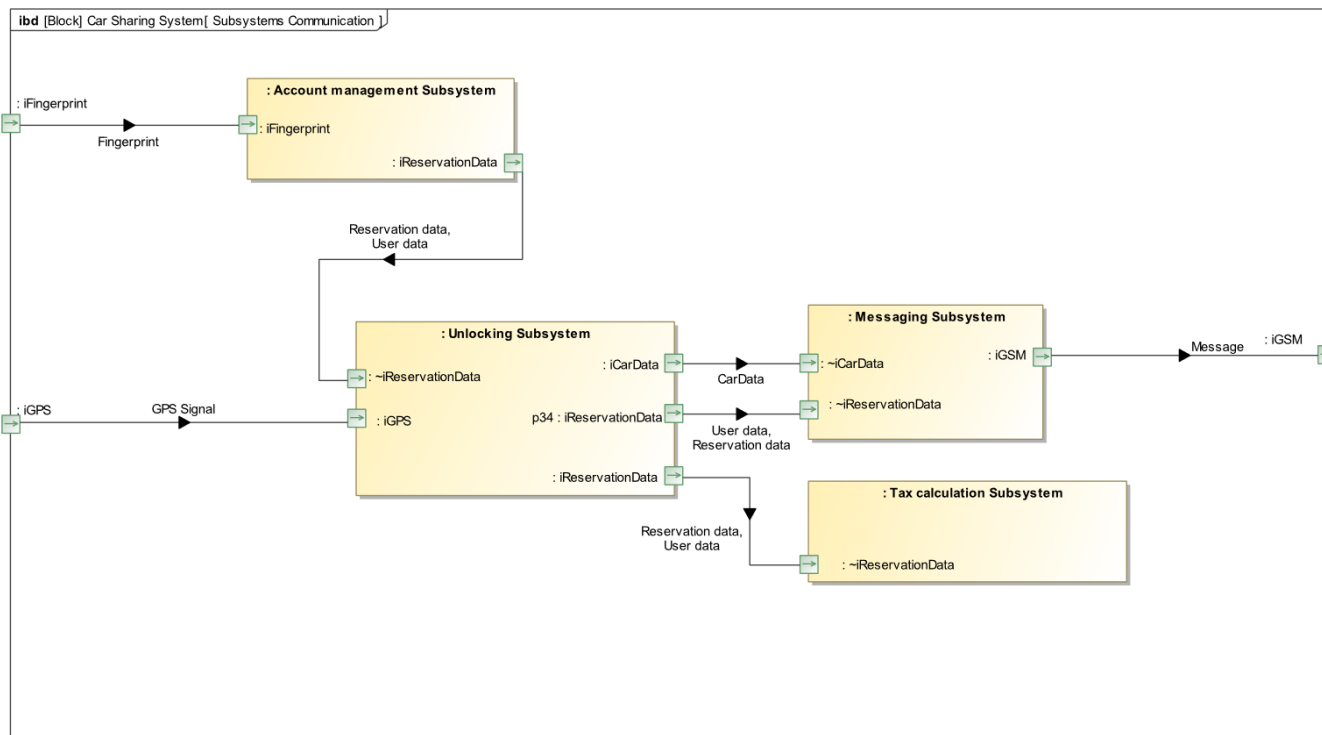
3.15 pav. Automobilių nuomos sistemos „Siųsti pranešimą“ SysML veiklos diagrama

Žemiau esančioje SysML veiklos diagramoje (3.16 pav.) pateiktas „Atrakinti automobilį“ veiksmų scenarijus.



3.16 pav. Automobilių nuomos sistemos „Atrakinti automobilių“ SysML veiklos diagrama

Žemiau esančioje vidinėje bloko diagramoje (3.17 pav.) pateikta automobilių nuomos sistemos vidinių posistemų sąveika tarpusavyje.



3.17 pav. Automobilių nuomos sistemos vidinė bloko diagrama

Žemiau esančioje reikalavimų tenkinimo matricoje (3.18 pav.) vaizduojama sisteminių reikalavimų tenkinimas elgsenos, struktūriniais bei sąsajos elementais.

Legend		2 Functional Analysis										Car Sharing System [3 Lo						
Satisfy		Regi	Senc	Unlock car(cc								: Account management Subsystem	: Messaging Subsystem	: Tax calculation Subsystem	: Unlocking Subsystem	in : iFingerprint	in : iGPS	out p23 : iGSM
1 System Requirements			1	1	1							1	1	1	1			
SR1 Car Sharing System Requirements Specification																		
SR1.1 Messaging Requirements																		
	SR1.1.1 Impossible Car sharing service activation message	1																
	SR1.1.2 Car sharing service activation message	1										1						
SR1.2 Accounting Requirements																		
	SR1.2.1 User account											1						
SR1.3 Unlocking Requirements																		
	SR1.3.1 Car unlocking	1																
	SR1.3.2 GPS signal																	
	SR1.3.3 Unlocking Unit											1						
SR1.4 User Identifying Requirements																		
	SR1.4.1 User Identification											1						

3.18 pav. Automobilių nuomos sistemos reikalavimų tenkinimo matrica

3.21 pav. vaizduoja metrikų lentelę, kurioje pateiktos sugeneruotos reikalavimų tenkinimo grupės metrikos.

#	Date	Systems Functional Requirements	Satisfied By Behavior	Satisfied By Behavior Percentage	Systems Physical Requirements	Satisfied By Design	Satisfied By Design Percentage	Systems Interface Requirements	Satisfied By Proxy Port	Satisfied By Proxy Port Percentage	Systems Performance Requirements	Satisfied By Parameters	Satisfied By Parameters Percentage
1	2017.12.10	3	2	66.67	2	2	100.00	2	1	50.00	0	0	0.00

3.19 pav. Reikalavimų tenkinimo metrikos lentelė

Vykdam testavimo plano 2.5 ir 2.6 žingsnius buvo pakeisti tenkinimo ryšiais tarp sistemos reikalavimų ir modelio elementų (3.20 pav.). Reikalavimo „SR1.1.1.“ tenkinimas veiksmu „Send message“ buvo pakeistas į tenkinimą veikla „Send a message“. Reikalavimo „SR1.4.1“ tenkinimas bloko dalimi „ : Account management Subsystem“ buvo pakeistas į tenkinimą sąsajos elementu „ : iFingerprint“.

Legend		2 Functional Analysis										Car Sharing System [3 Lo						
Satisfy		Regi	Senc	Unlock car(cc								P : Account management Subsystem	P : Messaging Subsystem	P : Tax calculation Subsystem	P : Unlocking Subsystem	in : iFingerprint	in : iGPS	out p23 : iGSM
1 System Requirements			1	1	1								1	1	2			
R SR1 Car Sharing System Requirements Specification																		
R SR1.1 Messaging Requirements																		
F SR1.1.1 Impossible Car sharing service activation message	1																	
F SR1.1.2 Car sharing service activation message	1												1					
R SR1.2 Accounting Requirements																		
I SR1.2.1 User account													1					
R SR1.3 Unlocking Requirements																		
F SR1.3.1 Car unlocking	1																	
I SR1.3.2 GPS signal																		
Ph SR1.3.3 Unlocking Unit													1					
R SR1.4 User Identifying Requirements																		
Ph SR1.4.1 User Identification																		

3.20 pav. Pakoreguota automobilių nuomos sistemos reikalavimų tenkinimo matrica

Įvykdžius testavimo plano 2.5 ir 2.6 žingsnius buvo pakartotinai generuojamos reikalavimo tenkinimo metrikos. 3.21 pav. pateiktoje metrikų lentelėje reikalavimų padengimas skiriasi nuo anksčiau skaičiuotų metrikų. Į reikalavimų tenkinimą nebuvo įtraukti tenkinimo ryšiai iš sudėtinių modelio elementų bei ryšiai iš netinkamo modelio elemento tipo atsižvelgiant į reikalavimo kategoriją.

#	M Date	M Systems Functional Requirements	M Satisfied By Behavior	M Satisfied By Behavior Percentage	M Systems Physical Requirements	M Satisfied By Design	M Satisfied By Design Percentage	M Systems Interface Requirements	M Satisfied By Proxy Port	M Satisfied By Proxy Port Percentage	M Systems Performance Requirements	M Satisfied By Parameters	M Satisfied By Parameters Percentage
1	2017.12.10	3	2	66.67	2	2	100.00	2	1	50.00	0	0	0.00
2	2017.12.10	3	1	33.33	2	1	50.00	2	1	50.00	0	0	0.00

3.21 pav. Perskaičiuota reikalavimų tenkinimo metrikos lentelė

Kontrolinis pavyzdys iliustruoja atlikto testavimo eigą pagal parengtą testavimo planą. Visos reikalavimo specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metrikos buvo testuojamos remiantis testavimo planu.

3.4. Metodo realizacijos apibendrinimas

Atlikus reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo realizaciją buvo nustatyta, jog realizuotas automatizuotas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas apima reikalavimų padengimo įvertinimo metrikas, kurios gali būti konfigūruojamos bei pritaikomos skirtingoms modeliais grindžiamoms reikalavimų specifikacijos metodikoms.

4. REIKALAVIMŲ SPECIFIKACIJOS IŠBAIGTUMO IR KOREKTIŠKUMO ĮVERTINIMO METODO EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Eksperimentinio tyrimo metu tiriamos realizuotos reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo metrikos. Tyrimo tikslas – patvirtinti realizuotų reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo metrikų teikiamą naudą reikalavimų specifikacijos rengimo metu.

Eksperimentinis tyrimas buvo vykdomas komerciniam projektui, kurio turinys negali būti atskleistas. Toliau pateikiamas eksperimentinio tyrimo planas, apimty, atlikto eksperimento rezultatai, eksperimento vertinimas bei metodo taikymo rekomendacijos.

4.1. Eksperimento planas

Siekiant išbandyti bei įvertinti parengtą reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodą, eksperimentinis metodo tyrimas atliktas vykdant komercinį projektą. Komercinis projektas buvo pasirinktas siekiant įvertinti reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo panaudojimą realios reikalavimų specifikacijos rengimo metu.

Komercinio projekto reikalavimų specifikacija buvo rengiama remiantis „MBSE Grid“ metodo principais bei modeliuojama „MagicDraw“ įrankyje. Reikalavimų specifikacijos rengimo pradžioje, projekto vadovas iškėlė reikalavimą, jog visų reikalavimų padengimo ir reikalavimus dengiančių elementų metrikų procentinis padengimas turi siekti mažiausiai 90%.

4.1 pav. pateikta žingsnių seka, skirta metodo eksperimentiniam įvertinimui.



4.1 pav. Metodo eksperimentinio tyrimo procesas

Kiekvienas metodo įvertinimo žingsnis, kuris pavaizduotas diagramoje (4.1 pav.) yra detaliai aprašytas žemiau esančioje lentelėje.

4.1 lentelė Eksperimentinio tyrimo užduočių aprašymas

Nr.	Žingsnis	Ypatybė	Aprašymas
1.	Paruošti eksperimentinio tyrimo aplinką	Aprašymas	Tai yra naudotojo užduotis apimanti eksperimentinės tyrimo aplinkos paruošimą. Tai apima: <ol style="list-style-type: none"> 1. Užkrauti „MagicDraw“ v.18.5 turintį SysML įskiepi. 2. Užkrauti projektą, kuris bus naudojamas atvejo analizei. 3. Užkrautam projekte panaudoti reikalavimų įvertinimo metrikų modulį.
		Prieš- sąlygos	Instaliuotas „MagicDraw“ v.18.5 Instaliuotas SysML įskiepis v.18.5
		Įvesties duomenys	Reikalavimų specifikacijos projektas Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metrikų modulis
		Atsakingas asmuo	Tyrėjas
2.	Parengti atvejo analizės projektą	Aprašymas	Tai yra naudotojo užduotis apimanti reikalavimų specifikacijos rengimą, remiantis „MBSE Grid“ metodo principais.
		Išvesties duomenys	Parengtas reikalavimų specifikacijos projektas pagal „MBSE Grid“ metodą.
		Atsakingas asmuo	Tyrėjas
3.	Vykdėti RS įvertinimo metodo metrikas	Aprašymas	Tai yra Case įrankio užduotis apimanti metrikų skaičiavimą, pagal apibrėžtą formalų apibrėžimą 2.4 poskyryje.
		Įvesties duomenys	Parengtas reikalavimų specifikacijos projektas pagal „MBSE Grid“ metodą
		Išvesties duomenys	Metrikų duomenų rezultatai
		Atsakingas asmuo	Case įrankis
4.	Analizuoti rezultatus	Aprašymas	Tai yra naudotojo užduotis apimanti sugeneruotų metrikų duomenų analizavimą, atitinkamų sprendimų priėmimą dėl reikalavimų specifikacijos etapo užbaigtumo bei korektiškumo.
		Įvesties duomenys	Metrikų duomenų rezultatai
		Išvesties duomenys	Sugeneruotos metrikų duomenų diagramos
		Atsakingas asmuo	Tyrėjas
5.	Pateikti išvadas	Aprašymas	Tai yra naudotojo užduotis apimanti visų sugeneruotų metrikų analizę bei išvadų pateikimą.

Nr.	Žingsnis	Ypatybė	Aprašymas
		Įvesties duomenys	Metrikų rezultatų duomenys bei sugeneruotos diagramos
		Išvesties duomenys	Išvados pirmai metrikų iteracijai
		Atsakingas asmuo	Tyrėjas

Sekančiame poskyryje pateikti atlikto reikalavimo specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo eksperimentinio tyrimo rezultatai.

4.2. Eksperimento rezultatai

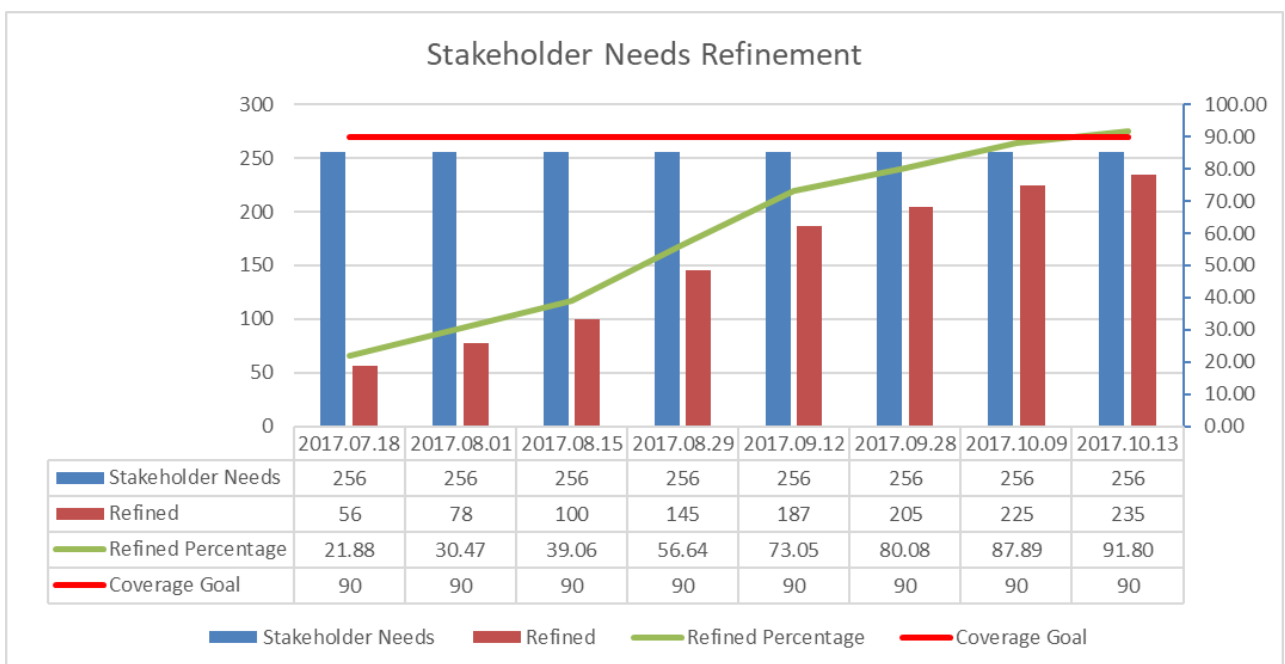
Eksperimentinis tyrimas buvo atliekamas rengiant reikalavimų specifikaciją komerciniam projektui. Po kiekvieno metrikų rinkinio skaičiavimo, projekto vadovas bei kiti atsakingi asmenys, analizuodavo gautus metrikų duomenis ir priimdavo sprendimus, siekiant užtikrinti aukštą reikalavimų specifikacijos kokybę.

4.2 lentelėje pateikti parengtos reikalavimų specifikacijos bei atlikto eksperimentinio tyrimo apimtys. Reikalavimų specifikacijos rengimas užtruko apie 6,5 mėnesio, prie kurio dirbo 23 žmonių komanda.

4.2 lentelė Eksperimentinio tyrimo duomenys

Parametras	Apimtis
Suinteresuotų asmenų poreikiai	256
Sistemos reikalavimai	1348
Trukmė	6,5 mėn.
Žmonių komanda	23

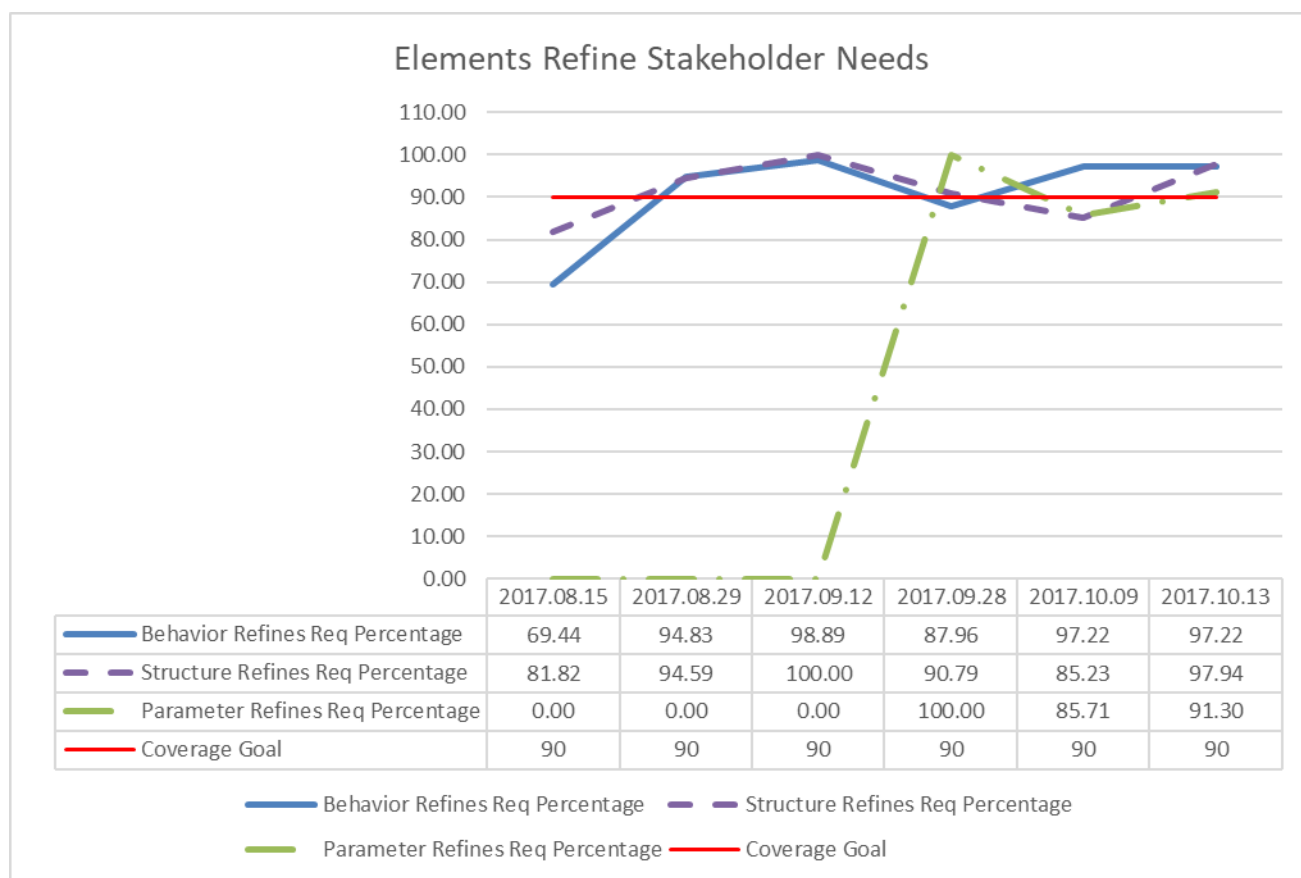
Toliau pateikiami metrikų duomenų rezultatai grafinėmis diagramomis ir jų aprašymai.



4.2 pav. Suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimo diagrama

4.2 pav. pateiktas suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimas modelio elementais, kurie yra specifikuoti probleminiame abstrakcijos lygmenyje. Diagrama pateikia metrikų rezultatus, sugeneruotus atliekant reikalavimų tikslinimo metrikų grupės skaičiavimus. Suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimas užtruko apie tris mėnesius. Per šį laikotarpį buvo atliktos aštuonios reikalavimų tikslinimo metrikų skaičiavimo iteracijos. Pasiekus 91,80% suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimą buvo nuspręsta, jog reikalavimų specifikacijos probleminės abstrakcijos lygmens specifikavimo kokybė tenkina iškeltą reikalavimų tikslinimo kriterijų, tad ši dalis buvo laikoma išbaigta.

Vykdamas reikalavimų specifikacijos tikslinimo vertinimą lygiagrečiai buvo vykdomas ir suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elementų vertinimas.

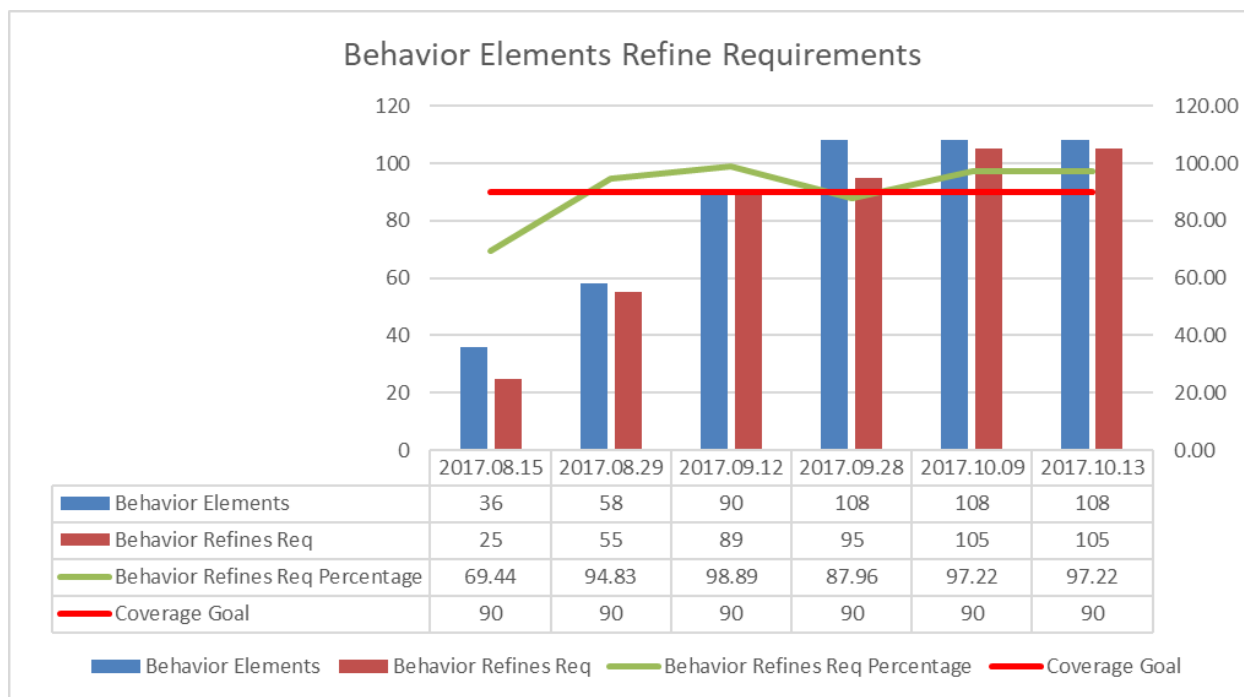


4.3 pav. Suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elementų diagrama

4.3 pav. pateikta suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elgsenos, struktūros ir parametru elementų diagrama. Diagrama pateikia metrikų rezultatus, sugeneruotus atliekant tikslinančių elementų metrikų grupės skaičiavimus. Elementų, specifikuotų probleminiame abstrakcijos lygmenyje, panaudojimas tikslinti suinteresuotų asmenų poreikius užtruko du mėnesius. Per šį laikotarpį buvo atliktos šešios metrikų skaičiavimo iteracijos. Tikslinančių elementų metrikų skaičiavimai buvo atliekami lygiagrečiai su reikalavimų tikslinimo metrikų skaičiavimais. Pasiekus 91,80% suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimą ir virš 90% suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elementų buvo nuspręsta, jog reikalavimų specifikacijos probleminės abstrakcijos

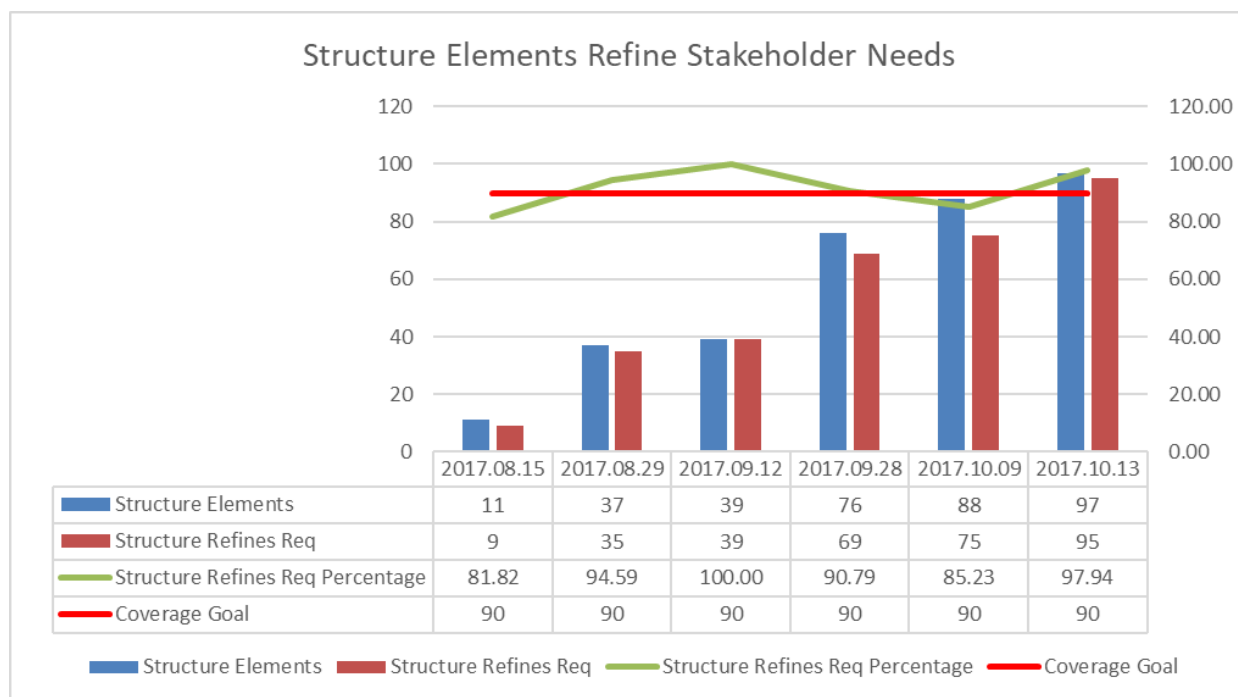
lygmens specifikuojamo korektiškumo kokybė tenkina iškeltus kriterijus, tad ši dalis buvo laikoma išbaigta.

Toliau pateikiamos detalios suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elgsenos, struktūros ir parametrų metrikų rezultatų diagramos.



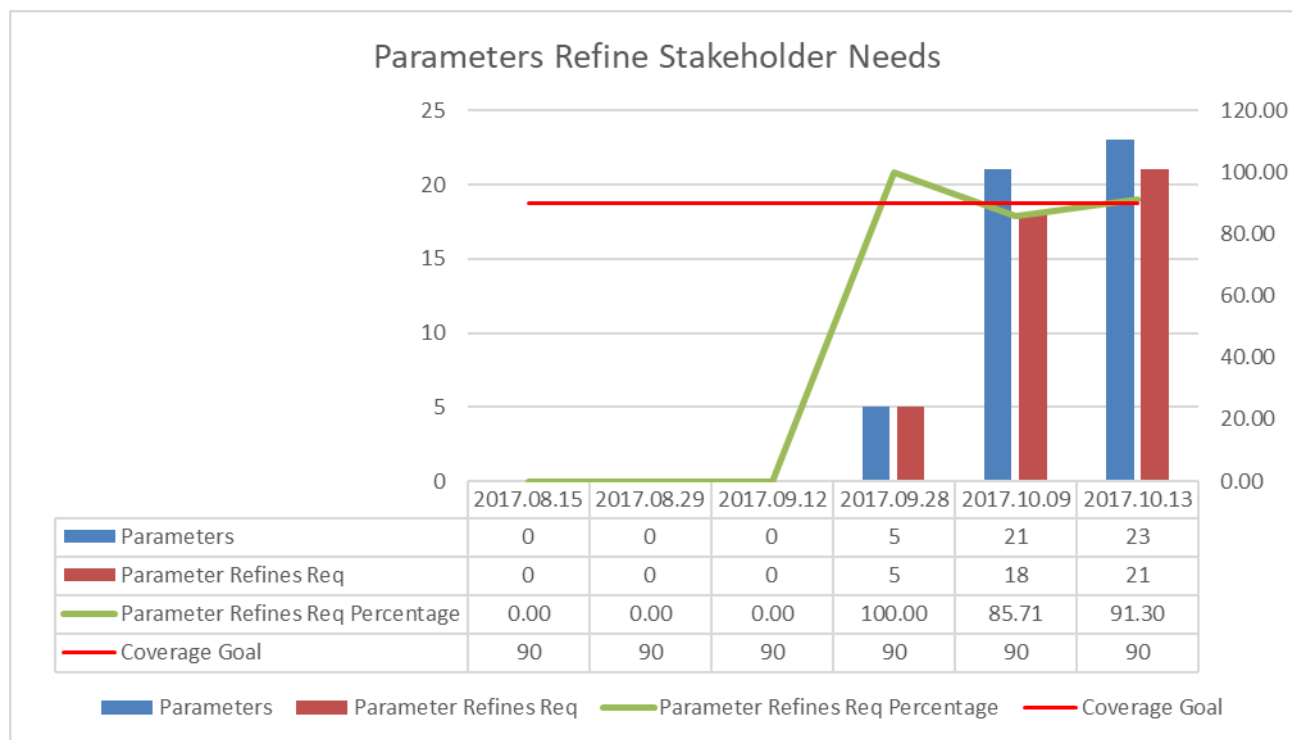
4.4 pav. Suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elgsenos elementų diagrama

4.4 pav. pateikta suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių elgsenos elementų diagrama. Ši diagrama vaizduoja atominių elgsenos elementų panaudojimą tikslinti atominius suinteresuotų asmenų poreikius.



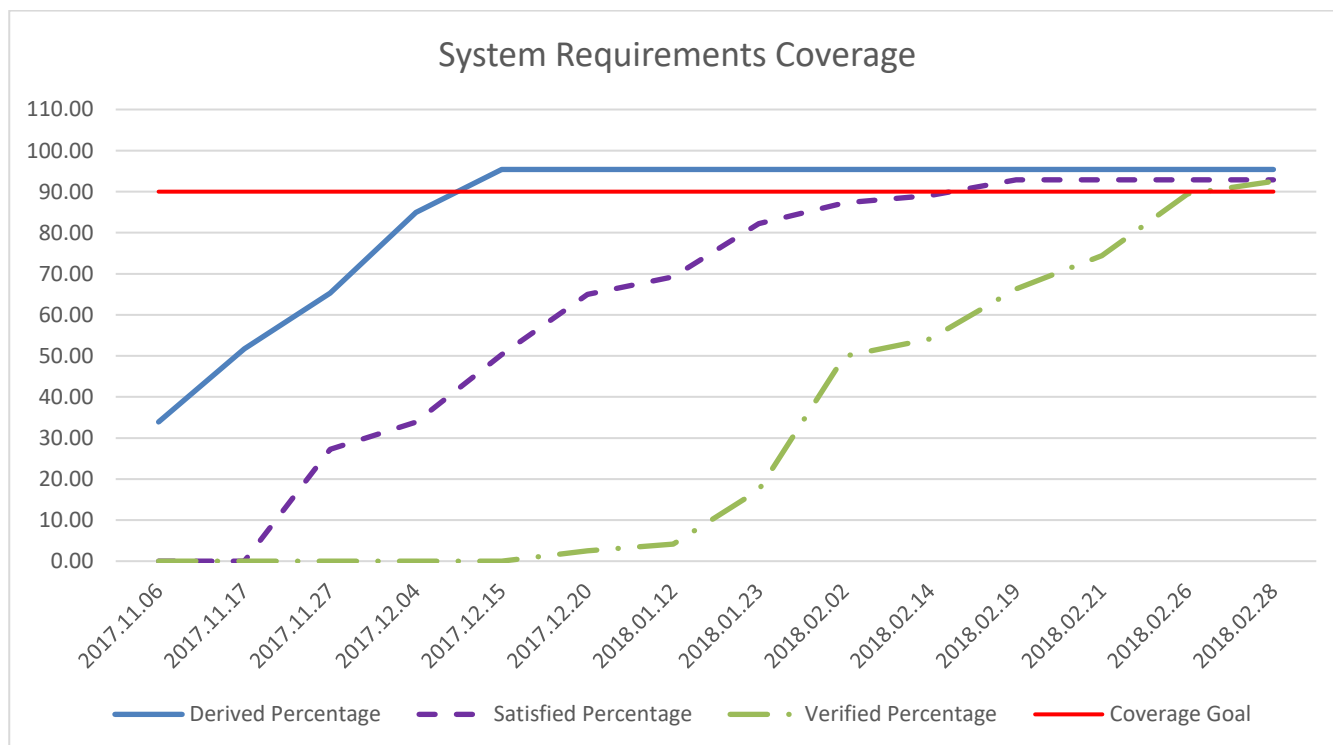
4.5 pav. Suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių struktūros elementų diagrama

4.5 pav. pateikta suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių struktūros elementų diagrama. Ši diagrama vaizduoja atominių struktūros elementų panaudojimą tikslinti atominius suinteresuotų asmenų poreikius.



4.6 pav. Suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių parametų diagrama

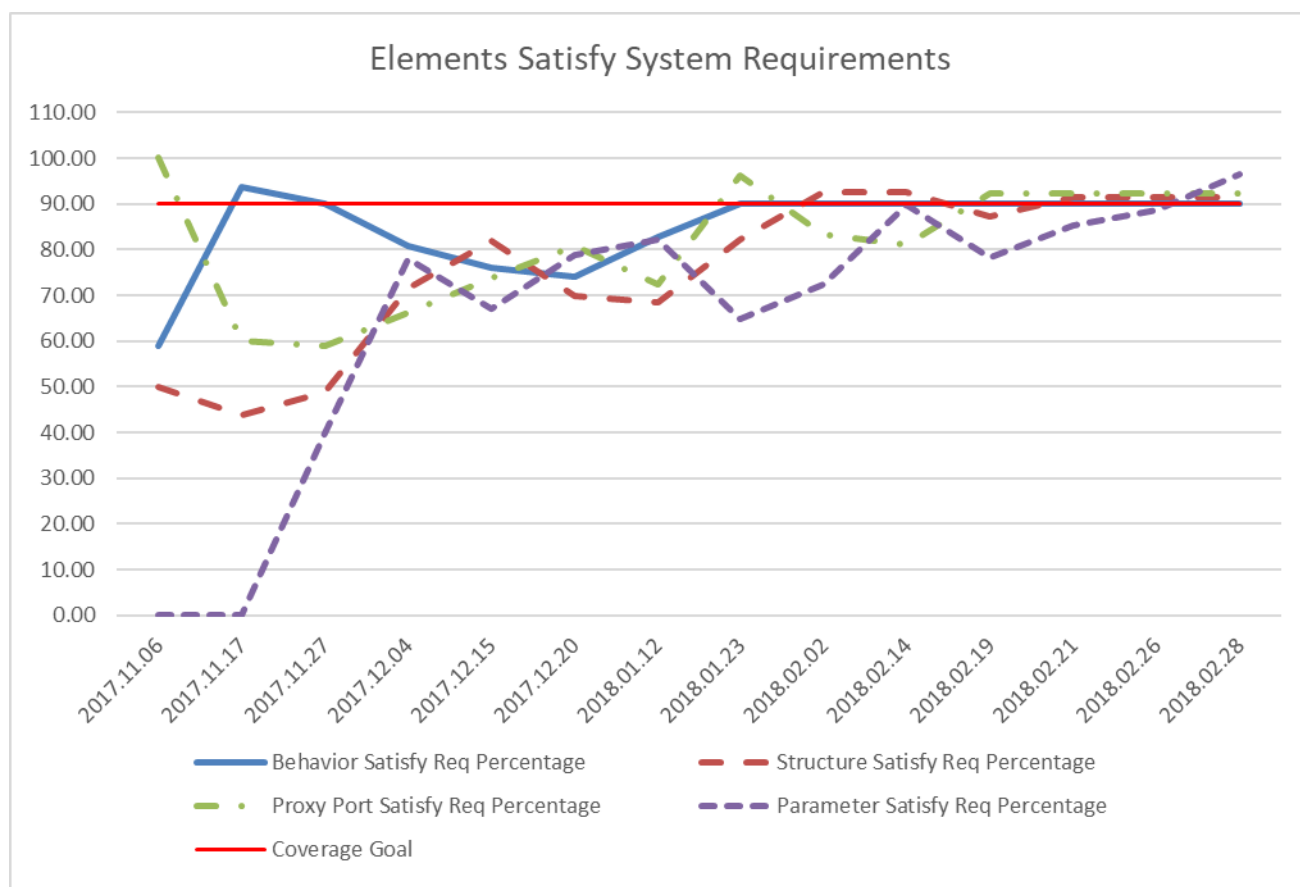
4.6 pav. pateikta suinteresuotų asmenų poreikius tikslinančių parametų diagrama. Ši diagrama vaizduoja parametų panaudojimą tikslinti atominius suinteresuotų asmenų poreikius.



4.7 pav. Sistemos reikalavimų padengimo diagrama

4.7 pav. pateikta sistemos reikalavimų padengimo diagrama, kurioje pateikta sistemos reikalavimų išvedimas iš suinteresuotų asmenų poreikių, sistemos reikalavimų tenkinimas ir verifikavimas. Sistemos reikalavimų padengimas užtruko trys su puse mėnesio. Per šį laikotarpį buvo atliktos keturiolika metrikų skaičiavimo iteracijų. Pasiekus sistemos reikalavimų išvedimo, tenkinimo ir verifikavimo metrikų rezultatus virš 90% buvo nuspręsta, jog reikalavimų specifikacijos sprendimo abstrakcijos lygmens specifikavimo išbaigtumo kokybė tenkina iškeltus kriterijus, ši dalis buvo laikoma išbaigta.

Vykdamas reikalavimų specifikacijos tenkinimo vertinimą lygiagrečiai buvo vykdomas ir sistemos reikalavimus tenkinančių elementų vertinimas.



4.8 pav. Sistemos reikalavimus tenkinančių elementų diagrama

4.8 pav. pateikta sistemos reikalavimus tenkinančių elgsenos, struktūros, sąsajos ir parametru diagrama. Diagrama pateikia metrikų rezultatus, sugeneruotus atliekant tenkinančių elementų metrikų grupės skaičiavimus. Elementų, specifikuotų sprendimo abstrakcijos lygmenyje, panaudojimas tenkinti sistemos reikalavimus užtruko tris su puse mėnesio. Per šį laikotarpį buvo atliktos keturiolika metrikų skaičiavimo iteracijų. Pasiekus virš 90% sistemos reikalavimų tenkinimą ir sistemos reikalavimus tenkinančių elementų padengimą buvo nuspręsta, jog reikalavimų specifikacijos sprendimo abstrakcijos lygmens specifikavimo korektiškumo kokybė tenkina iškeltus kriterijus, tad ši dalis buvo laikoma išbaigta.

4.3. Eksperimentinio tyrimo vertinimas

Šiame poskyryje pateiktas projekto vadovo vertinimas po atlikto reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo eksperimentinio tyrimo, reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo kiekybinės bei kokybinės charakteristikos.

Projekto vadovo vertinimas po atlikto metodo eksperimentinio tyrimo

Po atlikto reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo eksperimentinio tyrimo vykdant komercinį projektą, projekto vadovas pateikė šias išvadas:

1. skaičiuojant reikalavimų specifikacijos išbaigtumo metrikas buvo nustatyti nepatiksinti, nepatenkinti ir neverifikuoti reikalavimai modelio elementais. Peržiūrint reikalavimus, buvo nustatyti trūkstami reikalavimų padengimo ryšiai.
2. skaičiuojant reikalavimų specifikacijos korektiškumo metrikas buvo nustatyti modelio elementai, kurie yra specifikuoti, tačiau nėra susieti su reikalavimais. Peržiūrint reikalavimų specifikaciją, buvo pašalinti pertekliniai modelio elementai bei nustatyti trūkstami padengimo ryšiai tarp reikalavimų ir modelio elementų.
3. skaičiuojant metrikas reikalavimų specifikacijos rengimo metu buvo išvengta klaidų susijusių su reikalavimų išbaigtumu bei korektiškumu. Reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo matavimas padeda užtikrinti aukštą reikalavimų specifikacijos kokybę.

Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo kiekybinės charakteristikos

Žemiau pateikiamos automatizuoto reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo kiekybinės charakteristikos:

- metodą sudaro 2 reikalavimų specifikacijos įvertinimo sritys: išbaigtumas ir korektiškumas;
- reikalavimų išbaigtumo įvertinimo sritis apima 4 metrikų rinkinius:
 - reikalavimų tikslinimo metrikų grupė apima 3 metrikos;
 - reikalavimų tenkinimo metrikų grupė apima 12 metrikų;
 - reikalavimų išvedimo metrikų grupė apima 3 metrikos;
 - reikalavimų padengimo metrikų grupė apima 8 metrikos;
- reikalavimų korektiškumo įvertinimo sritis apima 3 metrikų rinkinius:
 - reikalavimus tikslinančių elementų metrikų grupė apima 12 metrikų;
 - reikalavimus tenkinančių elementų metrikų grupė apima 12 metrikų;
 - reikalavimus verifikuojančių elementų metrikų grupė apima 3 metrikos;
- metodas apima 12 reikalavimų specifikacijos etapų pagal „MBSE Grid“ metodą:
 - 8 problemos abstrakcijos lygmens etapas;
 - 4 sprendimo abstrakcijos lygmens etapas;

- metodą sudaro 53 metrikos, įskaitant reikalavimų padengimą procentinėmis išraiškomis.

Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodo kokybinės charakteristikos

Žemiau pateikiamos automatizuoto reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo kokybinės charakteristikos:

- metodo pritaikomumas. Metodas parengtas taikant SysML principus, kas leidžia reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodą pritaikyti kitoms modeliais grindžiamoms reikalavimų specifikacijos metodikoms;
- automatizuotas metrikų skaičiavimas. Metodas pateikia automatizuotą reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimą. Nurodžius objektus, kuriems bus atliekamas metrikų skaičiavimas, automatiškai suskaičiuojamas reikalavimų padengimas bei pateikiami rezultatai;
- reikalavimų specifikacijos išbaigtumo užtikrinimas. Metodas apima reikalavimų tikslinimo, tenkinimo, išvedimo ir verifikavimo įvertinimą. Skaičiuojant šias metrikas reikalavimų specifikacijos rengimo laikotarpiu, suinteresuoti asmenys gali laiku priimti reikiamus sprendimus lemiančius aukštą reikalavimų specifikacijos išbaigtumo kokybę. Išbaigtumo sekimas užtikrina, jog kiekvienas atominis reikalavimas būtų padengtas atominiu modelio elementu;
- reikalavimų specifikacijos korektiškumo užtikrinimas. Metodas apima reikalavimus tikslinančių, tenkinančių bei verifikuojančių elementų įvertinimą. Skaičiuojant šias metrikas reikalavimų specifikacijos rengimo laikotarpiu yra užtikrinama aukšta reikalavimų specifikacijos kokybė. Korektiškumo sekimas užtikrina, jog kiekvienas atominis modelio elementas būtų panaudotas atominių reikalavimų dengimui;
- skaitinės reikalavimų specifikacijos įvertinimo reikšmės. Automatizuotas metodas pateikia reikalavimų padengimo bei reikalavimus dengiančių elementų panaudojimo įvertinimą skaitinėmis reikšmėmis bei procentine padengimo išraiška;
- metrikų duomenų analizė. Metrikų rezultatai gali būti eksportuoti į .xlsx failą, kuriame sukuriama grafinė diagrama reprezentuojančios metrikų duomenis įvairiais aspektais. Projektų vadovai bei kiti suinteresuoti asmenys gali lengviau bei greičiau atlikti analizę bei sekti reikalavimų specifikacijos korektiškumo bei išbaigtumo būseną tam tikru liko momentu;
- minimalios programinės žinios. Realizuotos reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo metrikos gali būti pakoreguotos bei pritaikytos pagal naudojamą reikalavimų specifikacijos rengimo metodiką, pasitelkiant bazines programines žinias;

- metodo panaudojamumas. Sukurtą metodą galima taikyti rengiant naują reikalavimų specifikaciją, kaip priemonę sekti reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimą arba taikyti jau parengtai reikalavimų specifikacijai, norint įvertinti jos esamą kokybę.

Įvertinus gautas išvadas po atlikto eksperimentinio tyrimo bei nustatytas sukurto reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo kiekybines bei kokybines charakteristikas galima teigti, kad magistro darbe parengtas metodas yra tinkamas išsamiai ir tiksliai įvertinti reikalavimų specifikacijos išbaigtumą bei korektiškumą modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos procese.

4.4. Metodo taikymo rekomendacijos

Žemiau išvardintos automatizuoto reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodo taikymo rekomendacijos:

1. prieš pradėdant reikalavimų specifikacijos rengimo procesą, rekomenduojama nusistatyti kriterijus reikalavimų specifikacijos išbaigtumo bei korektiškumo metrikoms. Nustatytas kriterijus nurodytų reikalavimų specifikacijos abstrakcijos lygmens ar tam tikro aspekto reikalavimų padengimo tenkinimo ribą, kurią pasiekus reikalavimų specifikacijos etapas būtų laikomas kokybiškai sumodeliuotas;
2. reikalavimų specifikacijos išbaigtumo bei korektiškumo metodo metrikos turi būti skaičiuojamos priklausomai nuo reikalavimų specifikacijos apimančių etapų. Jei reikalavimų specifikacija neapima visų etapų apibrėžtą „MBSE Grid“ metode, tuomet metrikos turi būti atitinkamai pasirinktos pagal reikalavimų specifikacijos apimančius aspektus;
3. metrių skaičiavimo algoritmai gali būti pakeisti išlaikant metodo principus, jei reikalavimai nėra specifikuojami taikant reikalavimų kategorijas. Reikalavimų tenkinimo metrika skaičiuotų reikalavimų patenkinimą neatsižvelgiant į reikalavimų kategorijas bei dengiančių modelio elementų tipus;
4. sugeneruotų metrių rezultatų analizę rekomenduojama atlikti generuojant .xlsx failo ataskaitas. Patogesnei reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo analizei atlikti rekomenduojama pasitelkti įvairaus pobūdžio grafines diagramas.

4.5. Eksperimentinio tyrimo išvados

Atlikus metodo eksperimentinį tyrimą buvo nustatytos šios išvados:

1. Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodas išbandytas rengiant komercinio projekto reikalavimų specifikaciją. Eksperimentinis tyrimas parodė, jog taikant metodą

reikalavimų specifikacijos rengimo metu yra išvengiamos klaidos susijusios su reikalavimų išbaigtumu bei korektiškumu. Sekant reikalavimų išbaigtumą bei korektiškumą atsakingi asmenys gali laiku priimti reikiamus sprendimus, kurie užtikrintų aukštą reikalavimų specifikacijos kokybę.

2. Atlikus metodo eksperimentinį tyrimą buvo gauti projekto komandos išvados, kurios patvirtino reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo metodo metrikų teikiamą naudą reikalavimų specifikacijos rengimo metu. Remiantis gautomis išvadomis buvo nuspręsta sukurti metodo metrikas realizuoti „MagicDraw“ įrankyje.

5. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS

1. Išnagrinėjus reikalavimų valdymo procesą modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos kontekste buvo nustatyta, jog reikalavimų būsenos sekimas bei reikalavimų atsekamumas padeda užtikrinti aukštą reikalavimų specifikacijos kokybę visose sistemos kūrimo gyvavimo ciklo etapuose.
2. Atlikus esamų reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo metodų analizę nustatyta, jog nėra metodo, kuris apimtų visų reikalavimų specifikacijos rengimo etapų įvertinimą bei būtų pritaikomas modeliais grindžiamos sistemų inžinerijos procese. Tai patvirtina, jog reikalingas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas modeliais grindžiamos sistemos inžinerijos procese.
3. Išnagrinėjus SysML ir „MBSE Grid” metodą buvo nustatytos reikalavimų padengimo metrikos nusakančios reikalavimų specifikacijos išbaigtumą bei korektiškumą: reikalavimų tikslinimas, tenkinimas, verifikavimas bei išvedimas. Reikalavimų tikslinimo ir padengimo metrikos smulkinamos į elgsenos, struktūros, parametrų. Pasitelkus nustatytas metrikas, galima nustatyti sistemos modelio išbaigtumą bei korektiškumą.
4. Parengtas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas leidžia įvertinti reikalavimų specifikaciją įvairiais pjūviais. Tokiu būdu užtikrinama aukšta kiekvieno reikalavimo specifikacijos etapo kokybė.
5. Realizuotas automatizuotas reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo įvertinimo metodas apima reikalavimų padengimo įvertinimo metrikas, kurios gali būti konfigūruojamos bei pritaikomos skirtingoms modeliais grindžiamoms reikalavimų specifikacijos metodikoms.
6. Reikalavimų specifikacijos įvertinimo metodas išbandytas rengiant komercinio projekto reikalavimų specifikaciją. Eksperimentinis tyrimas parodė, jog taikant metodą reikalavimų specifikacijos rengimo metu yra išvengiamos klaidos susijusios su reikalavimų išbaigtumu bei korektiškumu. Sekant reikalavimų išbaigtumą bei korektiškumą atsakingi asmenys gali laiku priimti reikiamus sprendimus, kurie užtikrintų aukštą reikalavimų specifikacijos kokybę.
7. Atlikus metodo eksperimentinį tyrimą buvo gauti projekto komandos išvados, kurios patvirtino reikalavimų specifikacijos išbaigtumo ir korektiškumo metodo metrikų teikiamą naudą reikalavimų specifikacijos rengimo metu. Remiantis gautomis išvadomis buvo nuspręsta sukurti metodo metrikas realizuoti „MagicDraw“ įrankyje.

6. LITERATŪRA

- [1] P. M. Institute, „PMI's Pulse of the profession®: Requirements management-A core competency for project and program success,“ Newtown Square, 2014.
- [2] P. Laplante, „Requirements Engineering for Software and Systems,“ London, CRC' Press, 2013, p. 2.
- [3] B. Nuseibeh, S. Easterbrook, „Requirements engineering: a roadmap,“ ACM, New York, 2000.
- [4] R. Butleris, „Informacinių sistemų reikalavimų analizė ir specifikavimas,“ Kaunas, Studijų modulio paskaitų medžiaga, 2015, p. 7.
- [5] K. E. Wiegers, „When Telepathy Won't Do: Requirements Engineering Key Practices,“ *Cutter IT Journal*, May 2000.
- [6] I. Sommerville, P. Sawyer, „Requirements Engineering: A good practice guide,“ New York, Wiley, 1997, p. 112.
- [7] G. Kotonya, I. Sommerville, „Requirements Engineering Processes and Techniques,“ England, Wiley, 1998, pp. 57-58, 77-79.
- [8] K. Wiegers, J. Beatty, „Software Requirements,“ Washington, Microsoft Press, 2013, p. 50.
- [9] B. O'Sullivan, „Mercurial: the Definitive Guide,“ United State of America, O'Reilly Media, 2009, p. 2.
- [10] M. Kossmann, „Requirements Management– How to Ensure You Achieve What You Need from Your Projects,“ London, Routledge, 2016, p. 1.
- [11] „Requirements Engineering Certification Study Guide,“ TnBSolutions, 2010, pp. 74-75.
- [12] H. Sultanov, J.H. Hayes, „Application of reinforcement learning to requirements engineering: requirements tracing,“ įtraukta *Requirements Engineering Conference*, 2013.
- [13] J. Matthias, „Requirements Tracing,“ *Communications of the ACM*, t. 41, p. 12, 1998.
- [14] J. Cleland-Huang, O. Gotel, A. Zisman, „Software and systems traceability,“ New York, Springer, 2012, pp. 5-6, 74.
- [15] OMG, „WHAT IS UML,“ [Tinkle]. Available: <http://www.uml.org/what-is-uml.htm>. [Kreiptasi 8 sausio 2018].
- [16] V. Corporation, „Systems Engineering,“ Virginia, 2010.
- [17] D. Dori, įtraukta *Model-Based Systems Engineering with OPM and SysML*, New York, Springer, 2016, p. 136.
- [18] S. Friedenthal, C. Oster, *Architecting Spacecraft with SysML*, Wroclaw, 2017.
- [19] S. Friedenthal, A. Moore, R. Steiner, įtraukta *A Practical Guide to SysML– The Systems Modeling Language*, United Sates of America, The MK/OMG Press, 2014, p. 32.

- [20] S. Friedenthal, A. Moore, R. Steiner, „OMG Systems Modeling Language Tutorial,“ Rugsėjis 2009. [Tinkle]. Available: <http://www.omg.sysml.org/INCOSE-OMGSysML-Tutorial-Final-090901.pdf>. [Kreiptasi 27 Gruodžio 2016].
- [21] „SysML Plugin Documentation,“ No Magic, 09 November 2015. [Tinkle]. Available: <https://docs.nomagic.com/display/SYSMLP182/SysML+Plugin+Documentation>. [Kreiptasi 27 Gruodžio 2016].
- [22] „OMG Systems Modeling Language,“ 03 June 2016. [Tinkle]. Available: <http://www.omg.org/spec/SysML/1.4/PDF>. [Kreiptasi 28 Gruodžio 2016].
- [23] T. Weillkiens, įtraukta *Systems Engineering with SysML/UML– Modeling, Analysis, Design*, United States of America, The MK/OMG Press, 2011, pp. 226-238.
- [24] A. Morkevicius, L. Bisikirskiene, N. Jankevicius, „We Choose MBSE:What’s Next?,“ įtraukta *Proceedings of the Sixth International Conference on Complex Systems Design & Management, CSD&M*, 2015.
- [25] H. P. Hoffmann, „IBM Rational Harmony Deskbook,“ 2011.
- [26] A. Morkevičius, A. Aleksandravičienė, D. Mažeika, L. Bisikirskienė, Ž. Strolia, „MBSE Grid: A Simplified SysML-Based Approach for Modeling Complex Systems,“ įtraukta *27th Annual INCOSE International Symposium*, Adelaide, Australia, 2017.
- [27] P. Pearce, M. Hause, „ISO-15288, OOSEM and Model-Based Submarine Design,“ 2008.
- [28] Vitech. [Tinkle]. Available: <http://www.vitechcorp.com/solutions/strata.shtml>. [Kreiptasi 23 Vasario 2018].
- [29] J. Estefan, „INCOSE Survey of MBSE Methodologies,“ INCOSE TD 2007-003-02, Seattle, WA, USA, 2008.
- [30] D. Mažeika, A. Morkevičius, A. Aleksandravičienė, „MBSE Driven Approach for Defining Problem,“ įtraukta *11th System of Systems Engineering Conference (SoSE)*, Kongsberg,, 2016.
- [31] Lian Yu, Shuang Su, Shan Luo, Yu Su, „Completeness and Consistency Analysis on Requirements of Distributed,“ įtraukta *2nd IFIP/IEEE International Symposium on Theoretical Aspects of Software Engineering*, 2008.
- [32] M. M. Mora, C. Denger, „Requirements metrics: an initial literature survey on measurement approaches for requirements specifications,“ Fraunhofer IESE, 2003.
- [33] Mohammad Ubaidullah Bokhari, Shams Tabrez Siddiqui, „Metrics for Requirements Engineering and Automated Requirements Tools,“ įtraukta *5th National Conference*; , 2011.
- [34] A. Giorgetti, A. Hammad and B. Tatibouët, „Using SysML for Smart Surface Modeling,“ įtraukta *First Workshop on Hardware and Software Implementation and Control of Distributed MEMS* , France, 2010.

- [35] N. Mahmud, C. Seceleanu and O. Ljungkrantz, „ReSA Tool: Structured requirements specification and SAT-based consistency-checking,“ ĩtraukta *Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, Gdansk, 2016.
- [36] T. Avdeenko and N. Pustovalova, „The ontology-based approach to support the completeness and consistency of the requirements specification,“ ĩtraukta *International Siberian Conference on Control and Communications*, Omsk, 2015.
- [37] S. K. Kim and D. Carrington, „A formal object-oriented approach to defining consistency constraints for UML models,“ ĩtraukta *2004 Australian Software Engineering Conference*, 2004.
- [38] André Pascal, Romanczuk Réquilé Anyya, Royer Jean-Claude, „Checking the Consistency of UML Class Diagrams Using Larch Prover,“ ĩtraukta *Rigorous Object-Oriented Methods*, York, 2000.
- [39] Tsiolakis A, Ehrig H, „Consistency Analysis of UML Class and Sequence Diagrams using Attributed Graph Grammars,“ ĩtraukta *Proc. of Joint APPLIGRAPH/GETGRATS Workshop on Graph Transformation*, 2000.
- [40] Boris Litvak, Shmuel Tyszberowicz, Amiram Yehudai, „Behavioral Consistency Validation of UML Diagrams,“ ĩtraukta *First International Conference on Software Engineering and Formal Methods (SEFM'03)*, Brisbane, Australia, 2003.
- [41] J. M. Küster, J. Stehr, „Towards Explicit Behavioral Consistency Concepts in the UML,“ ĩtraukta *Second International Workshop on Scenarios and State Machines : Models, Algorithms and Tools*, Portland, Oregon, USA, 2003.
- [42] C. Lankeit, V. Just and A. Trächtler, „Consistency analysis for requirements, functions, and system elements: Requirements for the entire development process,“ ĩtraukta *Annual IEEE Systems Conference*, 2016.
- [43] P. Nistala and P. Kumari, „An approach to carry out consistency analysis on requirements: Validating and tracking requirements through a configuration structure,“ ĩtraukta *21st IEEE International Requirements Engineering Conference*, Rio de Janeiro, 2013.
- [44] J. Chanda, A. Kanjilal, S. Sengupta and S. Bhattacharya, „Traceability of requirements and consistency verification of UML use case, activity and Class diagram: A Formal approach,“ ĩtraukta *International Conference on Methods and Models in Computer Science*, Delhi, 2009.
- [45] A. Goknil, I. Kurtev and K. V. D. Berg, „A Metamodeling Approach for Reasoning about Requirements,“ *Model Driven Architecture – Foundations and Applications*, pp. 310-325, 2008.
- [46] A. Kanjilal, S. Sengupta and S. Bhattacharya, „Analysis of object-oriented design: A metrics based approach,“ ĩtraukta *IEEE Region 10 Conference*, Singapore, 2009.
- [47] M. Monperrus, B. Baudry, J. Champeau, B. Hoeltzener, J.M. Jezeque, „Automated Measurement of Models of Requirements,“ *Software Quality Journal*, pp. 6, 13-14, 2013.

- [48] Y. Singh, S. Sabharwal, and M. Sood, „A systematic approach to measure the problem complexity of software requirement specifications of an information system,“ *Information and Management Sciences*, t. 15, pp. 69-90, 2004.
- [49] C. Gralha, „Evaluation of Requirements Models,“ įtraukta *2016 IEEE 24th International Requirements Engineering Conference (RE)*, Beijing, 2016.
- [50] M. P. E. Heimdahl, N. G. Leveson, „Completeness and Consistency Analysis of State-Based Requirements,“ įtraukta *17th International Conference on Software Engineering*, Seattle, 1995.
- [51] R. Mordinyi, S. Biffi, „Exploring Traceability Links via Issues for Detailed Requirements Coverage Reports,“ įtraukta *2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)*, Lisbon, 2017.
- [52] Y. Sun, G. Memmi and S. Vignes, „Model-Based Testing Directed by Structural Coverage and Functional Requirements,“ įtraukta *2016 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C)*, Vienna, 2016.
- [53] R. Cloutier, M. Bone, „Compilation of SysML RFI- Final Report,“ 20 02 2010. [Tinkle]. Available: https://www.nomagic.com/mbse/images/whitepapers/omg_rfi_final_report_02_20_2010-1.pdf.
- [54] S. C. Spangelo, „Applying Model Based Systems Engineering (MBSE) to a Standard CubeSat,“ įtraukta *Aerospace Conference IEEE*, 2012.
- [55] C. Delp, D. Lam, E. Fosse, Cin-Young Lee., „Model based document and report generation for systems engineering,“ įtraukta *Aerospace Conference*, 2013.
- [56] P. Godart, J. Gross, R. Mukherjee, W. Ubellacker, „Generating real-time robotics control software from SysML,“ įtraukta *IEEE Aerospace Conference*, 2017.
- [57] „omgsysml,“ OMG, [Tinkle]. Available: <http://www.omgsysml.org/what-is-sysml.htm>. [Kreiptasi 27 Decembre 2016].
- [58] Silingas, D., Butleris, R., „Towards customizing UML tools for enterprise architecture modeling,“ įtraukta *IADIS international conference*, Barcelona, 2009.
- [59] Morkevicius, A., Gudas, S, „Enterprise Knowledge Based Software Requirements Elicitation,“ *Information Technology and Control*, t. 40, nr. 3, pp. 181-190, 2011.

7. PRIEDAI

7.1. Reikalavimų padengimo modelio elementais atvejai

7.1.1. Reikalavimų tikslinimas

Šiame poskyryje aprašomi reikalavimų tikslinimo elgsenos, struktūros bei parametrų elementais atvejai. Reikalavimai susieti su modelio elementais papildymo (angl. *Refine*) ryšiu.

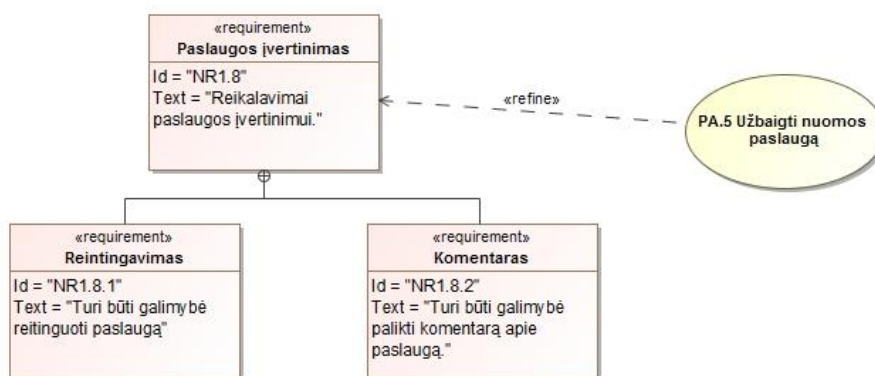
Tikslinimas Elgsenos elementais

Suinteresuotų asmenų poreikiai tikslinami panaudos atvejais (angl. *Use Case*) bei detalizuotų panaudos atvejų veiksmiais (angl. *Call Behavior Action*).

Žemiau pateikti detalizuoti reikalavimų tikslinimo elgsenos elementais atvejai bei reikalavimų tikslinimo įvertinimai.

1. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas panaudos atvejais, kurie nėra detalizuoti veiksmiais

Panaudos atvejis „PA.5 Užbaigti nuomos paslaugą“, kuris nėra detalizuotas veiksmiais, tikslina sudėtinį reikalavimą „NR1.8 Paslaugos įvertinimas“ (7.1 pav.).



7.1 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas nedetalizuotu panaudos atveju

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.1 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.1 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.1 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.8.1, NR1.8.2	100%

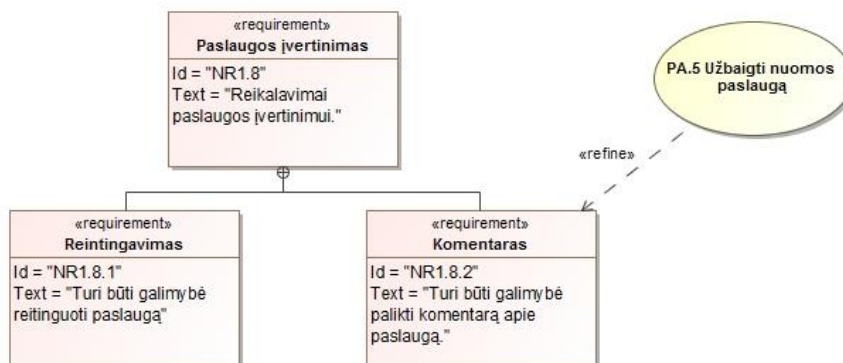
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.1 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.2 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.1 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

2. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas panaudos atvejais, kurie nėra detalizuoti veiksmis

Panaudos atvejis „PA.5 Užbaigti nuomos paslauga“, kuris nėra detalizuotas veiksmis, tikslina atominį reikalavimą „NR1.8.2 Komentaras“ (7.2 pav.).



7.2 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas nedetalizuotu panaudos atveju

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.2 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.3 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.2 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.8.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.2 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

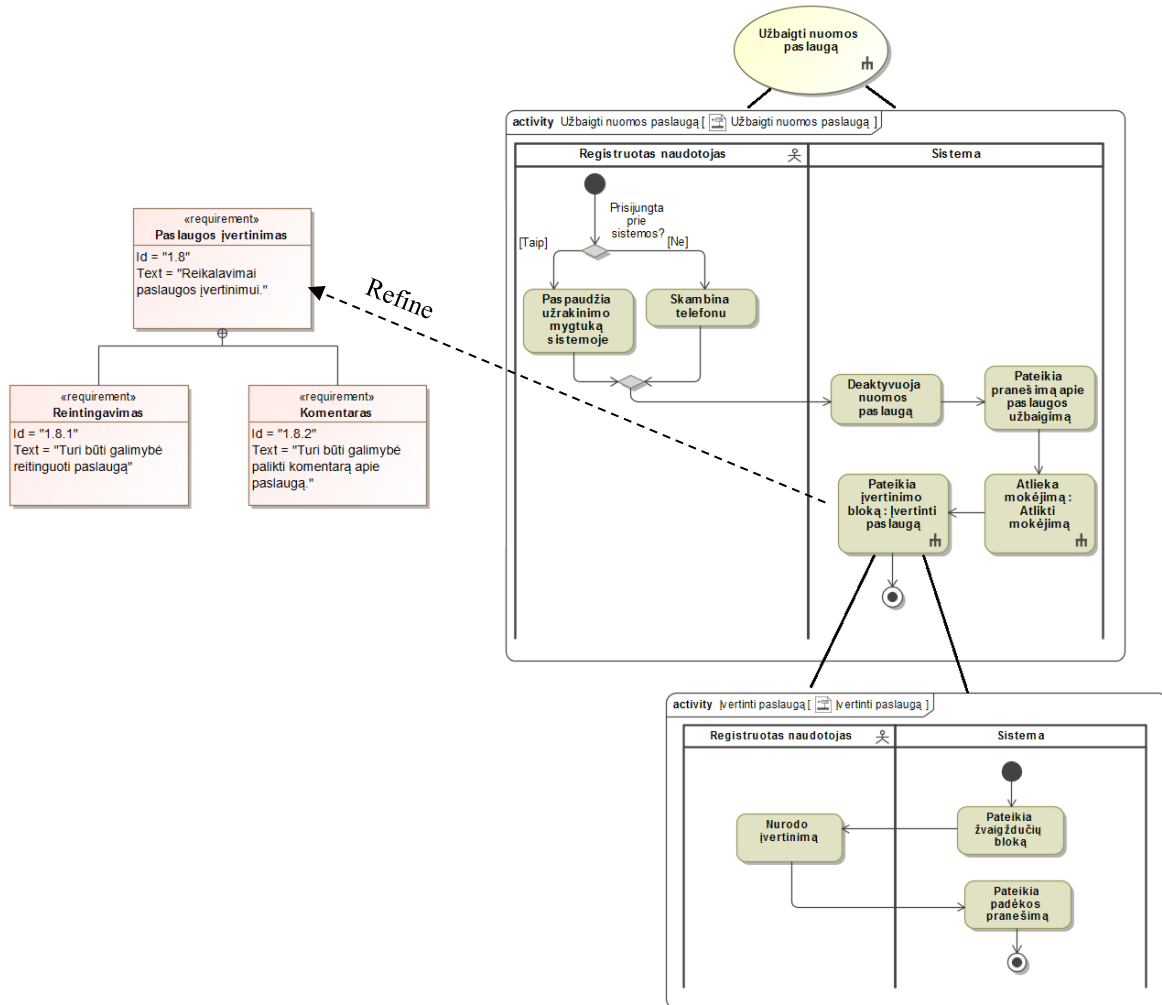
7.4 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.2 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

3. Reikalavimų tikslinimas detalizuoto panaudos atvejo veiksmiais

Reikalavimai gali būti tikslinami veiksmiais, kurie detalizuoja panaudos atvejį. Žemiau pateikti reikalavimų tikslinimo veiksmiais atvejai:

- Panaudos atvejis „Užbaigti nuomos paslaugą“ yra detalizuotas veiklos. Diagramos veiksmas „Pateikia įvertinimo bloką“ tikslina sudėtinį reikalavimą „1.8 Paslaugos įvertinimas“ (7.3 pav.).



7.3 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas sudėtinu veiksmu

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.3 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.5 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.3 pav. taikant akląjį skaičiavimą

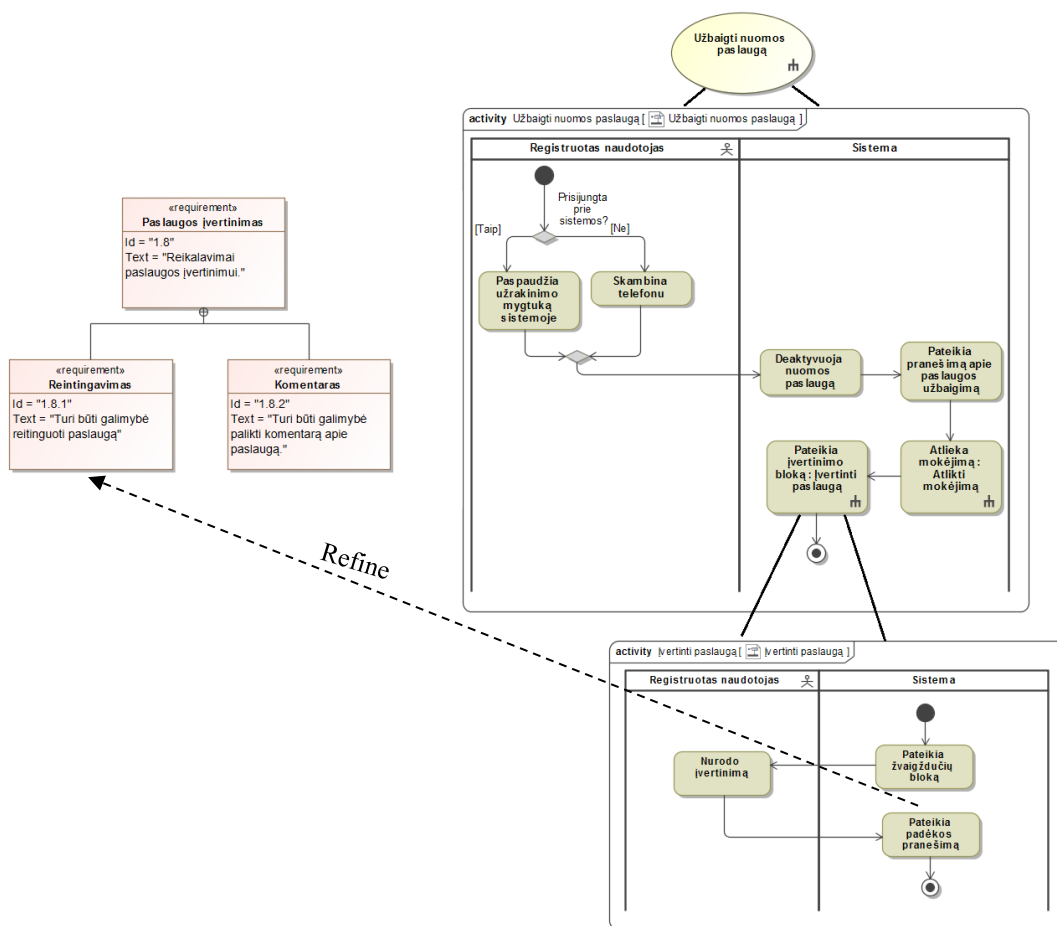
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	1.8.1, 1.8.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.3 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.6 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.3 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

- Panaudos atvejis „Užbaigti nuomos paslaugą“ yra detalizuotas veiklos diagrama. Diagramos veiksmas „Pateikia įvertinimo bloką“ taip pat yra detalizuotas veiklos diagrama. Diagramos veiksmas „Pateikia žvaigždučių bloką“ tikslina atominį reikalavimą „1.8.1 Reitingavimas“ (7.4 pav.)



7.4 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas sudėtinio veiksmo elementu

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.4 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.7 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.4 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	1.8.1	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.4 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.8 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.4 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	1.8.1	50%

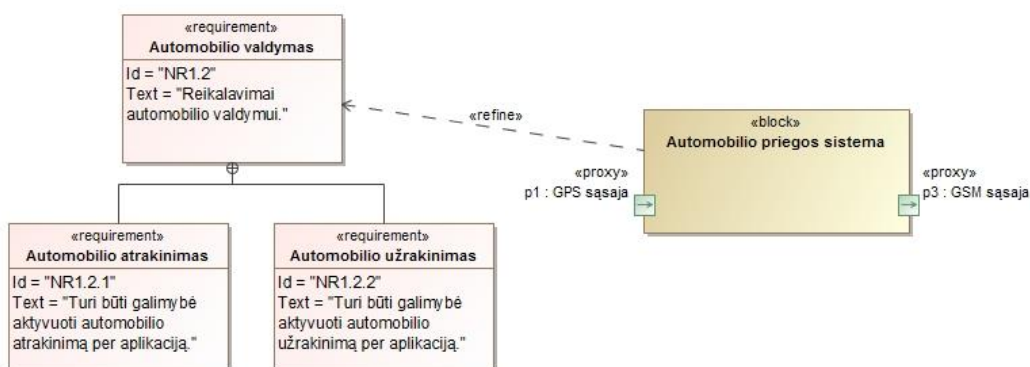
Tikslinimas Struktūros elementais

Suinteresuotų asmenų poreikiai tikslinami blokais (angl. *Bock*), jungtimis (angl. *Port*) ir vidinėmis bloko dalimis (angl. *Part*).

Žemiau pateikti detalizuoti reikalavimų tikslinimo struktūros elementais atvejai bei reikalavimų tikslinimo įvertinimas.

1. Sudėtinio reikalavimo tikslinimas nedetalizuotu bloku

Blokas „Automobilio priegos sistema“, kuris nėra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis, tikslina sudėtinį reikalavimą „NR1.2 Automobilio valdymas“ (7.5 pav.).



7.5 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas nedetalizuotu bloku

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.5 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.9 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.5 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų skaičius	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.2.1, NR1.2.2	100%

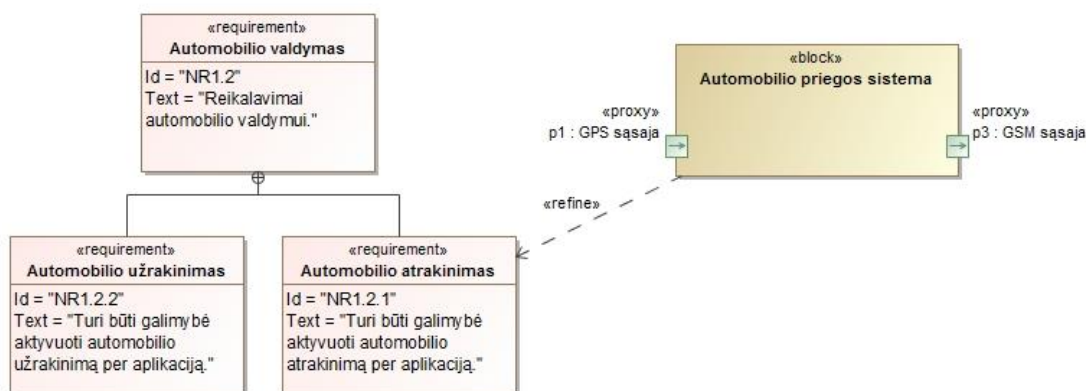
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.5 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.10 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.5 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

2. Atominio reikalavimo tikslinimas nedetalizuotu bloku

Blokas „Automobilio prieigos sistema“, kuris nėra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis, tikslina atominį reikalavimą „NR1.2.1 Automobilio atrakinimas“ (7.6 pav.).



7.6 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas nedetalizuotu bloku

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.6 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.11 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.6 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.2.1	50%

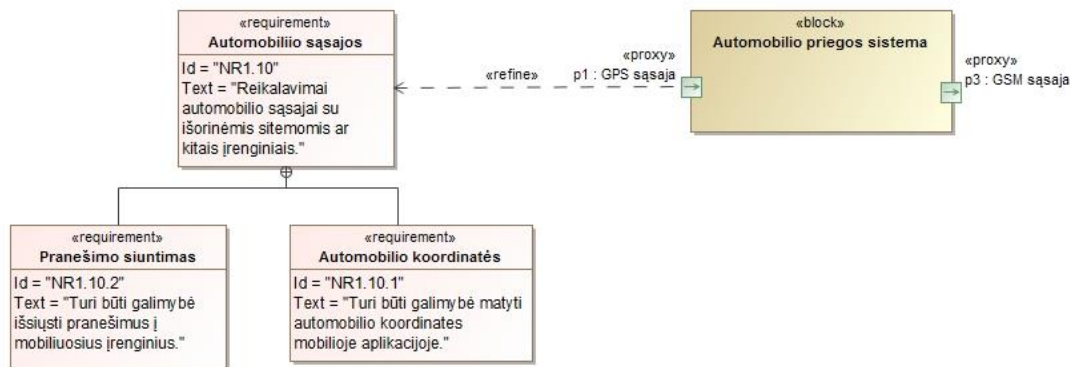
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.6 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.12 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.6 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.2.1	50%

3. Sudėtinio reikalavimo tikslinimas jungtimis

Bloko jungtis „p1“, kurios tipas „GPS sąsaja“ tikslina sudėtinį reikalavimą „NR1.10 Automobilio sąsajos“ (7.7 pav.).



7.7 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas bloko jungtimi

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.7 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.13 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.7 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų skaičius	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.10.1, NR.1.10.2	100%

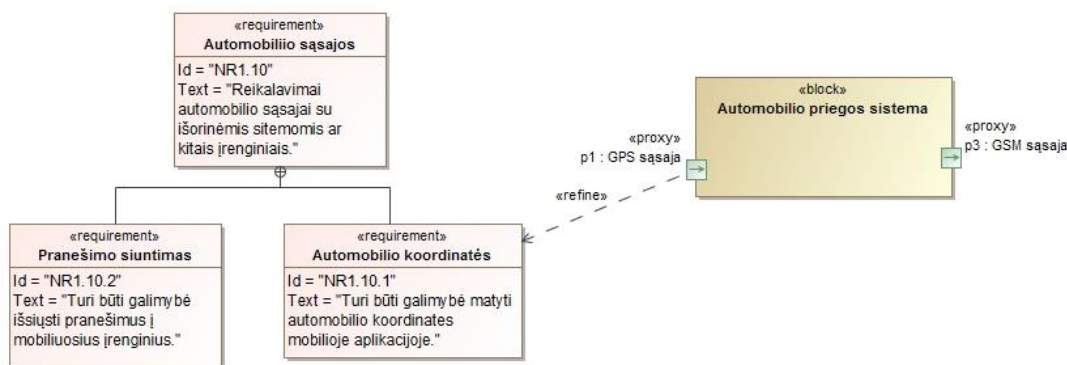
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.7 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.14 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.7 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

4. Atominio reikalavimo tikslinimas jungtimis

Bloko jungtis „p1“, kurios tipas „GPS sąsaja“ tikslina atominį reikalavimą „NR1.10.1 Automobilio koordinatės“ (7.8 pav.).



7.8 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas bloko jungtimi

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.8 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.15 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.8 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.10.1	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.8 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

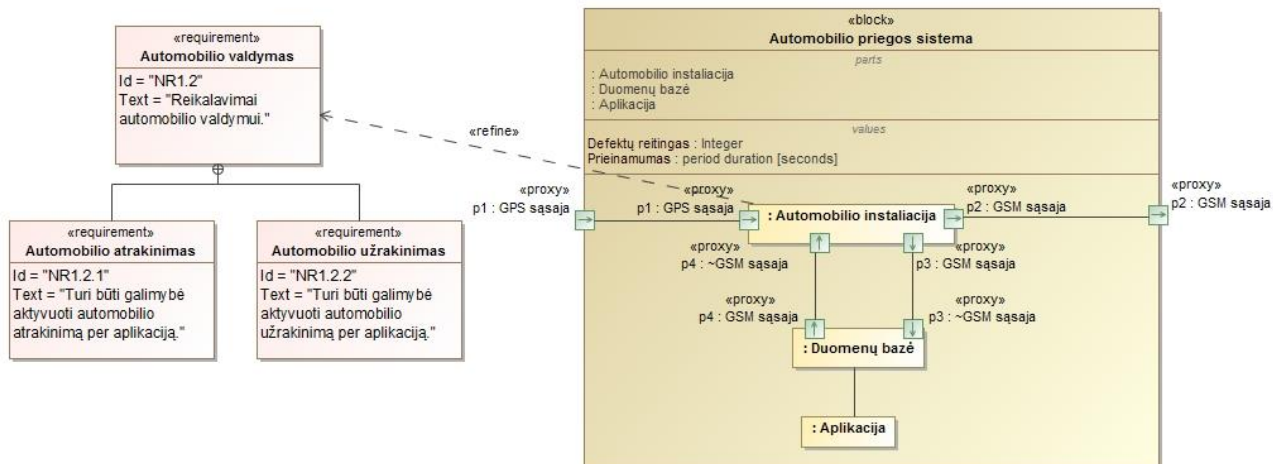
7.16 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.8 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.10.1	50%

5. Reikalavimo tikslinimas vidinėmis bloko dalimis

Reikalavimas gali būti tikslinamas vidinėmis bloko dalimis (angl. *Part*). Žemiau pateikti reikalavimo tikslinimo vidinėmis bloko dalimis atvejai:

- Blokas „Automobilio priegos sistema“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Automobilio instaliacija“ tikslina sudėtinį reikalavimą „NR1.2 Automobilio valdymas“ (7.9 pav.).



7.9 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidinėmis bloko dalimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.9 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.17 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.9 pav. taikant akląjį skaičiavimą

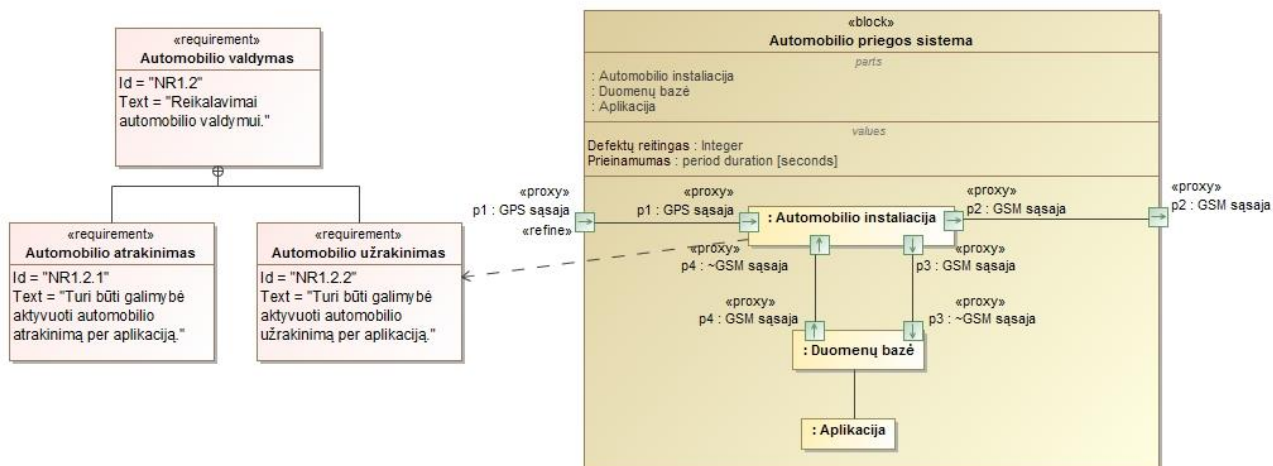
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.2.1, NR1.2.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.9 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.18 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.9 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

- Blokas „Automobilio priegos sistema“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Automobilio instaliacija“ tikslina atominį reikalavimą „NR1.2.2 Automobilio užrakinimas“ (7.10 pav.).



7.10 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidinėmis bloko dalimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.10 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.19 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.10 pav. taikant akląjį skaičiavimą

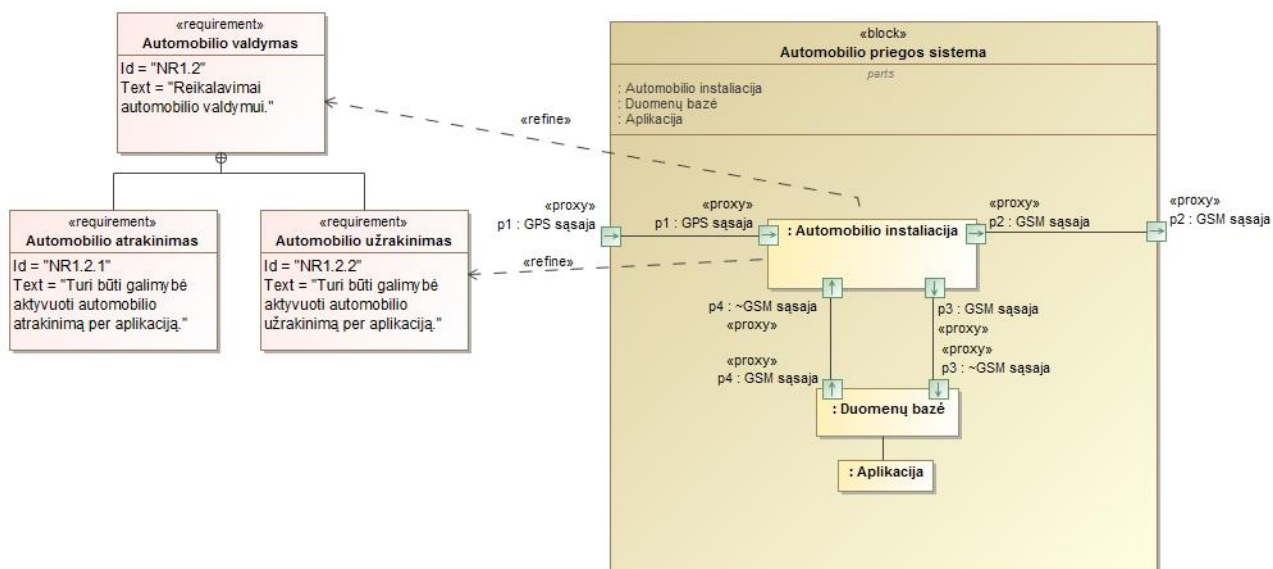
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.2.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.10 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.20 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.10 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.2.2	50%

- Blokas „Automobilio priegos sistema“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Automobilio instaliacija“ tikslina sudėtinį reikalavimą „NR1.2 Automobilio valdymas“ bei atominį reikalavimą „NR1.2.2 Automobilio užrakinimas“ (7.11 pav.).



7.11 pav. Sudėtinio ir atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidinėmis bloko dalimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.11 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.21 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.11 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.2.1, NR1.2.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.11 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

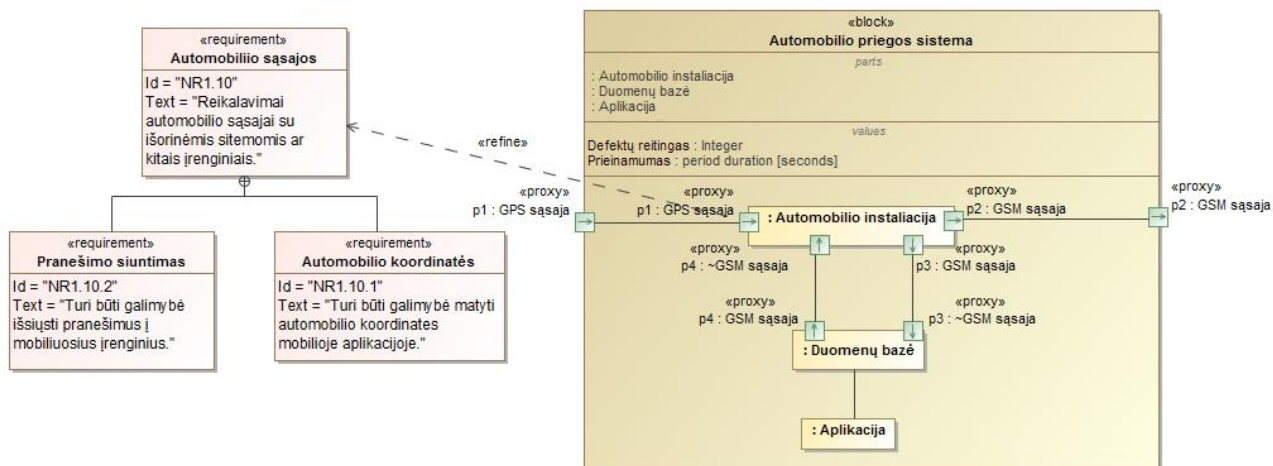
7.22 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.11 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.2.2	50%

6. Reikalavimo tikslinimas vidinėmis bloko jungtimis

Reikalavimas gali būti tikslinamas vidinėmis bloko jungtimis (angl. *Port*). Žemiau pateikti reikalavimo tikslinimo vidinėmis bloko jungtimis atvejai:

- Blokas „Automobilio priegos sistema“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Automobilio instaliacija“ turi jungtį „p1 : GPS sąsaja“, kuri tikslina sudėtinį reikalavimą „NR1.10 Automobilio sąsajos“ (7.12 pav.).



7.12 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidine bloko jungtimi

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.12 pav. atvejį, taikant akląją skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.23 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.12 pav. taikant akląją skaičiavimą

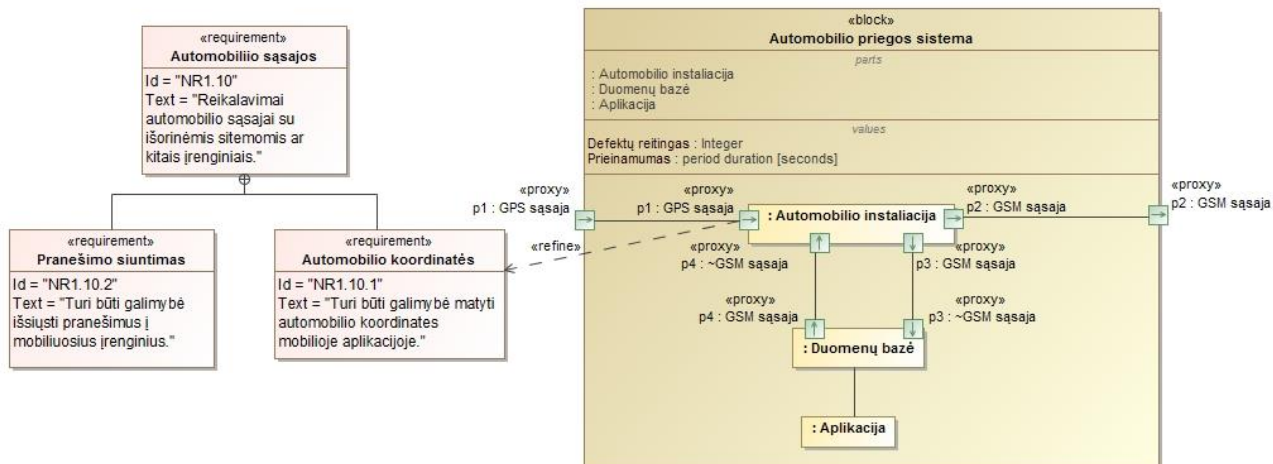
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.10.1, NR1.10.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.12 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.24 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.12 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

- Blokas „Automobilio priegos sistema“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Automobilio instaliacija“ turi jungtį „p1 : GPS sąsaja“, kuri tikslina atominį reikalavimą „NR1.10.1 Automobilio koordinatės“ (7.13 pav.).



7.13 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas vidine bloko jungtimi

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.13 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.25 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.13 pav. taikant akląjį skaičiavimą

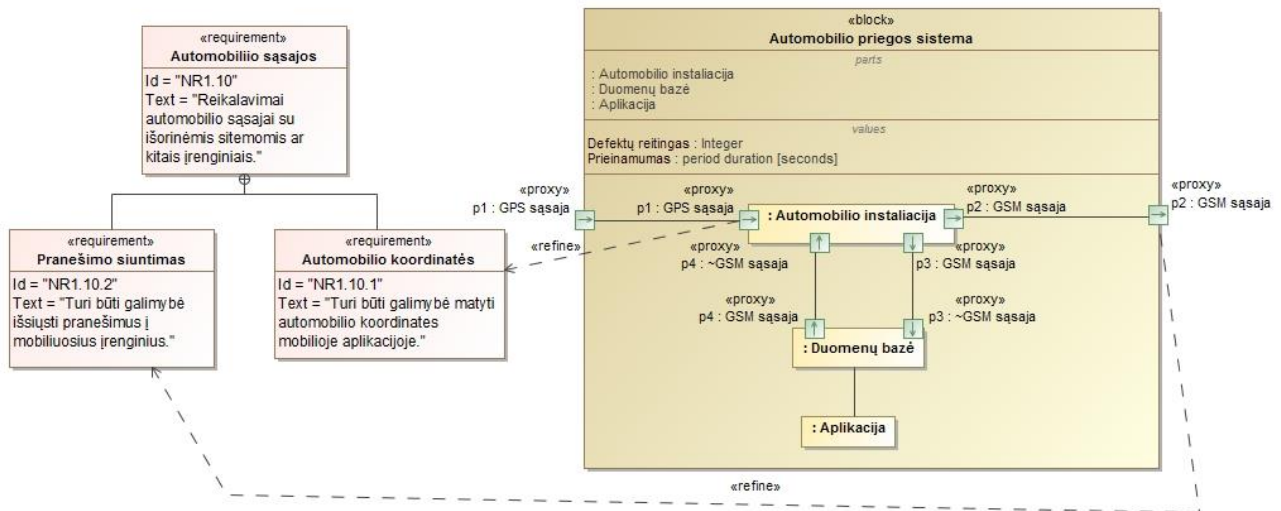
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.10.1	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.13 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.26 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.13 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.10.1	50%

- Blokas „Automobilio priegos sistema“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Automobilio instaliacija“ turi jungtį „p1 : GPS sąsaja“, kuri tikslina atominį reikalavimą „NR1.10.1 Automobilio koordinatės“. Bloko „Automobilio priegos sistema“ jungtis „p2 : GSM sąsaja“ tikslina atominį reikalavimą „NR1.10.2 Pranešimo siuntimas“ (7.14 pav.).



7.14 pav. Atominių suinteresuotų asmenų poreikių tikslinimas bloko ir vidinėmis bloko jungtimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.14 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.27 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.14 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.10.1, NR1.10.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.14 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.28 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.14 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.10.1	50%

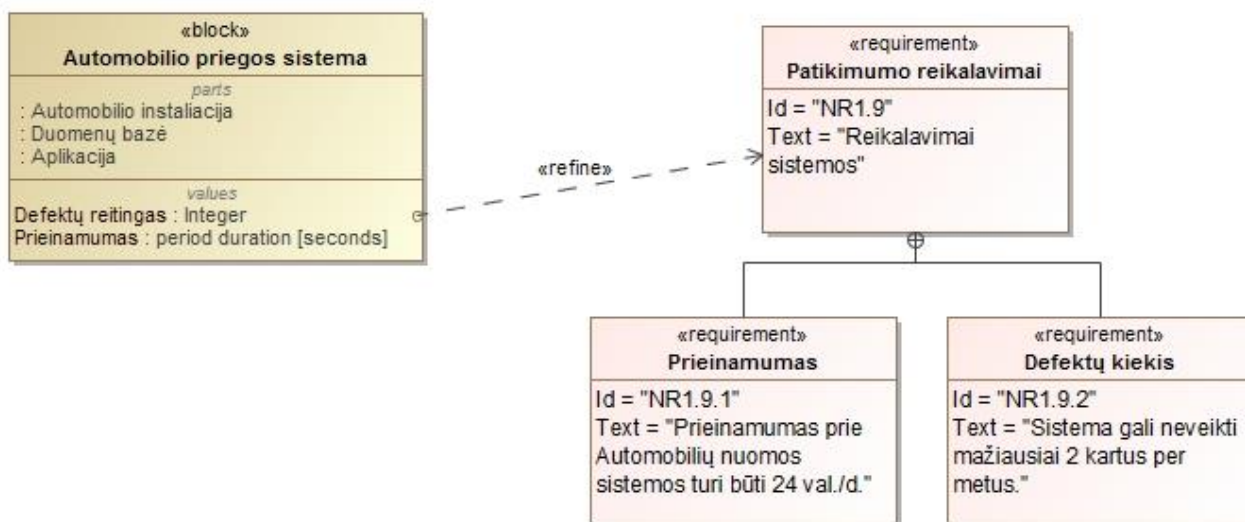
Tikslinimas parametrais

Suinteresuotų asmenų poreikiai tikslinami naudojantis parametrais (angl. *Value Property*), kurie specifikuojami bloko elemente.

Žemiau pateikti detalizuoti reikalavimų tikslinimo parametrais atvejai bei reikalavimų tikslinimo įvertinimas.

1. Sudėtinio reikalavimo tikslinimas parametrais

Bloko „Automobilio priegos sistema“ parametras „Defektų reitingas“ tikslina sudėtinį reikalavimą „NR1.9 Patikimumo reikalavimai“ (7.15 pav.).



7.15 pav. Sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas parametrais

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.15 pav. atvejį, taikant akląją skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.29 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.15 pav. taikant akląją skaičiavimą

Reikalavimų skaičius	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	NR1.9.1, NR1.9.2	100%

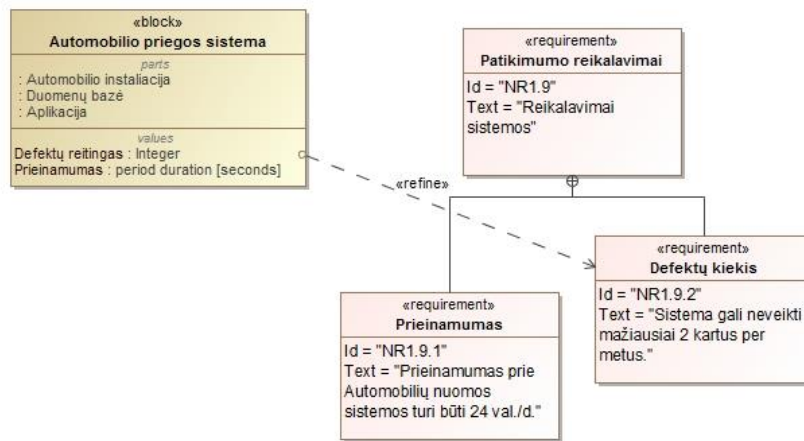
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.15 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.30 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.15 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

2. Atominio reikalavimo tikslinimas parametrais

Bloko „Automobilio prieigos sistema“ parametras „Defektų reitingas“ tikslina atominį reikalavimą „NR1.9.2 Defektų kiekis“ (7.16 pav.).



7.16 pav. Atominio suinteresuotų asmenų poreikio tikslinimas parametrais

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.16 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.31 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.16 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.9.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tikslinimo suvestinė pagal 7.16 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.32 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.16 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	NR1.9.2	50%

7.1.2. Reikalavimų tenkinimas

Šiame poskyryje aprašomi reikalavimų tenkinimo atvejai elgsenos, struktūros bei parametru elementais atvejai. Reikalavimai susieti su modelio elementais patenkinimo (angl. *Satisfy*) ryšiu.

Tenkinimas elgsenos elementais

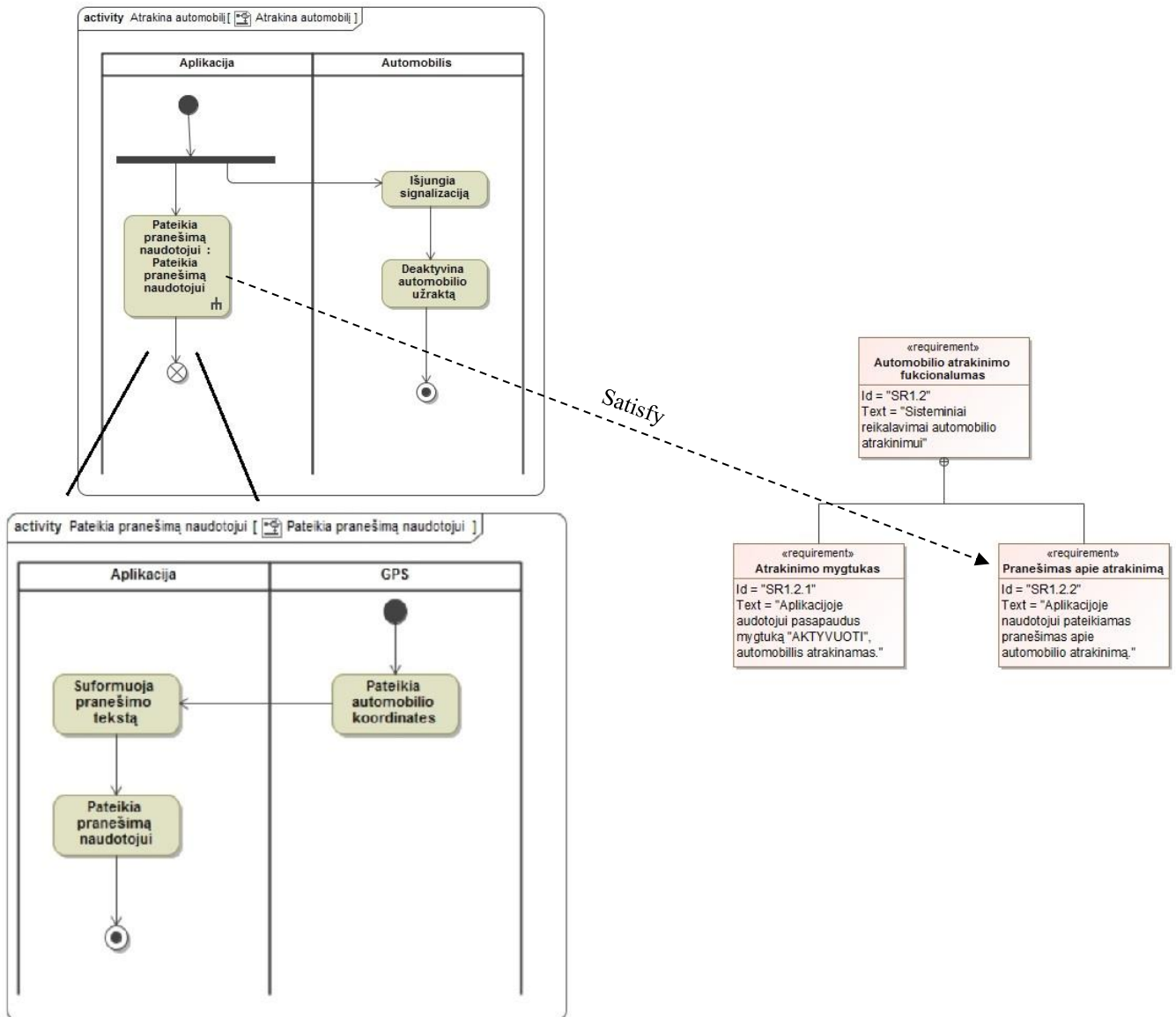
Sistemos reikalavimai tenkinami veiklos veiksmiais (angl. *Call Behavior Action*).

Žemiau pateikti detalizuoti reikalavimų tenkinimo elgsenos elementais atvejai bei reikalavimų tenkinimo įvertinimai.

Reikalavimų tenkinimas veiksmais

Reikalavimai gali būti tenkinami veiksmais. Žemiau pateikti reikalavimų tenkinimo veiksmais atvejai:

- Veiklos diagramoje „Atrakinti automobilį“ esantis sudėtinis veiksmas „Pateikia pranešimą naudotojui“ tikslina atominį reikalavimą „SR1.2.2 Pranešimas apie atrakinimą“ (7.17 pav.).



7.17 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas sudėtinu veiksmu

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.17 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.33 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.17 pav. taikant aklaį skaičiavimą

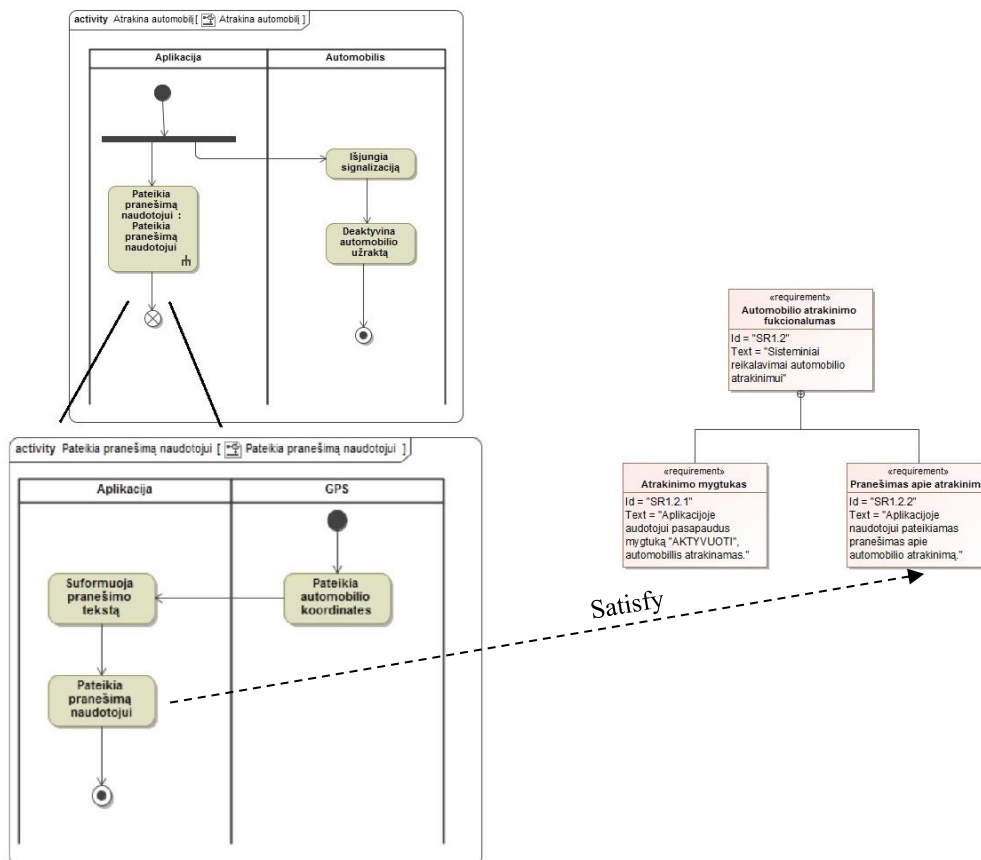
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.17 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.34 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.17 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

- Veiklos diagramos „Atrakinti automobilį“ veiksmas „Pateikia pranešimą naudotojui“ yra detalizuotas veiksmas. Šio sudėtinio veiksmo atominis veiksmas „Pateikia pranešimą naudotojui“ tenkina atominį reikalavimą „SR1.2.2 Pranešimas apie atrakinimą“ (7.18 pav.).



7.18 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas sudėtinio veiksmo elementu

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.18 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.35 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.18 pav. taikant akląjį skaičiavimą

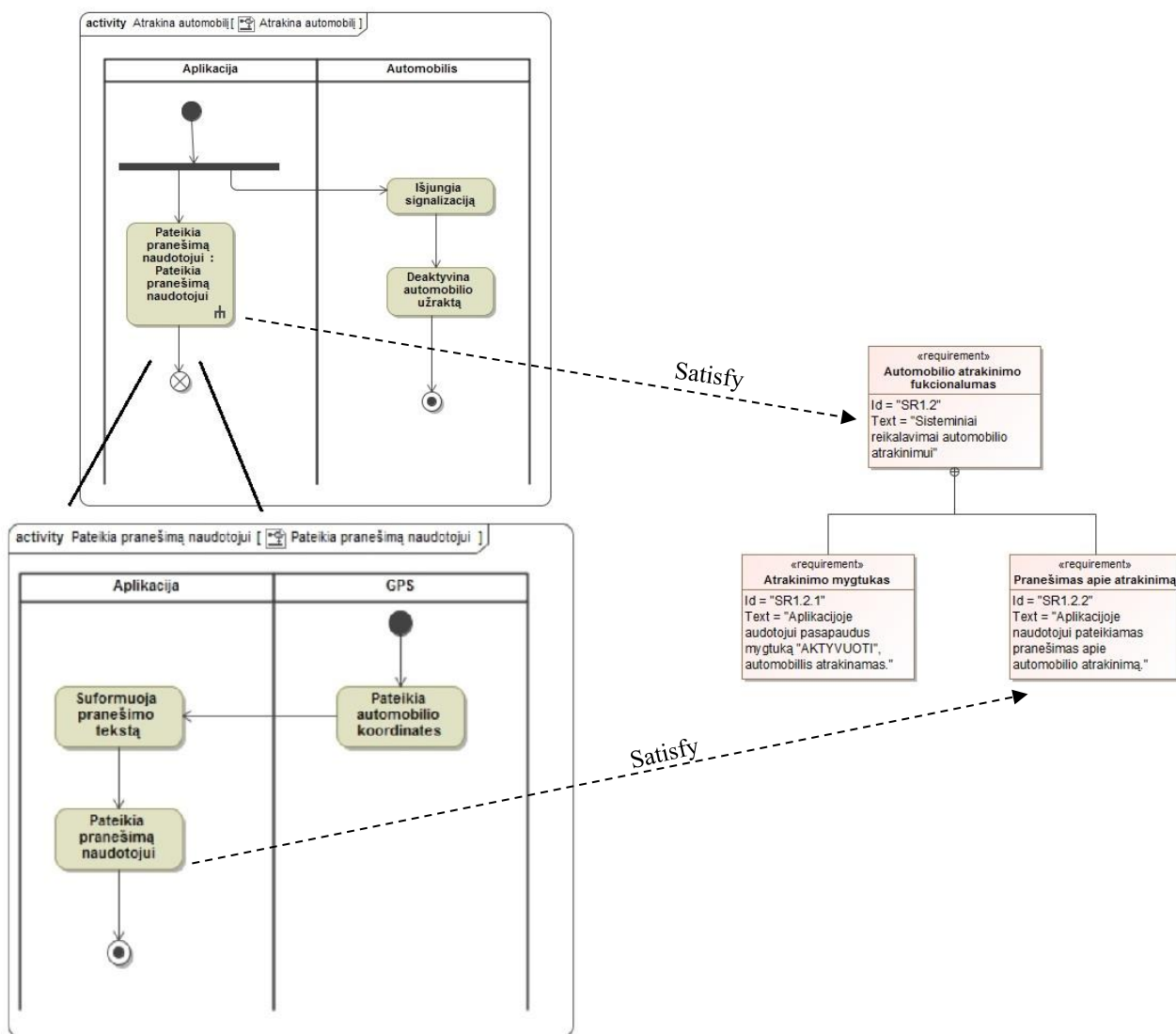
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.18 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.36 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.18 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

- Veiklos diagramoje „Atrakinti automobilį“ esantis sudėtinis veiksmas „Pateikia pranešimą naudotojui“ tenkina atominį reikalavimą „SR1.2.2 Pranešimas apie atrakinimą“ . Šio sudėtinio veiksmo „Pateikia pranešimą naudotojui“ vientisas veiksmas „Pateikia pranešimą naudotojui“ tenkina atominį reikalavimą „SR1.2.2 Pranešimas apie atrakinimą“ (7.19 pav.).



7.19 pav. Sudėtinio ir atominio sistemos reikalavimo tenkinimas veiksmiais

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.19 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.37 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.19 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.1, SR1.2.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.19 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.38 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.19 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

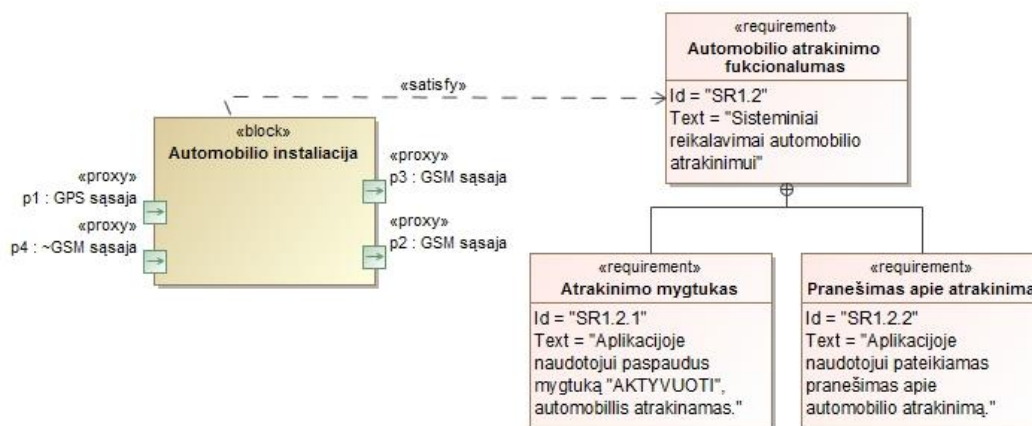
Tenkinimas Struktūros elementais

Sistemos reikalavimai tenkinami blokais (angl. *Block*), jungtimis (angl. *Port*) ir vidinėmis bloko dalimis (angl. *Part*).

Žemiau pateikti detalizuoti reikalavimų tenkinimo struktūros elementais atvejai bei reikalavimų tenkinimo įvertinimas.

1. Sudėtinio reikalavimo tenkinimas nedetalizuotu bloku

Blokas „Automobilio instaliacija“, kuris nėra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis, tenkina sudėtinį reikalavimą „SR1.2. Automobilio atrakinimo funkcionalumas“ (7.20 pav.).



7.20 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas nedetalizuotu bloku

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.20 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.39 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.20 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų skaičius	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	SR1.2.1, SR1.2.2	100%

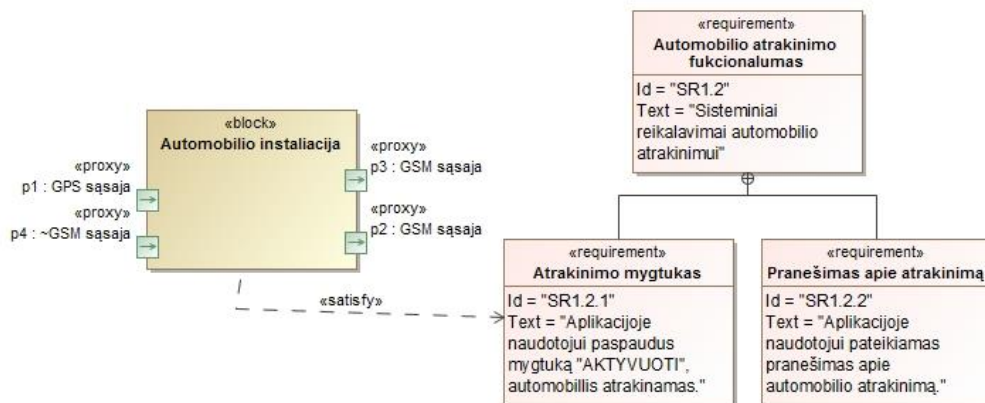
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.20 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.40 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.20 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

2. Atominio reikalavimo tenkinimas nedetalizuotu bloku

Blokas „Automobilio instaliacija“, kuris nėra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis, tenkina atominių reikalavimą „SR1.2.1 Atrakinimo mygtukas“ (7.21 pav.).



7.21 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas nedetalizuotu bloku

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.21 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.41 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.21 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.1	50%

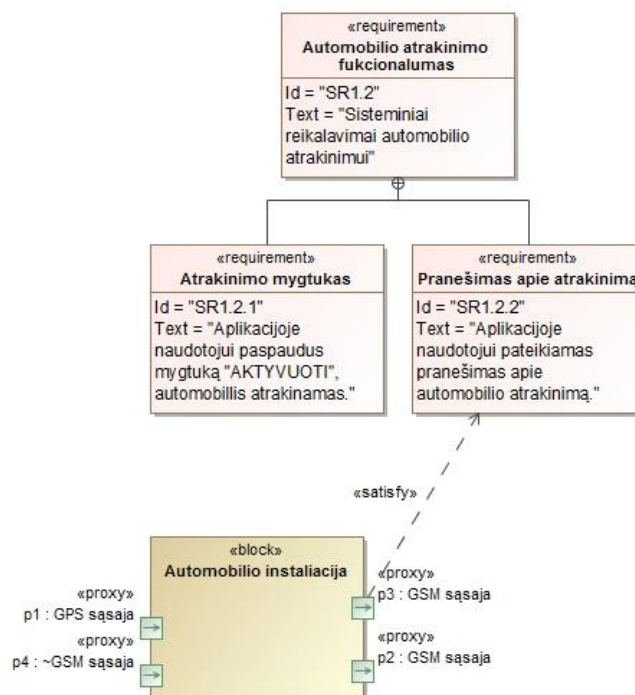
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.21 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.42 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.21 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.1	50%

3. Atominio reikalavimo tenkinimas jungtimis

Bloko jungtis „p3“, kurios tipas „GSM sąsaja“ tenkina atominių reikalavimą „SR1.2.2 Pranešimas apie atrakinimą“ (7.22 pav.).



7.22 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas bloko jungtimi

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.22 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.43 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.22 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.22 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

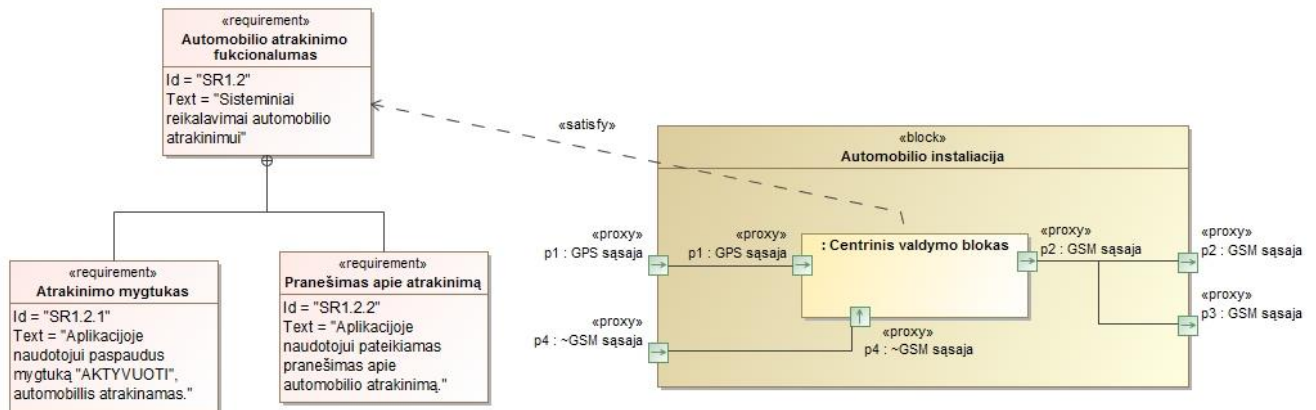
7.44 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.22 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

4. Reikalavimo tenkinimas vidinėmis bloko dalimis

Reikalavimas gali būti tenkinamas vidinėmis bloko dalimis (angl. *Part*). Žemiau pateikti reikalavimo tenkinimo vidinėmis bloko dalimis atvejai:

- Blokas „Automobilio instaliacija“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Centrinis valdymo blokas“ tenkina sudėtinį reikalavimą „SR1.2 Automobilio atrakinimo funkcionalumas“ (7.23 pav.).



7.23 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas vidinėmis bloko dalimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.23 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.45 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.23 pav. taikant akląjį skaičiavimą

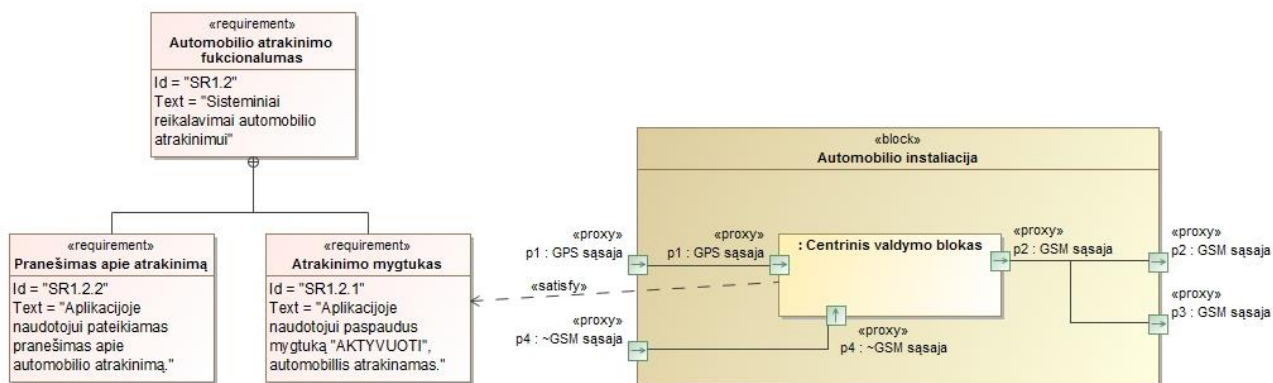
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	SR1.2.1, SR1.2.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.23 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.46 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.23 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

- Blokas „Automobilio instaliacija“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Centrinis valdymo blokas“ tenkina atominį reikalavimą „SR1.2.1 Atrakinimo mygtukas“ (7.24 pav.).



7.24 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas vidinėmis bloko dalimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.24 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.47 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.24 pav. taikant akląjį skaičiavimą

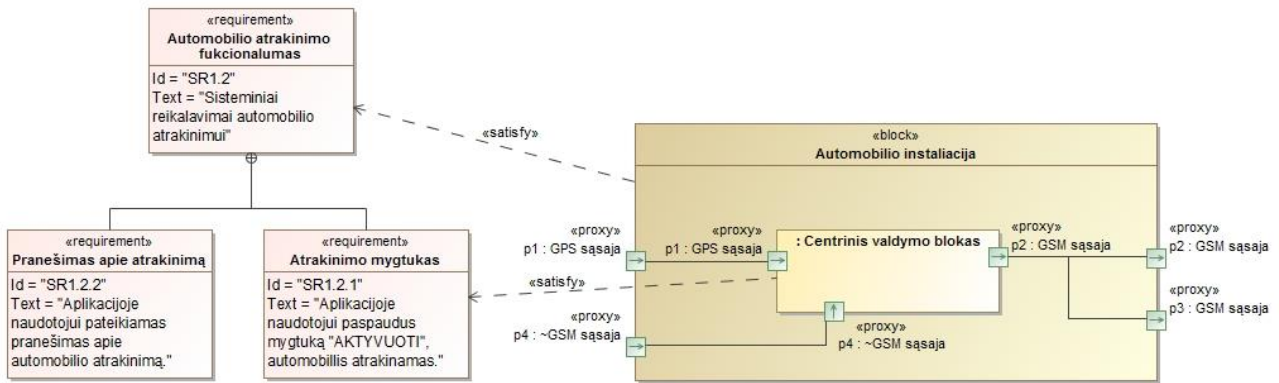
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.1	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.24 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.48 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.24 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.1	50%

- Blokas „Automobilio instaliacija“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Blokas „Automobilio instaliacija“ tenkina sudėtinį reikalavimą „SR1.2 Automobilio atrakinimo funkcionalumas“. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Centrinis valdymo blokas“ tenkina atominį reikalavimą „SR1.2.1 Atrakinimo mygtukas“ (7.25 pav.).



7.25 pav. Sudėtinio ir atominio sistemos reikalavimo tenkinimas bloko ir vidinėmis bloko dalimis

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.25 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.49 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.25 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	SR1.2.1, SR1.2.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.25 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

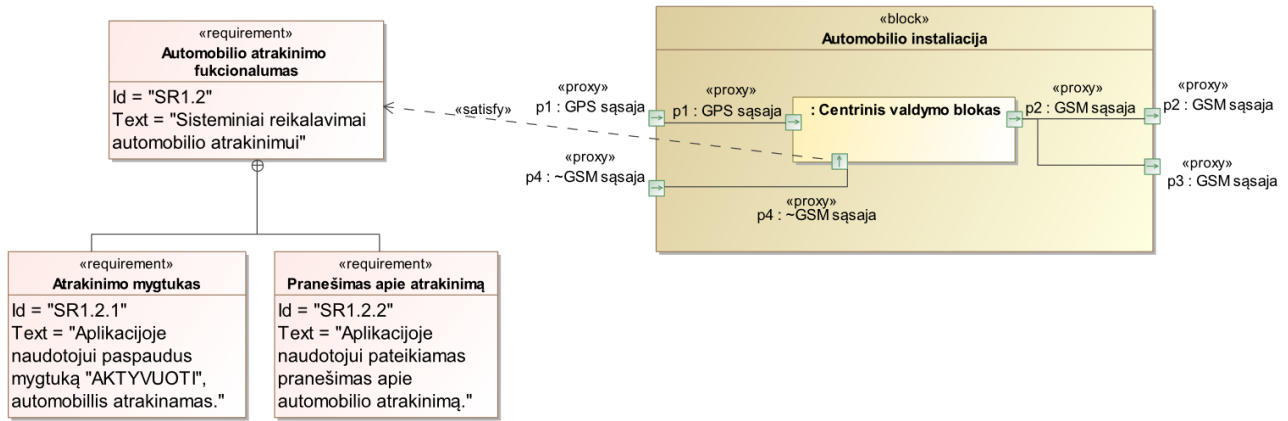
7.50 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.25 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.1	50%

7. Reikalavimo tenkinimas vidinėmis bloko jungtimis

Reikalavimas gali būti tenkinamas vidinėmis bloko jungtimis (angl. *Port*). Žemiau pateikti reikalavimo tenkinimo vidinėmis bloko jungtimis atvejai:

- Blokas „Automobilio instaliacija“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Centrinis valdymo blokas“ tenkina sudėtinį reikalavimą „SR1.2 Automobilio atrakinimo funkcionalumas“ (7.26 pav.).



7.26 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas vidine bloko jungtimi

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.26 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.51 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.26 pav. taikant akląjį skaičiavimą

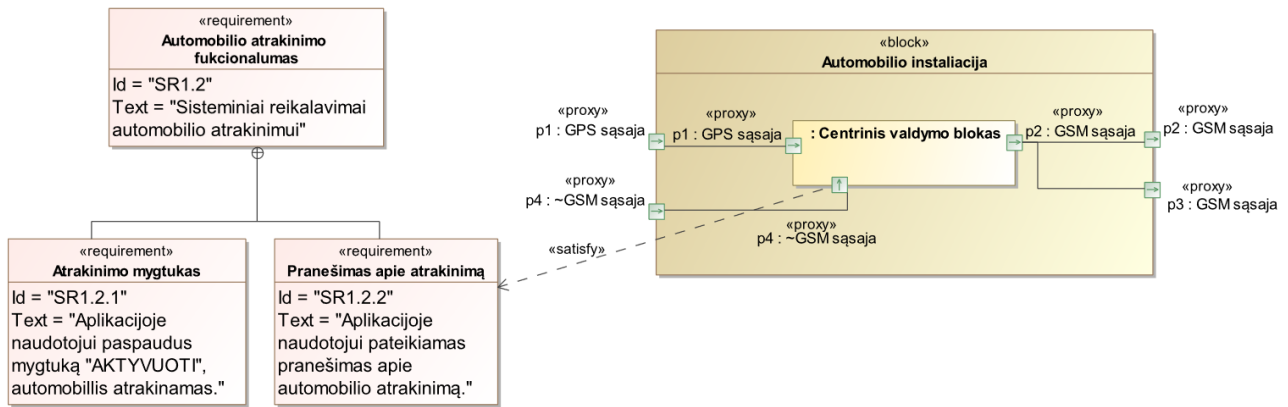
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	SR1.2.1, SR1.2.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.26 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.52 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.26 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

- Blokas „Automobilio instaliacija“ yra detalizuotas vidinėmis bloko dalimis. Bloko vidinė dalis, kurios tipas „Centrinis valdymo blokas“ tenkina atominį reikalavimą „SR1.2.2 Pranešimas apie atrakinimą“ (7.27 pav.).



7.27 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas vidine bloko jungtimi

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.27 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.53 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.27 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.27 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.54 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.27 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.2.2	50%

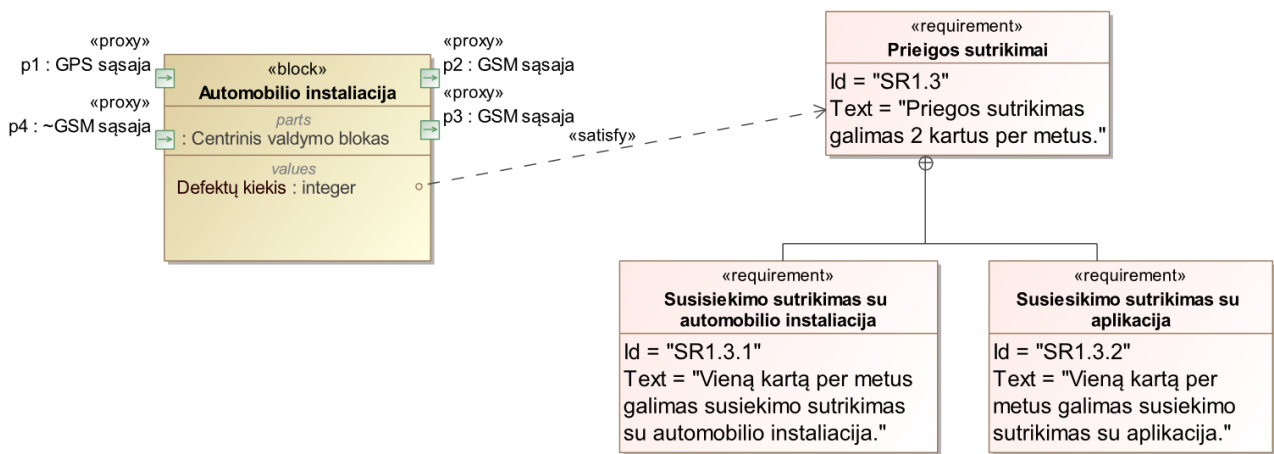
Tenkinimas Parametrais

Sistemos reikalavimai tenkinami naudojantis parametrais (angl. *Value Property*).

Žemiau pateikti detalizuoti reikalavimų tenkinimo parametrais atvejai bei reikalavimų tenkinimo įvertinimas.

1. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas parametrais

Bloko „Automobilio instaliacija“ parametras „Defektų kiekis“ tenkina sudėtinį reikalavimą „SR1.3 Prieigos sutrikimai“ (7.28 pav.).



7.28 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo tenkinimas parametrais

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.28 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.55 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.28 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų skaičius	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	SR1.3.1, SR1.3.2	100%

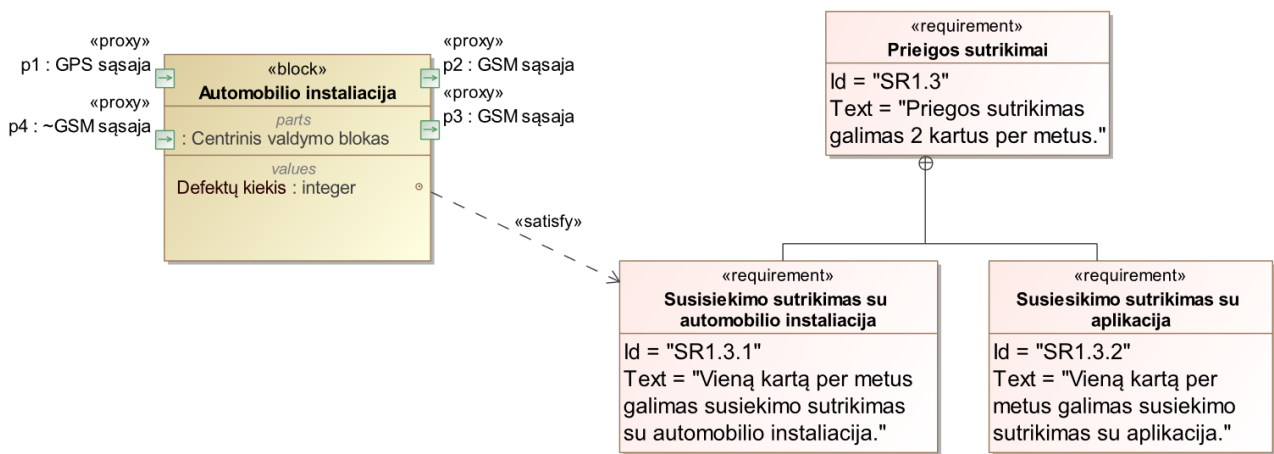
Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.28 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.56 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.28 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

2. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas parametrais

Bloko „Automobilio instaliacija“ parametras „Defektų kiekis“ tenkina atominį reikalavimą „SR1.3.1 Susisiekimo sutrikimas su automobilio instaliacija“ (7.29 pav.).



7.29 pav. Atominio sistemos reikalavimo tenkinimas parametrais

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.29 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.57 lentelė Tenkinimo suvestinė pagal 7.29 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.3.1	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta tenkinimo suvestinė pagal 7.29 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.58 lentelė Tikslinimo suvestinė pagal 7.29 pav. taikant loginį skaičiavimą

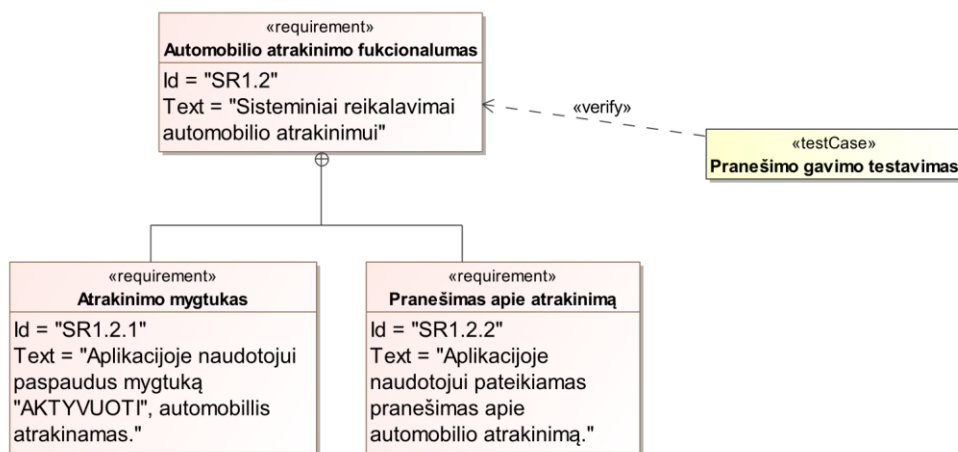
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	1	SR1.3.1	50%

7.1.3. Reikalavimų verifikavimas

Šiame poskyryje aprašomas sisteminių reikalavimų susiejimas su testavimo atvejais (angl. *Test Case*), naudojantis verifikavimo ryšiu (angl. *Verify*). Žemiau pateikti detalizuoti verifikavimo atvejai ir įvertinimas.

1. Sudėtinio reikalavimo verifikavimas testavimo atveju

Testavimo atvejis „Pranešimo gavimo testavimas“ yra priskirtas sudėtiniam reikalavimui „SR1.2 Automobilio atrakinimo funkcionalumas“ (7.30 pav.).



7.30 pav. Sudėtinio sistemos reikalavimo susiejimas verifikavimo ryšiu su testavimo atveju

Žemiau esančioje lentelėje pateikta verifikavimo suvestinė pagal 7.30 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.59 lentelė Verifikavimo suvestinė pagal 7.30 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	SR1.2.1, SR1.2.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta verifikavimo suvestinė pagal 7.30 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami verifikavimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.60 lentelė Verifikavimo suvestinė pagal 7.30 pav. taikant loginį skaičiavimą

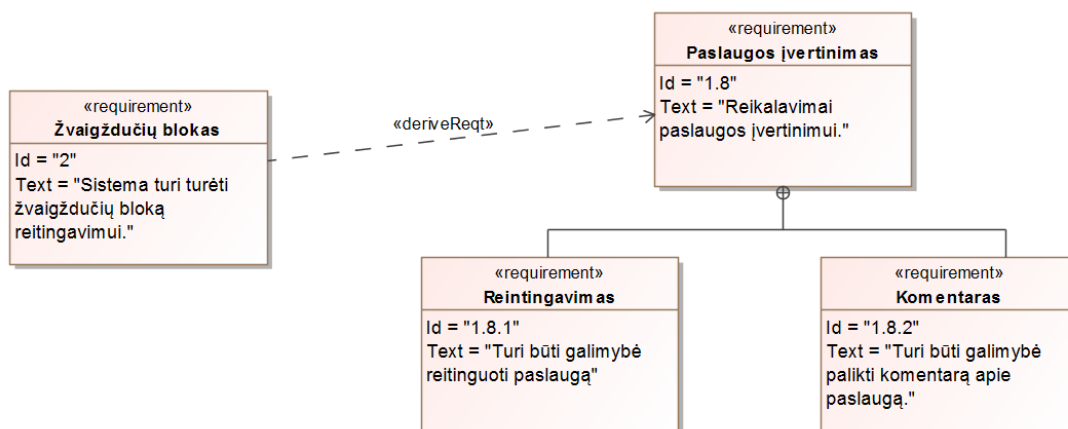
Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

7.1.4. Reikalavimų išvedimas

Šiame poskyryje aprašomi reikalavimų išvesties atvejai. Reikalavimai susieti su išvestais reikalavimais išvesties (angl. *Derive*) ryšiu. Žemiau pateikti reikalavimų išvedimo detalizuoti atvejai ir įvertinimas.

Reikalavimo išvedimas iš sudėtinio reikalavimo

Reikalavimas „2 Žvaigždučių blokas“ yra sudėtinio reikalavimo „1.8 Paslaugos įvertinimas“ išvestinis reikalavimas (7.31 pav.).



7.31 pav. Sisteminio reikalavimo išvedimas iš sudėtinio suinteresuotų asmenų poreikio

Žemiau esančioje lentelėje pateikta išvedimo suvestinė pagal 7.31 pav. atvejį, taikant akląjį skaičiavimą, kai neatsižvelgiama į ryšių logiškumą, korektiškumą.

7.61 lentelė Išvedimo suvestinė pagal 7.31 pav. taikant akląjį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	2	1.8.1,1.8.2	100%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta išvedimo suvestinė pagal 7.31 pav. atvejį, taikant loginį skaičiavimą remiantis „MBSE Grid“ metodu, kai neįtraukiami išvesties ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.62 lentelė Išvedimo suvestinė pagal 7.31 pav. taikant loginį skaičiavimą

Reikalavimų kiekis	Sudėtinių reikalavimų kiekis	Atominių reikalavimų kiekis	Padengtų atominių reikalavimų kiekis	Padengtų reikalavimų ID	Procentinis padengiamumas
3	1	2	0	-	0%

7.2. Modelio elementų padengimas reikalavimais

Šiame poskyryje pateikti detalūs modelio elementų padengimo reikalavimais atvejai. Reikalavimų padengimo tipai yra analogiški analizuotiems atvejams poskyryje 2.5.2 Reikalavimų padengimo modelio elementais.

Modelio elementų padengimas reikalavimais atskleidžia sumodeliuoto modelio korektiškumą.

Tolimesniuose šio skyriaus poskyriuose pateikti detalūs atvejai pagal reikalavimų padengimo tipus.

7.2.1. Modelio elementų tikslinimas

Šiame poskyryje aprašomi modelio elementų (elgsenos, struktūros bei parametru), kurie tikslina suinteresuotų asmenų poreikius, padengimo reikalavimais atvejai. Reikalavimai susieti su modelio elementais patikslinimo (angl. *Refine*) ryšiu.

Žemiau esančioje lentelėje pateikta elgsenos modelių elementų tikslinimo suvestinė, taikant loginį skaičiavimą, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.63 lentelė Elgsenos modelio elementų tikslinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą

Pav.	Elementų kiekis	Sudėtinių elementų kiekis	Atominių elementų kiekis	Dengiamų atominių elementų kiekis	Padengtų elementų pavadinimai	Procentinis padengimas
7.1	1	-	1	0	-	0%
7.2	1	-	1	0	-	0%
7.3	4	2	2	0	-	0%
7.4	2	-	2	1	Pateikia žvaigždučių bloką	50%
2.14	2	-	2	1	Pateikia žvaigždučių bloką	50%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta struktūros modelių elementų tikslinimo suvestinė, taikant loginį skaičiavimą, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.64 lentelė Struktūros modelio elementų tikslinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą

Pav.	Elementų kiekis	Sudėtinių elementų kiekis	Atominių elementų kiekis	Dengiamų atominių elementų kiekis	Dengiamų elementų pavadinimai	Procentinis padengimas
7.5	1	-	1	0	-	0%
7.6	1	-	1	1	Automobilio prieigos sistema	100%
7.7	2	-	2	0	-	0%
7.8	2	-	2	1	p1	50%
7.9	3	-	3	0	-	0%
7.10	3	-	3	1	Automobilio instaliacija	33.3%
7.11	3	-	3	1	Automobilio instaliacija	33.3%
7.12	4	1	4	0	-	0%
7.13	4	1	4	1	p1	25%
7.14	4	1	4	1	p1	25%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta parametų modelių elementų tikslinimo suvestinė, taikant loginį skaičiavimą, kai neįtraukiami patikslinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.65 lentelė Parametų modelio elementų tikslinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą

Pav.	Elementų kiekis	Sudėtinių elementų kiekis	Atominių elementų kiekis	Dengiamų atominių elementų kiekis	Dengiamų elementų pavadinimai	Procentinis padengimas
7.15	2	-	2	0	-	0%
7.16	2	-	2	1	Defektų reitingas	50%
2.17	2	-	2	1	Defektų reitingas	50%

7.2.2. Reikalavimų tenkinimas

Šiame poskyryje aprašomi modelio elementų (elgsenos, struktūros bei parametų), kurie tenkina reikalavimus, padengimo reikalavimais atvejai. Reikalavimai susieti su modelio elementais tenkinimo (angl. *Satisfy*) ryšiu.

Žemiau esančioje lentelėje pateikta elgsenos modelių elementų tenkinimo suvestinė, taikant loginį skaičiavimą, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.66 lentelė Elgsenos modelio elementų tenkinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą

Pav.	Elementų kiekis	Sudėtinių elementų kiekis	Atominių elementų kiekis	Dengiamų atominių elementų kiekis	Dengiamų elementų pavadinimai	Procentinis padengimas
7.17	3	1	2	0	-	0%
7.18	3	-	3	1	Pateikia pranešimą naudotojui	33.3%
7.19	3	-	3	1	Pateikia pranešimą naudotojui	33,3%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta struktūros modelių elementų tenkinimo suvestinė, taikant loginį skaičiavimą, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.67 lentelė Struktūros modelio elementų tenkinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą

Pav.	Elementų kiekis	Sudėtinių elementų kiekis	Atominių elementų kiekis	Dengiamų atominių elementų kiekis	Dengiamų elementų pavadinimai	Procentinis padengimas
7.20	1	-	1	0	-	0%
7.21	1	-	1	1	Automobilio instaliacija	100%
7.22	4	-	4	1	p3	25%

Pav.	Elementų kiekis	Sudėtinių elementų kiekis	Atominių elementų kiekis	Dengiamų atominių elementų kiekis	Dengiamų elementų pavadinimai	Procentinis padengimas
7.23	1	-	1	0	-	0%
7.24	1	-	1	1	Centrinis valdymo blokas	100%
7.25	1	-	1	1	Centrinis valdymo blokas	100%
7.26	3	-	3	0	-	0%
7.27	3	-	3	1	p4	33,3%

Žemiau esančioje lentelėje pateikta parametų modelių elementų tenkinimo suvestinė, taikant loginį skaičiavimą, kai neįtraukiami tenkinimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.68 lentelė Parametų modelio elementų tenkinimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą

Pav.	Elementų kiekis	Sudėtinių elementų kiekis	Atominių elementų kiekis	Dengiamų atominių elementų kiekis	Dengiamų elementų pavadinimai	Procentinis padengimas
7.28	2	-	2	0	-	0%
7.29	2	-	2	1	Defektų kiekis	50%

7.2.3. Reikalavimų verifikavimas

Šiame poskyryje aprašomi modelio elementų (elgsenos, struktūros bei parametų), kurie verifikuoja reikalavimus, padengimo reikalavimais atvejai. Reikalavimai susieti su modelio elementais tenkinimo (angl. *Verify*) ryšiu.

Žemiau esančioje lentelėje pateikta testavimo atvejų elementų verifikavimo suvestinė, taikant loginį skaičiavimą, kai neįtraukiami verifikavimo ryšiai į sudėtinius reikalavimus bei iš sudėtinių modelio elementų.

7.69 lentelė Testavimo atvejų elementų verifikavimo suvestinė taikant loginį skaičiavimą

Pav.	Elementų kiekis	Sudėtinių elementų kiekis	Atominių elementų kiekis	Dengiamų atominių elementų kiekis	Dengiamų elementų pavadinimai	Procentinis padengimas
7.30	1	-	1	0	-	0%
2.19	1	-	1	1	Pranešimo gavimo testavimas	100%

7.3. Reikalavimų tikslinimo metrikų algoritmai

7.3.1. Funkcinių reikalavimų metrikos algoritmas

```
import static com.nomagic.magicdraw.modelmetrics.ScriptHelper.*;
import static com.nomagic.magicdraw.sysml.util.SysMLProfile.*;
import com.nomagic.magicdraw.sysml.util.MDCustomizationForSysMLProfile;
import com.nomagic.uml2.ext.jmi.helpers.ModelHelper;
import com.nomagic.uml2.ext.magicdraw.classes.mdkernel.NamedElement;
import com.nomagic.uml2.ext.magicdraw.actions.mdbasicactions.CallBehaviorAction;
import static com.nomagic.uml2.ext.jmi.helpers.StereotypesHelper.*;
////////////////////////////////////
def scopes = valueContext.getValue("scope")
def coveringScopes = valueContext.getValue("coveringScope")
////////////////////////////////////
boolean isCoveredUserReq(el){
    boolean result = el.getClientDependency() // get dependencies from capability
        .any{ dep -> isDeriveReq(dep) } // is in coverage scope
        if (result )
        {
            return true;
        }
}

boolean isParentReq(el){
    boolean parent = el.getOwner() // get dependencies from capability
        .any{ dep -> isRequirement(dep) } // is in coverage scope
    def parentreq = el.getOwner()
    if (parent && isCoveredUserReq(parentreq))
    {
        return true;
    }
}

boolean isParent2level(el){
    boolean parent2 = el.getOwner() // get dependencies from capability
        .any{ dep -> isRequirement(dep) } // is in coverage scope
    def parentreq = el.getOwner()
    def parent2req = parentreq.getOwner()
    if (parent2 && isCoveredUserReq(parent2req))
    {
        return true;
    }
}

boolean isCovered(el){
    boolean result = el.getSupplierDependency() // get dependencies from capability
        .any{ dep -> isRefine(dep) } // is in coverage scope
    def children = el.getOwnedElement().findAll {e1 -> isRequirement(e1)}; // children
    if (result && children.size() == 0 && hasBehaviorAtSpecification(el))
    {
        return true;
    }
}

boolean isBussinessAction(el)
{
    return hasStereotype(el, "BussinessAction");
}
```

```

boolean hasBehaviorAtSpecification(el)
{
if(el instanceof NamedElement)
{
def dependencies = el.getSupplierDependency();
for (def dependency : dependencies)
{
if(isRefine(dependency))
{
def client = ModelHelper.getClientElement(dependency);

if(client instanceof CallBehaviorAction && ((CallBehaviorAction)client).getBehavior() == null &&
!isBussinessAction(client))
{
return true;
}
}
}
}
return false;
}
}
////////////////////////////////////
getElementsRecursively(scopes)
.findAll {el -> isFunctionalRequirement(el)} // find elements
.findAll {el -> !isCoveredUserReq(el) && !isParentReq(el) && !isParent2level(el)}
.findAll {el -> isCovered(el)} // filter by is covered
.size()

```

7.3.2. Patikslintų funkcinų reikalavimų algoritmas

```

import static com.nomagic.magicdraw.modelmetrics.ScriptHelper.*;
import static com.nomagic.magicdraw.sysml.util.SysMLProfile.*;
import com.nomagic.magicdraw.sysml.util.MDCustomizationForSysMLProfile;
import com.nomagic.uml2.ext.jmi.helpers.ModelHelper;
import com.nomagic.uml2.ext.magicdraw.classes.mdkernel.NamedElement;
import com.nomagic.uml2.ext.magicdraw.actions.mdbasicactions.CallBehaviorAction;
import static com.nomagic.uml2.ext.jmi.helpers.StereotypesHelper.*;
////////////////////////////////////
def scopes = valueContext.getValue("scope")
def coveringScopes = valueContext.getValue("coveringScope")
////////////////////////////////////
boolean isCoveredUserReq(el){
boolean result = el.getClientDependency() // get dependencies from capability
.any{ dep -> isDeriveReq(dep) } // is in coverage scope
if (result )
{
return true;
}
}

boolean isParentReq(el){
boolean parent = el.getOwner() // get dependencies from capability
.any{ dep -> isRequirement(dep) } // is in coverage scope
def parentreq = el.getOwner()
if (parent && isCoveredUserReq(parentreq))
{
return true;
}
}

```

```

    }
}

boolean isParent2level(el){
    boolean parent2 = el.getOwner()    // get dependencies from capability
        .any{ dep -> isRequirement(dep) } // is in coverage scope
    def parentreq = el.getOwner()
    def parent2req = parentreq.getOwner()
    if (parent2 && isCoveredUserReq(parent2req))
    {
        return true;
    }
}

boolean isCovered(el){
    boolean result = el.getSupplierDependency()    // get dependencies from capability
        .any{ dep -> isRefine(dep) } // is in coverage scope
    def children = el.getOwnedElement().findAll {e1 -> isRequirement(e1)}; // children
    if (result && children.size() == 0 && hasBehaviorAtSpecification(el))
    {
        return true;
    }
}

boolean isBussinessAction(el)
{
    return hasStereotype(el, "BussinessAction");
}

boolean hasBehaviorAtSpecification(el)
{
    if(el instanceof NamedElement)
    {
        def dependencies = el.getSupplierDependency();
        for (def dependency : dependencies)
        {
            if(isRefine(dependency))
            {
                def client = ModelHelper.getClientElement(dependency);

                if(client instanceof CallBehaviorAction && ((CallBehaviorAction)client).getBehavior() == null &&
                !isBussinessAction(client))
                {
                    return true;
                }
            }
        }
    }
    return false;
}

////////////////////////////////////
getElementsRecursively(scopes)
    .findAll {el -> isFunctionalRequirement(el)}    // find elements
    .findAll {el -> !isCoveredUserReq(el) && !isParentReq(el) && !isParent2level(el)}
    .findAll {el -> isCovered(el)}    // filter by is covered
    .size()

```

7.3.3. Patikslintų funkcinių reikalavimų procentinės išraiškos algoritmas

```
int all = valueContext.getOneValue("UsersFunctionalRequirements");  
int covered = valueContext.getOneValue("RefinedByBehavior");
```

```
com.nomagic.magicdraw.modelmetrics.ScriptHelper.calcPercentage(all, covered)
```

7.4. Straipsnio „An Approach: SysML-based Automated Consistency Evaluation of the System Requirements Specification“ santrauka

Abstract— Systems Modeling Language (SysML) is used for specifying, analyzing, designing and verifying complex systems, and is designed to provide simple but powerful constructs for modeling a wide range of Systems. SysML is not a methodology, nor a method and there are thousands of different ways to describe the using it. In this case, there cannot be a single, universal approach to evaluate the consistency of the requirements specification. It is necessary to choose a specific method in combination with SysML to accurately and comprehensively evaluate the consistency of requirements specification. The consistency evaluation of requirements specification in model-based system engineering (MBSE), depending on the modeling language and method is quite a new practice. This opens up discussions of how to utilize SysML provided infrastructure to evaluate the System Requirements Specification (SRS) and achieve a high-quality of the SRS. In this paper, a new approach of how requirements specification, expressed with sufficient precision in SysML can be used for automated consistency evaluation.

7.5. Straipsnio „An Approach: SysML-based Automated Completeness Evaluation of the System Requirements Specification“ santrauka

Abstract — Model-Based Systems Engineering (MBSE) is systems engineering methodology that emphasizes the application of strict visual modeling principles. Models are created to deal with complexity, they allow to understand an area of interest or concern and provide unambiguous communication amongst interested sides. MBSE improves the quality of models of the system by providing the ability to evaluate it for completeness, correctness and consistency. MBSE is enabled by Systems Modeling Language (SysML) that supports the analysis, specification, design, verification, validation of complex systems and is used for modeling system requirements, behavior, structure, and parametric. SysML is not a methodology, nor a method. In this case, it is necessary to choose a specific method in combination with system modeling language to comprehensively and accurately evaluate the completeness of system requirements specification (SRS). This opens up discussions of how to apply SysML provided infrastructure to evaluate the system requirements specification throughout the entire specifying process of SRS and achieve a high-quality of the SRS. In this paper, a new approach of how requirements specification, expressed with sufficient precision in SysML can be used for automated completeness evaluation.