



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

**Kauno miesto termofikacinio tinklo avarijų valdymo sistema
TAVSIS**

Baigiamasis magistro studijų projektas

Mantas Bukauskas

Projekto autorius

doc. dr. Mantas Lukoševičius

Vadovas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Kauno miesto termofikacinio tinklo avarijų valdymo sistema TAVSIS

Baigiamasis magistro studijų projektas
Programų sistemų inžinerija (6211BX011)

Mantas Bukauskas

Projekto autorius

doc. dr. Mantas Lukoševičius

Vadovas

doc. dr. Svajūnas Sajavičius

Recenzentas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Mantas Bukauskas

Kauno miesto termofikacinio tinklo avarių valdymo sistema TAVSIS

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Manto Bukausko, baigiamasis projektas tema „Kauno miesto termofikacinio tinklo avarių valdymo sistema TAVSIS“ 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)

Mantas Bukauskas. Kauno miesto termofikacinio tinklo avarijų valdymo sistema TAVSIS. Magistro baigiamasis projektas. Vadovas doc. dr. Mantas Lukoševičius; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Informatikos inžinerija (Programų sistemų inžinerija).

Reikšminiai žodžiai: prižiūrimas mašininis mokymas, centralizuotas šildymas, GIS, vamzdžių trūkis, avarija, lokalizacija

Kaunas, 2020. 116 p.

Santrauka

Baigiamajame magistro projekte atliekama termofikacinio tinklo avarijų valdymui skirtos geografinės informacinės sistemos „TAVSIS“ analizė, projektavimas, kūrimas ir diegimas. Projekto užsakovas – AB „Kauno energija“. Sistema yra pritaikyta valdyti Užsakovui priklausančiuose tinkluose įvykusiais termofikacinio tinklo avarijas – jas registruoti, redaguoti, šalinti. Sistema sukurta ir veikia saityno technologijų pagrindu ir yra prieinama per internetą. Be to, sistemoje įdiegtas avarijų lokalizavimo modulis, pagrįstas prižiūrimo mašininio mokymosi technologijomis. Šio modulio tikslas – lokalizuoti termofikacinio tinklo vamzdžių segmentus, kuriuose yra didžiausia avarijos tikimybė.

Analizės metu magistro studijų projekte ištirtos publikacijos susijusios su mašininio mokymosi technologijų pritaikymu avarijų prognozavimui. Taip pat surinkta informacija apie reikalingus duomenis, nustatyta taikytina metodologija bei identifikuotos galimos problemos bei jų išvengimo galimybės.

Projektinėje dalyje pateikti sistemos reikalavimai surinkti iš Užsakovo. Pagal šiuos reikalavimus atliktas detalus sistemos projektavimas ir kūrimas. Sukurta sistema buvo įdiegta Užsakovui, o jos realizacija ir kokybės įvertinimas pateiktas sistemos realizacija aprašančiame skyriuje.

Galiausiai darbe atliekamas įdiegto termofikacinio tinklo avarijų lokalizavimo modulio tyrimas - siekiant įsitikinti ar sukurtoje sistemoje pasirinktas prižiūrimo mašininio mokymosi modelis yra optimalus. Tyrimo metu nustatyta optimalesnė modelio realizacija, tačiau dėl palyginti nedidelio pagerėjimo nuspręsta nekeisti sistemoje naudojamo modelio.

Eksperimentinėje dalyje atliekamas sukurto tinklo avarijų valdymo sistemos tyrimas siekiant nustatyti jos galimybes lokalizuoti realiai įvykusius termofikacinio tinklo vamzdžio segmentų trūkimus. Pagal gautus rezultatus nustatyta, kad sukurto avarijų lokalizacijos modulį reikia tobulinti, nustatytos tobulinimo kryptys.

Mantas Bukauskas. TAVSIS: Accident Management System for Heat Networks of Kaunas City. Master's Final Degree Project supervisor doc. dr. Mantas Lukoševičius; Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Informatics Engineering (Software Engineering)

Keywords: supervised machine learning, district heating, GIS, pipe breakage, accident, localization
Kaunas, 2020. 116 p.

Summary

In this Master 's Final Degree Project we have planned, analyzed, designed, implemented and deployed geographic information system TAVSIS. It allows users to manage (register, edit, delete) and localize pipe breakage accidents that occur in district heating networks of Kaunas region. These networks are managed by the customer of the project – company “Kauno energija”.

In the analysis phase we have researched various publications related to accident prognosis and machine learning. Also, we have collected necessary data, prepared methodology, identified possible problems and how to mitigate them.

In the design phase we used requirements collected from the customer to create a detailed system project which was used for the system implementation. The implemented system is based on geographic and web technologies and works through internet as an interactive web map application. Accident localization module is based on supervised machine learning methods and allows its users to find district heating pipe segments with highest accident probability.

In addition, we have performed a research to find out if we have used the best supervised machine learning model available. We were able to find a better implementation (AUC score +0,7%). Although the increase in performance was not enough to change the model we are already using.

Finally, we have performed an experiment to find out if our machine learning model can localize broken pipe segments in real-life. The results have shown that model needs to be improved. We have added guidelines what should be improved in the future.

Turinys

| | |
|---|-----------|
| Lentelių sąrašas | 9 |
| Paveikslų sąrašas | 10 |
| Santrumpų ir terminų sąrašas | 12 |
| Ižanga | 13 |
| 1. Analitinė dalis | 14 |
| 1.1. Ižanga | 14 |
| 1.2. Egzistuojantys sprendimai..... | 14 |
| 1.2.1. Vandentiekio tinklo vamzdžių gedimų prognozavimas | 14 |
| 1.2.2. Termofikacinio tinklo gedimų prognozavimas | 14 |
| 1.2.3. Jutos valstijos (JAV) eismo avarijų prognozavimas | 15 |
| 1.2.4. Eismo avarijų prognozavimas naudojant heterogeninius miestų duomenis | 17 |
| 1.3. Duomenys..... | 19 |
| 1.3.1. Termofikacinis tinklas..... | 19 |
| 1.3.2. Avarijų duomenys | 21 |
| 1.3.3. Orų duomenys | 22 |
| 1.4. Metodologija | 22 |
| 1.4.1. Mašininio mokymosi metodai..... | 22 |
| 1.4.2. Prižiūravimo mokymosi algoritmai | 24 |
| 1.4.3. Tipinis algoritmas..... | 28 |
| 1.4.4. Bibliotekos ir įrankiai..... | 28 |
| 1.5. Problematika..... | 31 |
| 1.5.1. Duomenų kiekio subalansavimas | 31 |
| 1.5.2. Apibendrinimo problema | 32 |
| 1.5.3. Netiesinė priklausomybė | 33 |
| 1.5.4. Nepilni duomenys | 33 |
| 1.5.5. Rezultatų įvertinimas | 33 |
| 1.6. Analitinės dalies išvados | 35 |
| 2. Projektinė dalis..... | 36 |
| 2.1. Reikalavimų specifikacija | 36 |
| 2.1.1. Sistemos paskirtis..... | 36 |
| 2.1.2. Tikslai..... | 36 |
| 2.1.3. Suinteresuoti asmenys..... | 37 |
| 2.1.4. V2d. Potencialūs produkto naudotojai | 38 |
| 2.1.5. V3. Apribojimai | 38 |
| 2.1.6. V5. Svarbūs faktai ir prielaidos..... | 41 |
| 2.1.7. V6. Veiklos sudėtis | 42 |
| 2.1.8. V7. Duomenų modelis ir jo elementų žodynas | 43 |
| 2.1.9. V8. Sistemos sudėtis | 45 |
| 2.1.10. V9. Funkciniai reikalavimai..... | 50 |
| 2.1.11. V10. Reikalavimai sistemos išvaizdai..... | 53 |
| 2.1.12. V11. Reikalavimai panaudojamumui..... | 54 |
| 2.1.13. V12. Efektyvumo ir našumo reikalavimai | 56 |
| 2.1.14. V13. Reikalavimai veikimo sąlygoms | 58 |
| 2.1.15. V14 Reikalavimai sistemos priežiūrai | 59 |
| 2.1.16. V15. Reikalavimai saugumui | 60 |

| | |
|--|------------|
| 2.1.17. V18. Atviri klausimai..... | 61 |
| 2.1.18. V19. Egzistuojantys sprendimai..... | 61 |
| 2.1.19. V20. Naujos problemos..... | 61 |
| 2.1.20. V21. Uždaviniai | 63 |
| 2.1.21. V22. Migravimas į naują sistemą..... | 66 |
| 2.1.22. V23. Rizikų įvertinimas | 66 |
| 2.1.23. V24. Kaina | 75 |
| 2.1.24. V25. Naudotojo dokumentacija ir apmokymas..... | 76 |
| 2.1.25. V26. Perspektyviniai reikalavimai | 76 |
| 2.2. Architektūros specifikacija..... | 76 |
| 2.2.1. Architektūros tikslai ir apribojimai | 76 |
| 2.2.2. Sistemos statinis vaizdas | 77 |
| 2.2.3. Sistemos dinaminis vaizdas..... | 82 |
| 2.2.4. Išdėstymo vaizdas | 88 |
| 2.2.5. Duomenų vaizdas | 89 |
| 2.2.6. Kokybė | 90 |
| 3. Sistemos realizacija | 93 |
| 3.1. Sistemos užkrovimas ir prisijungimas..... | 93 |
| 3.2. Pagrindinis programos langas | 93 |
| 3.3. Avarijos įvedimo/ redagavimo langas..... | 94 |
| 3.4. Avarijos prognozavimo langas..... | 95 |
| 3.5. Metinės ataskaitos generavimo langas | 96 |
| 3.6. Tinklo elementų paieškos laukas..... | 96 |
| 3.7. Avarijų peržiūros lentelė | 97 |
| 3.8. Informacinis langas „Apie“ | 97 |
| 3.9. Sistemos įdiegimas..... | 97 |
| 3.10. Kokybės įvertinimas..... | 98 |
| 3.10.1. Įvadas | 98 |
| 3.10.2. Realiai atlikto darbo kokybės analizės tikslas..... | 98 |
| 3.10.3. Kokybės vertinimo procesas | 98 |
| 3.10.4. Vertinimo rezultatai | 100 |
| 3.10.5. Išvados..... | 100 |
| 4. Prižiūrimo mokymosi algoritmų palyginamasis tyrimas | 101 |
| 4.1. Įžanga | 101 |
| 4.2. Tikslas | 101 |
| 4.3. Tyrimo eiga | 101 |
| 4.4. Klasifikavimo modelių rezultatai | 101 |
| 4.4.1. Magistro projekte naudoto modelio rezultatai (<i>XGBoost</i>) | 101 |
| 4.4.2. Tiesinės regresijos klasifikatoriaus | 102 |
| 4.4.3. Artimiausių kaimynų modelis (kNN)..... | 102 |
| 4.4.4. Atraminų vektorių modelis (SVM)..... | 102 |
| 4.4.5. Atsitiktinis sprendimų miškas (Random Forest)..... | 102 |
| 4.4.6. Gradiento stiprinimas | 103 |
| 4.4.7. Daugiasluoksnis perceptrono modelio (MLP) | 103 |
| 4.5. Tyrimo rezultatai | 103 |
| 4.6. Tyrimo išvados..... | 104 |
| 5. Eksperimentinė dalis..... | 106 |
| 5.1. Įžanga | 106 |

| | |
|--|------------|
| 5.1.1. Tikslas | 106 |
| 5.2. Duomenys..... | 106 |
| 5.3. Eksperimento eiga | 107 |
| 5.4. Eksperimento rezultatai..... | 108 |
| 5.5. Eksperimento išvados..... | 109 |
| Išvados..... | 110 |
| Literatūros sąrašas..... | 111 |
| Informacijos šaltinių sąrašas..... | 113 |
| Priedai | 114 |
| 1 Programų sistemos perdavimo – priėmimo aktas | 114 |
| 2 Publikacija konferencijoje IVUS | 115 |
| 3 Sertifikatas patvirtinantis dalyvavimą konferencijoje..... | 116 |

Lentelių sąrašas

| | |
|--|-----|
| 1 lentelė. Jutos miesto avarijų prognozavimui naudoti duomenys [7] | 15 |
| 2 lentelė. Jutos avarijų prognozavimo tyrime aptiktos problemos [7]..... | 15 |
| 3 lentelė. Jutos avarijų prognozavimui naudoti įrankiai [7] | 15 |
| 4 lentelė. Jutos eismo avarijų tyrime naudoti metodai [7]..... | 16 |
| 5 lentelė. Duomenys naudoti Ajovos valstijoje vykusių eismo avarijų prognozavimui [8] | 17 |
| 6 lentelė. Metodai naudoti Ajovos valstijos eismo avarijoms prognozavimui [8] | 17 |
| 7 lentelė. Ajovos valstijos eismo avarijų prognozavimo problemos [8]..... | 18 |
| 8 lentelė. Ajovos valstijos eismo avarijų prognozavimui naudoti įrankiai [8] | 18 |
| 9 lentelė. Tęstinių vamzdžio atributų reikšmių statistika | 20 |
| 10 lentelė. Klaidų matrica apibrėžianti kaip tiksliai modelis nuspėja įvykius..... | 34 |
| 11 lentelė. Rizikos tikimybių vertinimo kategorijos..... | 73 |
| 12 lentelė. Rizikos įtakos vertinimo skalė | 74 |
| 13 lentelė. Rizikų suskirstymo pagal prioritetus lentelė | 74 |
| 14 lentelė. Rizikų suskirstymas pagal prioritetą | 74 |
| 15 lentelė. Sąnaudos darbo užmokesčiui | 75 |
| 16 lentelė. Sąnaudos įrangai | 76 |
| 17 lentelė. Kūrimui naudojama programinė įranga | 90 |
| 18 lentelė. Projekto realizacijai rekomenduojamo naudoti kompiuterio specifikacija..... | 90 |
| 19 lentelė. Sistemos kokybės įvertinimas | 100 |
| 20 lentelė. XGBoost modelio rezultatai..... | 101 |
| 21 lentelė. Tiesinės regresijos modelio rezultatai | 102 |
| 22 lentelė. Artimiausių kaimynų modelio rezultatai..... | 102 |
| 23 lentelė. Palaikančių vektorių modelio rezultatai | 102 |
| 24 lentelė. Atsitiktinio sprendimų miško modelio rezultatai..... | 103 |
| 25 lentelė. Daugiasluoksnio perceptrono modelio rezultatai..... | 103 |
| 26 lentelė. Modelių rezultatų palyginamoji lentelė | 103 |
| 27 lentelė. Magistro baigiamojo darbo eksperimento rezultatai..... | 108 |

Paveikslų sąrašas

| | |
|--|----|
| 1 pav. Įvykusių ir nuspėtų avarijų grafikas [7] | 17 |
| 2 pav. Ajovos valstijoje vykusių avarijų prognozavimo modelių rezultatai [8] | 19 |
| 3 pav. Kauno miesto termofikacinio tinklo iliustracija (ekrano vaizdas) | 20 |
| 4 pav. Termofikacinio tinklo avarijų Kauno mieste žemėlapiu iliustracija (ekrano vaizdas) | 21 |
| 5 pav. Termofikacinio vamzdžio avarijos nuotrauka | 22 |
| 6 pav. Prižiūravimo mokymo iliustracija [10] | 23 |
| 7 pav. Neprižiūravimo mokymo iliustracija [10] | 23 |
| 8 pav. Mokymosi su pastiprinimu iliustracija [10] | 24 |
| 9 pav. Atsitiktinio sprendimų miško iliustracija [12] | 25 |
| 10 pav. Gradiento nusileidimo iliustracija [13] | 26 |
| 11 pav. Gradiento stiprinimo algoritmo iliustracija | 27 |
| 12 pav. Scikit-learn metodų pasirinkimo algoritmas [15] | 29 |
| 13 pav. <i>XGBoost</i> bibliotekos panaudojimo galimybės [16] | 29 |
| 14 pav. ArcGIS Pro galimybių iliustracija [17] | 30 |
| 15 pav. Jupyter Notebook programinės įrangos ekrano vaizdas [18] | 31 |
| 16 pav. Kairėje: apmokymo duomenys, kuriems norime rasti funkciją, dešinėje: tiesi linija, kuri gali atrodyti tinkamu sprendiniu [20] | 32 |
| 17 pav. Kairėje: 10 laipsnio polinomas, su nuline mokymosi klaida, dešinėje: tikroji paslėpta duomenų generavimo funkcija [20]. | 33 |
| 18 pav. ROC analizės iliustracija [21] | 35 |
| 19 pav. Komponentų išdėstymo diagrama | 40 |
| 20 pav. Veiklos konteksto diagrama | 43 |
| 21 pav. Esybių – ryšių diagrama | 44 |
| 22 pav. Panaudos atvejų diagrama | 45 |
| 23 pav. Darbų išskaidymo struktūra | 63 |
| 24 pav. Tinklinė darbų diagrama | 64 |
| 25 pav. Ganto kalendorinis sistemos kūrimo planas | 65 |
| 26 pav. Projekto rizikų kategorijų išskaidymo diagrama | 73 |
| 27 pav. TAVSIS sistemos išskaidymo į paketus diagrama | 77 |
| 28 pav. Avarijų redagavimo paketo klasių diagrama | 78 |
| 29 pav. Paieškos paketo klasių diagrama | 78 |
| 30 pav. Žemėlapiu valdymo paketo klasių diagrama | 79 |
| 31 pav. Identifikavimo paketo klasių diagrama | 79 |
| 32 pav. Avarijų prognozavimo paketo klasių diagrama | 80 |
| 33 pav. Ataskaitų generavimo paketo klasių diagrama | 80 |
| 34 pav. Avarijų sąrašo paketo klasių diagrama | 81 |
| 35 pav. Avarijos sukūrimo veiklos diagrama | 82 |
| 36 pav. Paieškos būsenų kitimo diagrama | 83 |
| 37 pav. PA-1 bendradarbiavimo diagrama | 84 |
| 38 pav. PA-2 bendradarbiavimo diagrama | 84 |
| 39 pav. PA-3 panaudos atvejo sekų diagrama | 84 |
| 40 pav. PA-4 bendradarbiavimo diagrama | 85 |
| 41 pav. PA-5 bendradarbiavimo diagrama | 85 |
| 42 pav. PA-6, PA-7 ir PA-8 bendradarbiavimo diagrama | 85 |
| 43 pav. PA-9 bendradarbiavimo diagrama | 86 |
| 44 pav. PA-10 bendradarbiavimo diagrama | 86 |
| 45 pav. PA-11 bendradarbiavimo diagrama | 86 |

| | |
|---|-----|
| 46 pav. PA-12 bendradarbiavimo diagrama | 87 |
| 47 pav. PA-13 bendradarbiavimo diagrama | 87 |
| 48 pav. Sistemos išdėstymo diagrama | 88 |
| 49 pav. Projektuojama esybių – ryšių diagrama | 89 |
| 50 pav. Prisijungimo langas prie TAVSIS sistemos langas..... | 93 |
| 51 pav. Pagrindinio TAVSIS sistemos lango elementai..... | 94 |
| 52 pav. Avarijos įvedimo/ redagavimo langas..... | 95 |
| 53 pav. Termofikacinio tinklo avarijų prognozavimo langas | 96 |
| 54 pav. Metinės ataskaitos generavimo langas | 96 |
| 55 pav. Tinklo elementų arba adresų paieškos laukas | 97 |
| 56 pav. Avarijų peržiūros lentelė | 97 |
| 57 pav. Tirtų modelių ROC kreivių grafikas | 104 |
| 58 pav. Tiriamuoju laikotarpiu įvykusių termofikacinio tinklo avarijų žemėlapis..... | 106 |
| 59 pav. Trūkusių vamzdžio segmentų prognozavimo forma..... | 107 |

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

GIS – geografinė informacinė sistema.

CSV – duomenys, kurių reikšmės atskirtos kableliu (angl. *comma-separated values*).

ROC – sprendimus priimančiojo klasifikatoriaus ypatybių kreivė, rodanti klasifikatoriaus jautrumo ir specifiškumo sąryšį (angl. *receiver-operatic curve*).

AUC – plotas po ROC kreivę (angl. *area under the curve*), parodantis ar klasifikatorius gali atskirti ir teisingai suklasifikuoti teigiamus ir neigiamus pavyzdžius.

Terminai:

Taiklumas – (angl. *accuracy*) rodiklis parodantis teisingų teigiamų ir teisingų neigiamų spėjimų santykį su visais spėjimas.

Tikslumas – (angl. *precision*) rodiklis parodantis teisingų teigiamų spėjimų santykį su visais teigiamais spėjimais.

Atspėjamumas – (angl. *recall*) rodiklis parodantis teisingų teigiamų spėjimų santykį su visais teigiamais pavyzdžiais.

Ižanga

Kauno regione įmonė „Kauno energija“ valdo daugiau kaip 900 kilometrų centralizuoto šildymo tinklų, kurie naudojami teikti šildymo ir karšto vandens paslaugas. Savo pagamintą ir nupirktą šilumą bendrovė integruotais ir lokaliniais šilumos tiekimo tinklais, 2017 m. gruodžio 31 d. duomenimis, tiekė 3 462 įmonėms ir organizacijoms bei 115 429 buitiniams vartotojams, iš viso – 118 891 vartotojui (objektai pagal adresus).

Kasmet šiuose tinkluose įvyksta vamzdžių trūkimo avarijos, kurių metu stabdomas paslaugų teikimas gyventojams. Avarijas įmonės dispečeriai fiksuoja nepatogioje ir morališkai pasenusioje sistemoje, kuri dažnai stringa ar veikia lėtai. Dėl to fiksuojant avarijas dažnai padaroma klaidų, praleidžiami svarbūs punktai, kurie neleidžia atlikti detalios avarijų analizės. Be to kasmet įmonė teikia avarijų tinkluose ataskaitą Valstybinei energetikos inspekcijai.

Be to, dėl naudojamos senos infrastruktūros kartais yra sudėtinga nustatyti vamzdžiuose įvykusių avarijų lokaciją, o vienintelis avarijos požymis gali būti staiga sumažėjęs slėgis vamzdynuose ar išaugęs papildančio šildymo vandens poreikis.

Projekto užsakovas yra uždaroji akcinė bendrovė Kauno energija. Bendrovė gamina, tiekia ir paskirsto vartotojams šilumą Kauno ir Jurbarko miestuose bei Kauno rajone (Akademijos mstl., Ežerėlio m., Domeikavos k., Garliavos m., Girionių k., Neveronių k., Raudondvario k.). Taip pat teikia karšto vandens tiekimo paslaugą. Kuriama sistema remiasi saityno (angl. *web*) technologijomis, kurios leidžia dirbti nuotoliniu būdu. Todėl, sukūrus šią sistemą, avarijos fiksavimą skaitmeniniu būdu galės atlikti ne tik dispečeris, bet ir meistras esantis avarijos vietoje, taip sumažinant dispečerio darbo krūvį bei atsisakant meistrų teikiamos popierinės avarijų ataskaitos.

Pagrindinis bendrovės akcininkas – Kauno miesto savivaldybė.

1. Analitinė dalis

1.1. Įžanga

Sparčiai augantis kompiuterių našumas bei didėjantys duomenų srautai atgaivino neuroninių tinklų ir mašininio mokymosi tyrimo sritis. Remiantis statistiniais duomenimis publikacijų skaičius šioje srityje per pastaruosius 20 metų išaugo daugiau kaip 9 kartus [1].

Sukurtos mašininio mokymosi bibliotekos ir programavimo karkasai leidžia nesunkiai integruoti mašininio mokymosi modelius į kitas sistemas. Taip pat nuolat kuriamos ir tobulinamos mašininio mokymosi metodologijos leidžiančios pritaikyti ją įvairioms sritims, įskaitant energetiką.

Kauno mieste per metus įvyksta apytiksliai 350 termofikacinio tinklo avarijų, kurių metu gyventojams yra stabdomos termofikacinio tinklo teikiamos paslaugos – karštas vanduo ir šildymas. Dispečeriui ir Tinklo valdymo skyriui ypač svarbu žinoti ir planuoti galimus paslaugų tiekimo sutrikimus, avarijų vietas bei atitinkamai joms pasiruošti.

Šio projekto tikslas – sukurti efektyvesnę avarijų valdymo sistemą paremtą Web technologijomis bei atlikti termofikacinio tinklo avarijų prognozavimo, panaudojant mašininio mokymosi algoritmus, bei integracijos galimybių tyrimą.

1.2. Egzistuojantys sprendimai

Literatūros analizės metu buvo rasti panašūs darbai, kuriuose buvo atliekamas avarijų prognozavimas. Tačiau jis buvo taikomas skirtingose srityse. Nagrinėdami šiuos atvejus ieškosime panašumų su mūsų darbe planuojamu atlikti Kauno miesto termofikacinio tinklo avarijų prognozavimu bei ieškosime galimybės pritaikyti sprendimus mūsų tyrimui.

1.2.1. Vandentiekio tinklo vamzdžių gedimų prognozavimas

Viename iš straipsnių [2] vamzdžių avarijos buvo prognozuojamos naudojant klimato duomenis ir vamzdžių parametrus. Autorių tikslas buvo surasti vamzdžius, kurie gali trūkti greičiausiai. O darbo tikslas - prioritetuoti vamzdžių atnaujinimo ir remonto darbus. Darbe buvo naudojami RankBoost.B, Cox proporcinis pavojų modelis, Naive Bayes modelis, logistinės regresijos modelis bei dirbtinių neuroninių tinklų modelis. Pagal gautus rezultatus geriausias rezultatas pasiektas panaudojus RankBoost.B modelį (AUC plotas 0.85).

Straipsnyje [3] aprašomas vamzdžio būklės prognozavimas vandentiekio vamzdžiams. Tam naudojami vamzdžių parametrai, jų aplinkos parametrai bei naudojimo faktoriai.

Kitame straipsnyje [4] aprašomas vamzdžių trūkių prognozavimas naudojant sustiprintus sprendimų medžius. Naudojami AdaBoost, RUSBoost, atsitiktinių sprendimų miško (angl. *Random Forest*) ir sprendimų medžių (angl. *Decision Tree*) modeliai.

Nors šie straipsniai aprašo panašius tyrimus, tačiau jų visų tikslas nesutampa su mūsų tikslu – lokalizuoti vietą, kurioje labiausiai tikėtina, kad įvyko avarija realiu laiku. Be to, mūsų tyrimo objektas – termofikaciniai vamzdžiai.

1.2.2. Termofikacinio tinklo gedimų prognozavimas

Ieškant mokslinių publikacijų, kurios būtų susijusios su termofikacinio tinklo gedimų prognozavimu, pavyko rasti kelis straipsnius. Viename iš jų [5] aprašomas gedimų prognozavimas naudojant

termofikato temperatūrų ir kitus duomenis gautus pastotėse. Kitame straipsnyje [6] vamzdžių ilgaamžiškumo ir trūkių prognozavimui naudojama deterministinė statistinė struktūros vientisumo analizė. Abiem atvejais nuo mums reikalingo sprendimo skiriasi metodologija, duomenys ir tikslai.

1.2.3. Jutos valstijos (JAV) eismo avarijų prognozavimas

Publikacijoje [7] pateikiamas detalus aprašymas, modeliai, duomenys, kurie buvo naudoti prognozuojant Jutos mieste įvyksiančias eismo avarijas. Analizuojant šį atvejį buvo sudarytos analitinės lentelės, kuriose aprašyti pagrindiniai naudoti metodai, duomenys bei aptiktos problemos.

Nagrinėtame darbe aprašyti duomenys bei naudoti atributai pateikti lentelėje žemiau.

1 lentelė. Jutos miesto avarijų prognozavimui naudoti duomenys [7]

| Duomenų pavadinimas | Aprašymas |
|---------------------|---|
| Avarijų įrašai | Nagrinėjamo tyrimo metu naudoti viešai prieinami Jutos (JAV) miesto avarijų duomenys. Atributai: avarijos vieta, avarijos laikas (intervalas 1 val.) |
| Kelių duomenys | Naudoti viešai prieinami Jutos miesto geografiniai kelių duomenys. Viso apytikriai 400 tūkst. kelio segmentų įrašų. Atributai: greičio apribojimas, kelio išlinkis, eismo intensyvumas, atstumas iki sankryžos, kelio plotis, kelio danga ir kiti. |
| Orų informacija | Naudota istorinė informacija iš orų stotelių. Atributai: temperatūra, vėjo greitis, matomumas, lietus, sniegas, plikledis, kritulių kiekis. |
| Žmogiški faktoriai | Įtraukti žmogiškas klaidas galimai lemiantys faktoriai. Atributai: atstumas iki reklamos stovų (išsiblaškyimas), populiacijos tankis. |

Nagrinėjamo tyrimo metu buvo susidurta su problemomis aprašytais žemiau pateiktoje lentelėje.

2 lentelė. Jutos avarijų prognozavimo tyrime aptiktos problemos [7]

| Aptiktos problematikos | Aprašymas |
|---|--|
| Klasių disbalansas | Nagrinėjamame tyrime buvo analizuojami 7 metų avarijų duomenys, kuriuos sudarė ~ 500 tūkst. avarijų. Tai yra teigiami klasifikatoriaus pavyzdžiai. Tačiau autorius pastebi, kad palyginti su kelio segmentų skaičiumi ir valandų skaičiumi buvo 24,5 milijardo įvykių kuomet kelio segmente avarija neįvyko. Sprendimas: neigiamų pavyzdžių skaičius sumažintas iki 3 milijonų. |
| Orų stotelės parinkimas | Nagrinėjant avarijas neaišku kurių orų stotelė pasirinkti. Sprendimas: sudaryta Voronojaus diagrama aplink oro stoteles bei parenkama ta orų stotelė, kurios Voronojaus poligonas kertasi su avarija. |
| Apmokymo ir validavimo duomenų rinkinys | Norint patikrinti modelio korektiškumą jį reikia validuoti su duomenimis, kurių modelis prieš tai neapdirbo. Sprendimas: 10 procentų duomenų yra atskiriami ir nenaudojami apmokymo metu, bet naudojami validavimui. |

Nagrinėtame tyrime naudoti įrankiai pateikti lentelėje žemiau.

3 lentelė. Jutos avarijų prognozavimui naudoti įrankiai [7]

| Pavadinimas | Aprašymas |
|-------------|--|
| ArcGIS Pro | Programa naudota atlikti geografines operacijas, vizualizuoti geografinius duomenis bei duomenų analizei. Licencija: komercinė. |

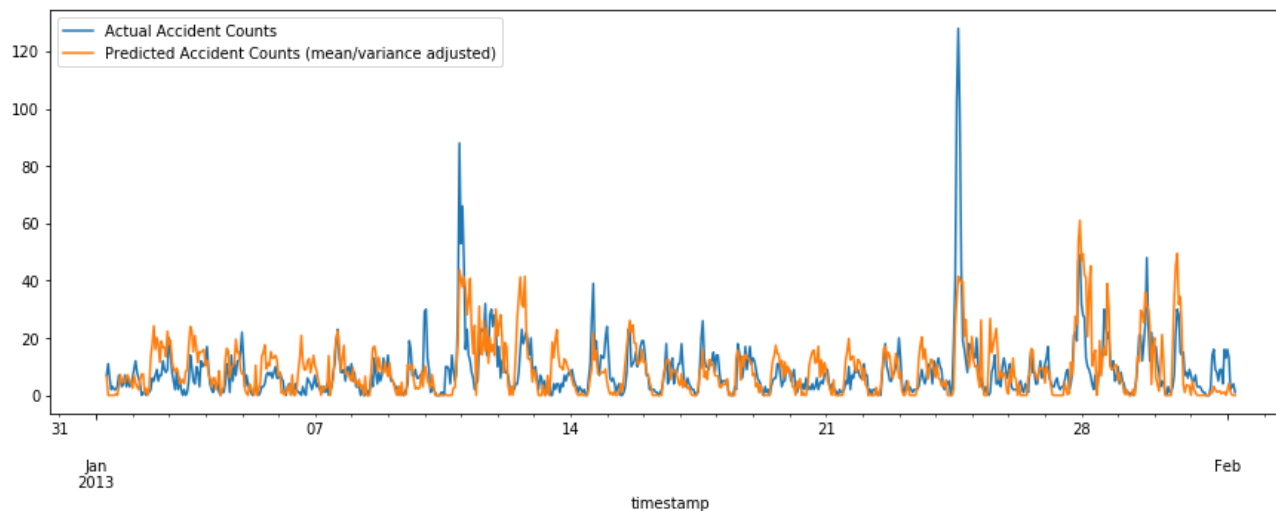
| | |
|--------------------------------|---|
| XGBoost | Ši Python biblioteka buvo naudota gradiento stiprinimo algoritmo vykdymui ir modelio gamybai. Licencija: atviro kodo (Apache). |
| scikit-learn | Biblioteka naudota tam tikroms operacijoms, reikalingoms duomenų apdorojimui, atlikti. Licencija: atviro kodo (BSD). |
| ArcGIS API for Python ir ArcPy | Python programavimo bibliotekos naudotos geografinių duomenų ištraukimui ir konvertavimui į mašininiam mokymui tinkamą formatą. Licencija: komercinė. |
| Panda | Python programavimo biblioteka naudota darbui su duomenų matricomis, jų transformavimui bei išsaugojimui į mašininiam mokymuisi tinkamą formatą. Licencija: atviro kodo (BSD). |
| Matplotlib | Python programavimo biblioteka naudota grafikų braižymui ir informacijos vizualizavimui. Licencija: atviro kodo (BSD). |
| Jupyter | Python kalbos redaktorius naudotas tyrimo pristatymui bei kūrimui. Licencija: atviro kodo (BSD). |
| Numpy | Python programavimo biblioteka naudota darbui su masyvais. Licencija: atviro kodo (BSD). |

Nagrinėtame darbe taikyti metodai pateikti lentelėje žemiau.

4 lentelė. Jutos eismo avarių tyrime naudoti metodai [7]

| Metodas | Aprašymas |
|--|--|
| Prižiūrimas mokymasis | Prognozavimui taikyta mašininio mokymosi atšaka vadinama prižiūrimu mokymusi. |
| Gradiento stiprinimo klasifikatorius | Avarių prognozavimui taikomas gradiento stiprinimo metodas naudojant XGBoost biblioteka. |
| Vieno aktyvaus atributo užkodavimas (angl. <i>one-hot encoding</i>) | Nekiekybiniai duomenys šiame darbe iškeliami į stulpelį, kuriam suteikiamas binarinis atributas (1 arba 0). Tai atliekama naudojant tam skirtus metodus iš scikit-learn bibliotekos. |
| Neigiamų pavyzdžių atrinkimas | Darbe pritaikytas toks neigiamų pavyzdžių atrinkimas: <ul style="list-style-type: none"> – Atsitiktinai pasirenkama avarija; – Atsitiktinai pakeičiamas valanda/ kelio segmentas/ diena; – Jei atrinktas įrašas nėra avarija – jis įtraukiamas prie neigiamų pavyzdžių. |

Nagrinėtame Jutos miesto eismo avarių prognozavimo modelyje buvo pasiektas 89% atspėjamumo ir 31% tikslumo rodikliai. Įvykusių avarių ir nuspėjamų avarių grafikas pateiktas paveiksle žemiau.



1 pav. Įvykusių ir nuspėtų avarių grafikas [7]

1.2.4. Eismo avarių prognozavimas naudojant heterogeninius miestų duomenis

Išnagrinėjus [8] straipsnį, kuriame nagrinėjamos mašininio mokymosi galimybės prognozuoti eismo avarijas Ajovos valstijoje (JAV) naudojant 2006 – 2013 metų duomenis. Detali aprašytų duomenų, metodų bei įrankių analizė pateikta žemiau.

Avarių prognozavimui naudojami duomenys pateikti lentelėje žemiau.

5 lentelė. Duomenys naudoti Ajovos valstijoje vykusių eismo avarių prognozavimui [8]

| Pavadinimas | Aprašymas |
|------------------------|---|
| Avarių duomenys | Naudoti duomenys iš Ajovos transporto departamento apimantys 2006 ir 2013 metų periodus. Avarijos laikas apvalintas iki mažesnės valandos. Avarių duomenys naudojant geografinę sankirtą buvo priskirti prie kelio segmentų jei buvo nutolę ne daugiau nei per 35 metrus. Iš viso buvo naudoti daugiau kaip 415 tūkst. avarių įrašų. Atributai: avarijos laikas, vieta, kelio informacija, |
| Kelių duomenys | Kelių duomenys surinkti iš skirtingų duomenų šaltinių. Atributai: greičio apribojimas, vidutinis metinis eismo intensyvumas, kelio išlinkis, kelio ilgis. |
| Orų duomenys | Naudoti didelio detalumo valandiniai lietaus duomenys, keliuose sumontuotų orų stotelių duomenys. Pagal orų stotelių koordinatas buvo pagaminta Voronojaus diagrama, kuri taškinius duomenis pavertė į plotinius. Po to naudojant geografinę sankirta orų duomenys priskirti keliams. Atributai: kritulių kiekis, temperatūra, vėjo greitis. |
| Demografiniai duomenys | Naudoti gyventojų surašymo duomenys. Apskaičiuotas gyventojų tankis naudojant geografinę sankirta priskirtas kelio segmentams. Atributai: populiacijos tankis, gyventojų surašymo bloko dydis. |

Nagrinėtame darbe aprašyti metodai pateikti lentelėje žemiau.

6 lentelė. Metodai naudoti Ajovos valstijos eismo avarijoms prognozavimui [8]

| Metodo pavadinimas | Aprašymas |
|-----------------------------------|---|
| Atraminų vektorių klasifikatorius | Šis mašininio mokymosi algoritmas naudotas norint palyginti jo veiksmingumą su kitais naudotais metodais. |

| | |
|------------------------------------|--|
| Sprendimų medžių klasifikatorius | Šis mašininio mokymosi algoritmas naudotas norint palyginti jo veiksmingumą su kitais naudotais metodais. Siekiant išvengti per didelio prisitaikymo prie duomenų medžių gylis apribotas iki 13. |
| Atsitiktinių miškų klasifikatorius | Šis mašininio mokymosi algoritmas naudotas norint palyginti jo veiksmingumą su kitais naudotais metodais. Medžių kiekis apribotas iki 1000. |
| Gilusis neuroninis tinklas | Šis mašininio mokymosi algoritmas naudotas norint palyginti jo veiksmingumą su kitais naudotais metodais. Šiuo atveju buvo sudarytas iš 3 paslėptų sluoksnių. |
| Trūkstatų duomenų interpoliacija | Darbe naudota interpoliacija siekiant gauti trūkstamas oro temperatūros, rasos taško, vėjo greičio reikšmes. Ten kur interpoliacija nebuvo įmanoma – duomenys buvo pašalinti. |
| Vieno aktyvaus kodavimas | Kadangi mašininio mokymosi modeliai sunkiai susidoroja su kategorijas nusakančiais atributais, jie konvertuoti į binarines reikšmes. |

Nagrinėtame darbe aptiktos problemos aprašytos lentelėje žemiau.

7 lentelė. Ajovos valstijos eismo avarių prognozavimo problemos [8]

| Problema | Aprašymas |
|--------------------------------|---|
| Klasių disbalansas | Kaip ir kituose nagrinėtuose atvejuose čia susiduriama su klasių disbalanso problema, kadangi teigiamų pavyzdžių (avarija įvyko) yra žymiai daugiau nei neigiamų (avarija neįvyko). Sprendimas: taip kaip ir anksčiau nagrinėtame sprendime buvo keičiamas laikas, diena ar kelio segmentas ir gaminami neigiami pavyzdžiai, kurie buvo tiek smarkiai nutolę nuo galimo avarijos įvykio, tiek buvo artimi teigiamam įvykiui. |
| Vietos heterogiškumas | Mieste avarių įvyksta gerokai daugiau nei kaimo vietovėse, dėl to ir duomenų kiekis vienam ir kitam atvejui yra skirtingas. Naudojant vieną modelį jis gali būti iškreiptas, nes vienu atveju yra žymiai daugiau duomenų nei kitu. Sprendimas: spektrinis grupavimas. |
| Apmokymo ir testavimo duomenys | Kaip ir anksčiau nagrinėtuose atvejuose susiduriama su duomenų apmokymui ir testavimui atskyrimo problema. Sprendimas: jei apmokymui naudojami N metų duomenys, tai testavimui N+1 metų duomenys. |
| Rezultatų įvertinimas | Norint palyginti metodus labai svarbu tiksliai įvertinti jų rezultatus. Pasirinkus netinkamus vertinimo kriterijus gali būti netiksliai įvertintas modelio veiksmingumas. Sprendimas: modelių įvertinimui naudojami šie parametrai: tikslumas, atspėjamumas, taiklumas ir kiti. |

Nagrinėtame darbe naudoti įrankiai pateikti lentelėje žemiau.

8 lentelė. Ajovos valstijos eismo avarių prognozavimui naudoti įrankiai [8]

| Įrankis | Aprašymas |
|--------------|---|
| liblinear | Biblioteka skirta dirbti su didelės apimties klasifikavimo duomenimis darbe naudota atraminių vektorių metodo tyrimui. |
| scikit-learn | Naudotas sprendimų medžių metodo tyrimui taikant klasifikavimo ir regresijos medžių (CART) algoritmą. Taip pat naudotas taikant atsitiktinio sprendimų miško metodą. |
| Serveris | Apmokymui naudotas serveris su 256GB operatyviosios atminties 16 branduolių procesoriumi bei NVIDIA Tesla P100 vaizdo plokšte. |

Naudotų metodų palyginimas pateiktas paveikslėlyje žemiau.

| | K^4 | AUC | Recall | Precision | F1 | Accuracy |
|------------------|-------|--------|--------|-----------|--------|----------|
| SVM ¹ | 0 | 0.5471 | 0.3305 | 0.2894 | 0.3066 | 0.6307 |
| | 10 | 0.5549 | 0.3276 | 0.3042 | 0.3131 | 0.6444 |
| | 20 | 0.5507 | 0.3133 | 0.3029 | 0.3059 | 0.6482 |
| | 30 | 0.5543 | 0.3358 | 0.3044 | 0.3175 | 0.6419 |
| | 40 | 0.5538 | 0.3434 | 0.3074 | 0.3221 | 0.6411 |
| DT ² | 0 | 0.7847 | 0.3506 | 0.6687 | 0.4590 | 0.7940 |
| | 10 | 0.8636 | 0.5735 | 0.9275 | 0.7079 | 0.8827 |
| | 20 | 0.8646 | 0.5762 | 0.9271 | 0.7100 | 0.8832 |
| | 30 | 0.8640 | 0.5781 | 0.9273 | 0.7114 | 0.8837 |
| | 40 | 0.8607 | 0.5765 | 0.9263 | 0.7098 | 0.8832 |
| RF ³ | 0 | 0.8623 | 0.3728 | 0.8779 | 0.5230 | 0.8310 |
| | 10 | 0.9585 | 0.5963 | 0.9875 | 0.7431 | 0.8976 |
| | 20 | 0.9597 | 0.5821 | 0.9903 | 0.7326 | 0.8946 |
| | 30 | 0.9612 | 0.5873 | 0.9904 | 0.7366 | 0.8958 |
| | 40 | 0.9592 | 0.5635 | 0.9919 | 0.7179 | 0.8902 |
| DNN | 0 | 0.8036 | 0.5058 | 0.6135 | 0.5540 | 0.7974 |
| | 10 | 0.9575 | 0.8523 | 0.9221 | 0.8858 | 0.9453 |
| | 20 | 0.9608 | 0.8663 | 0.9280 | 0.8961 | 0.9500 |
| | 30 | 0.9612 | 0.8685 | 0.9309 | 0.8986 | 0.9512 |
| | 40 | 0.9603 | 0.8689 | 0.9302 | 0.8985 | 0.9511 |

¹ $C=100$, ² Max depth=13, ³ Num of Trees=1000

⁴ K represents the number of SpatialGraph features

2 pav. Ajosvos valstijoje vykusių avarijų prognozavimo modelių rezultatai [8]

1.3. Duomenys

Vienas iš esminių mašininio mokymosi etapų yra duomenų surinkimas ir apdorojimas. Pagal literatūros analizės rezultatus matyti, kad avarijas įtakojantys veiksniai gali būti šie: vamzdžio parametrai, instaliavimo vietos informacija, orų informacija bei kiti.

1.3.1. Termofikacinis tinklas

Vienas iš esminių tyrimo objektų yra Kauno miesto termofikaciniai vamzdiniai. Duomenų rinkinį sudaro 22 547 vamzdžio segmentai pakloti išorėje bei 26 232 segmentai pakloti pastatuose. Bendras segmentų ilgis – daugiau kaip 900 km. Tinklų žemėlapis pateiktas paveiksle žemiau.



3 pav. Kauno miesto termofikacinio tinklo iliustracija (ekrano vaizdas)

Būtent vamzdžių segmentuose ir bus prognozuojamos galimos avarijos. Modelis turi parodyti, kuriame vamzdyje tikėtina, kad įvyks avarija.

Duomenų rinkinyje tiesiogiai prieinama tokia mums aktuali vamzdžio informacija:

- skersmuo;
- sienutės storis;
- medžiaga;
- padėtis;
- eksploatacijos pradžia;
- izoliacija;
- izoliacijos apsauga;
- antikorozinė danga;
- ilgis;
- parametrų tipas;
- vamzdžio tipas (magistralinis, skirstomasis, grįžtamas ir t.t.);
- paklojimo metai.

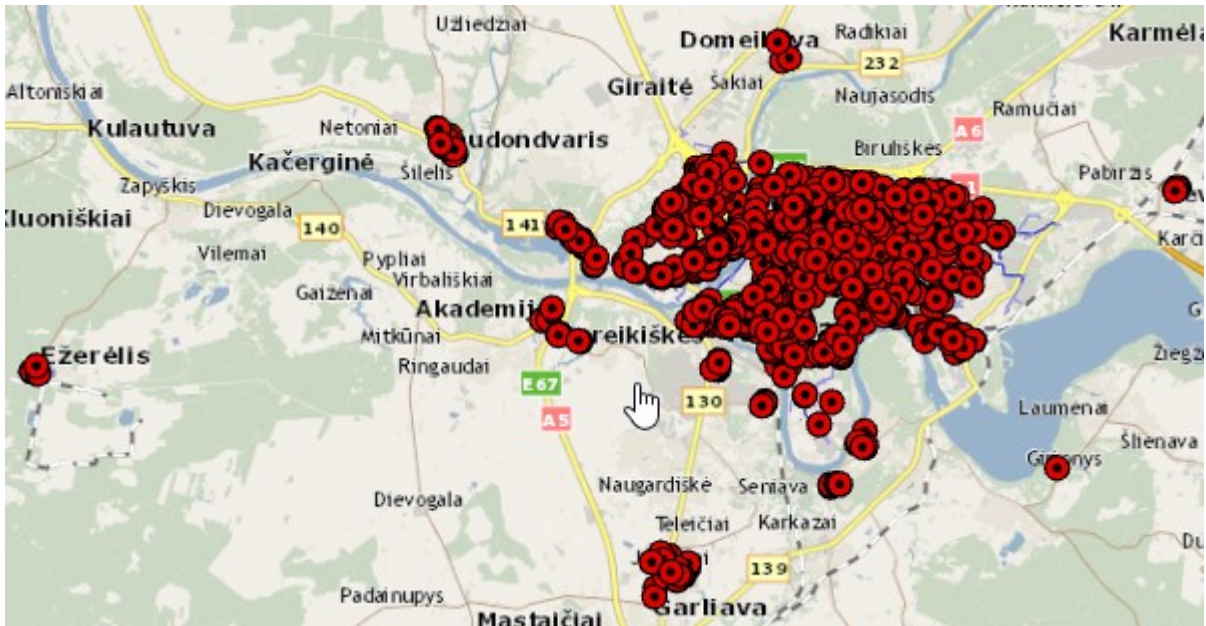
Žemiau pateiktoje lentelėje pateikiama tęstinių reikšmių parametrų statistika.

9 lentelė. Tęstinių vamzdžio atributų reikšmių statistika

| Atributas | Vidurkis | Mediana | Minimali reikšmė | Maksimali reikšmė | Nežinoma (null) |
|------------------------|----------|---------|------------------|-------------------|-----------------|
| Paklojimo metai | 1995 | 1998 | 1963 | 2019 | 24500 |
| Išorinis diametras, mm | 165 | 100 | 25 | 1000 | 19580 |
| Segmento ilgis, m | 18,38 | 4,06 | 0,003 | 1118,74 | 0 |

1.3.2. Avarijų duomenys

Viso Kauno mieste nuo 2013 metų sausio mėnesio iki 2019 metų spalio mėnesio fiksuotos 1466 avarijos. Žemiau pateiktame paveiksle vaizduojamas šių avarijų žemėlapis.



4 pav. Termofikacinio tinklo avarijų Kauno mieste žemėlapis iliustracija (ekrano vaizdas)

Duomenų rinkinyje prieinami šie aktualūs atributai:

- avarijos pastebėjimo data
- pažeidimo adresas
- drenažas (yra, nėra)
- pažeidimo vietos danga
- pažeistas komponentas
- korozijos vieta
- pažeidimo tipas
- pažeidimo priežastis
- sezoniškumas
- paklojimo metai
- tikslumas bei kiti.



5 pav. Termofikacinio vamzdžio avarijos nuotrauka

Avarijų duomenis fiksuoja „Kauno energijos“ tinklo dispečeriai dirbantys pamainomis ir prižiūrintys tinklo veiklą 24 valandas per parą. Įvykus avarijai, dispečeriai pažymi jos vietą žemėlapyje ant vamzdžio kuriame įvyko avarija. Tai leidžia mums susieti tinklo avariją su konkrečiu vamzdžio segmentu, kuriame įvyko avarija.

1.3.3. Orų duomenys

Kadangi avarijos yra sunkiai prognozuojamos, kaip vienas iš neapibrėžtumo rodiklių gali būti naudojama orų informacija, kuri atspindi sunkiai išmatuojamų kintamųjų įtaką avarijoms. Pavyzdžiui, kuo šalčiau, tuo didesnės temperatūros termofikatas teka vamzdynais. Orų informacija bus naudojama iš Reliable Pronosis¹ teikiamų orų stotelių archyvinių duomenų. Viso Kauno rajone sumontuotos 2 orų stotelės. Viena – Kauno mieste, kita – Karmėlavos oro uoste.

Šiame darbe mes naudosime istorinius temperatūros, santykinės drėgmės, kritulių kiekio bei slėgio duomenis. Analizuojamu laikotarpiu surinkti 19724 įrašai apie orų būseną trijų valandų intervalu. Norint apjungti šiuos duomenis su avarijų laiku reikia atlikti šių duomenų interpoliaciją, kad būtų gauti valandiniai duomenys. Taip pat, kadangi dalis duomenų pateikta tekstine išraiška – reikės atlikti duomenų skenavimą bei suskaitmeninimą. Pavyzdžiui nustatant ar lijo atliksime reikšminių žodžių paiešką stulpelyje aprašančiame lietaus būseną.

1.4. Metodologija

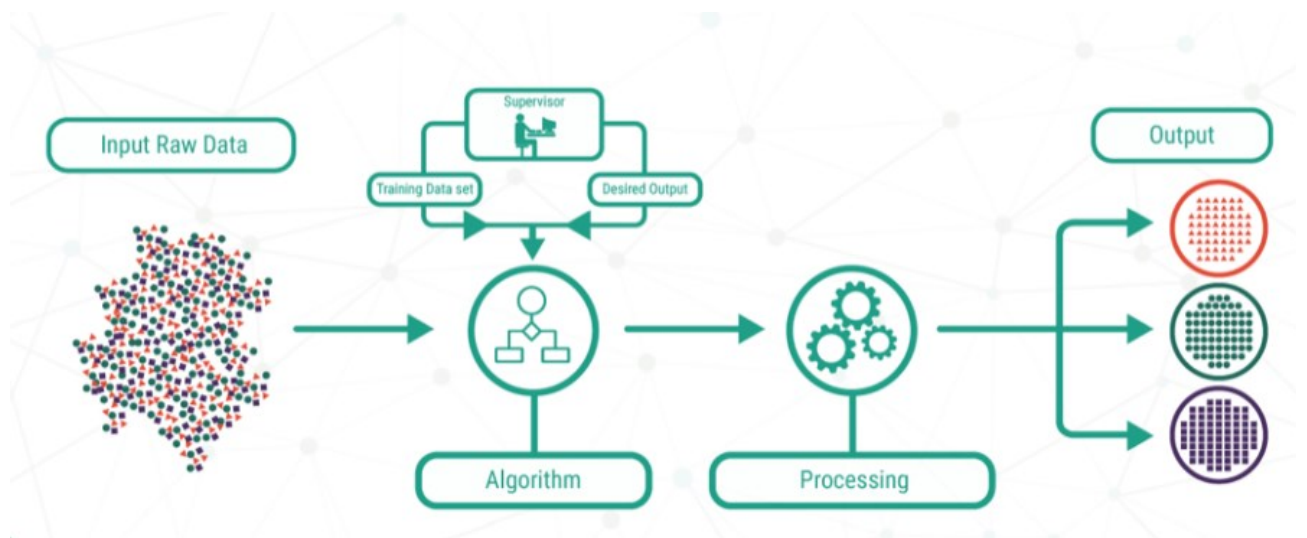
1.4.1. Mašininio mokymosi metodai

Mašininis mokymasis – tai toks duomenų analizės tipas, kuris leidžia daryti išvalgas apie duomenis be išankstinio programavimo [9]. Kitaip tariant, mašininis mokymasis leidžia sistemai pačiai nustatyti duomenų tarpusavio ryšius bei jų įtaką vienam ar kitam rezultatui.

Mašininis mokymasis gali būti skirstomas į šias pagrindines kategorijas:

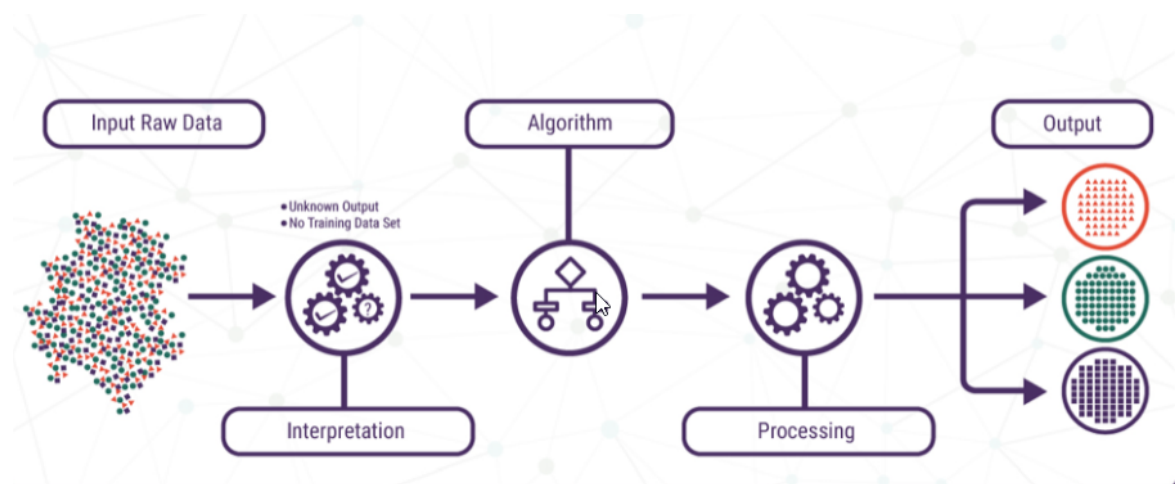
¹ Prieiga internete <https://rp5.ru/>

- Prižiūrimas mokymasis – mašininio mokymosi sritis, kurioje sistema bando nustatyti funkcinių ryši tarp pateiktų įvesties parametrų ir išvesties remdamasi pateiktais įvesties ir išvesties pavyzdžiais (žr. paveikslą žemiau).



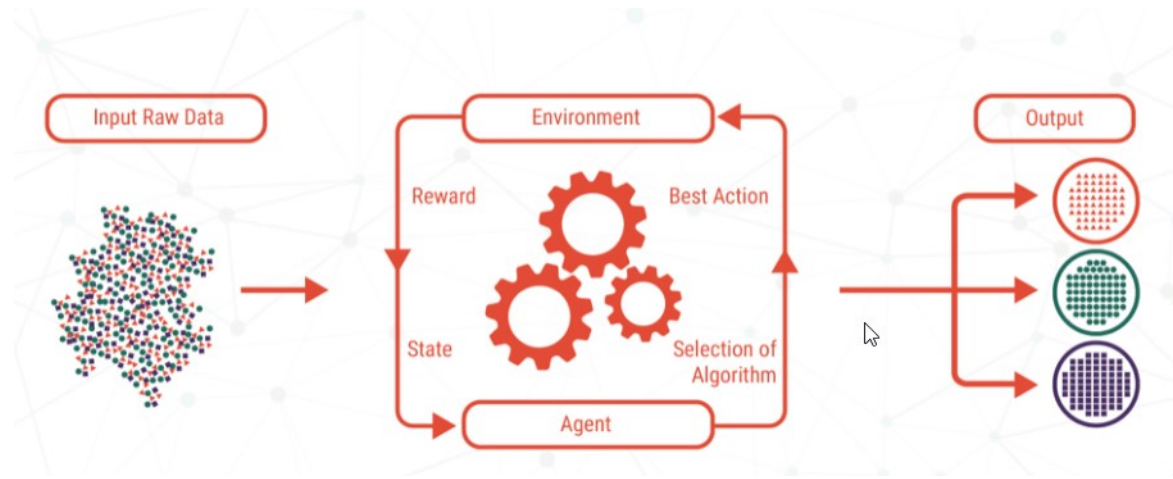
6 pav. Prižiūrimo mokymo iliustracija [10]

- Neprižiūrimas mokymasis – mašininio mokymosi sritis, kurioje sistema mokosi iš pateiktų nepažymėtų, neklasifikuotų ir nesuskirstytų į kategorijas duomenų bei pati bando nustatyti duomenų tarpusavio ryšius lemiančius vieną ar kitą įrašo savybę (žr. pav. žemiau).



7 pav. Neprižiūrimo mokymo iliustracija [10]

- Mokymasis su pastiprinimu - mašininio mokymosi sritis, kurioje sistema mokoma naudojant skatinimo arba bausmės principą. Kai mokoma sistema atlieką teisingą veiksmą ji paskatinama, kitu atveju – baudžiama. Taip sistema mokoma priimti tik teisingus sprendimus (žr. pav. žemiau).



8 pav. Mokymosi su pastiprinimu iliustracija [10]

Kadangi termofikacinio tinklo avarių prognozavimui bus naudojami duomenys, kurie yra pažymėti žymę „įvyko avarija“ arba „neįvyko avarija“ toliau nagrinėsime tik prižiūrimo mokymosi algoritmus.

1.4.2. Prižiūrimo mokymosi algoritmai

Nagrinėtuose darbuose panašioms problemoms spręsti, kaip geriausi buvo pasirinkti gradiento stiprinimo ir atsitiktinio sprendimų miško prižiūrimo mokymosi algoritmai. Todėl toliau juos panagrinėsime detaliau.

1.4.2.1. Atsitiktinis sprendimų miškas

Atsitiktinio sprendimų miško algoritmas yra paremtas savirankos agregavimo (angl. *bootstrap aggregating*) metodu dar vadinamu *bagging*, kuriame stengiamasi sumažinti gautos prognozavimo funkcijos dispersiją [11]. Naudojant šį algoritmą yra sudaroma daug nekoreliuotų sprendimų medžių, kurie vėliau apjungiami skaičiuojant jų vidurkius.

Atsitiktinių sprendimų miško algoritmas yra toks [11]:

1. Kai b lygus nuo 1 iki B :

1.1. Brėžiame savirankos pavyzdį Z^* , kurio dydis N iš apmokymo duomenų.

1.2. Auginame atsitiktinio sprendimų miško medį T_b nuolat kartodami veiksmus tol kol

gauname mazgų skaičių lygu n_{min} :

1.2.1. Pasirenkame m atsitiktinių kintamųjų iš p visų kintamųjų aibės.

1.2.2. Atrenkame geriausią kintamąjį/ padalinimo tašką iš m aibės.

1.2.3. Padaliname mazgą į dvi vaikinės šakas.

2. Išvedamas tokių sprendimų medžių ansamblis $\{T_b\}_1^B$.

Tuomet norint prognozuoti reikšmes naujame taške x :

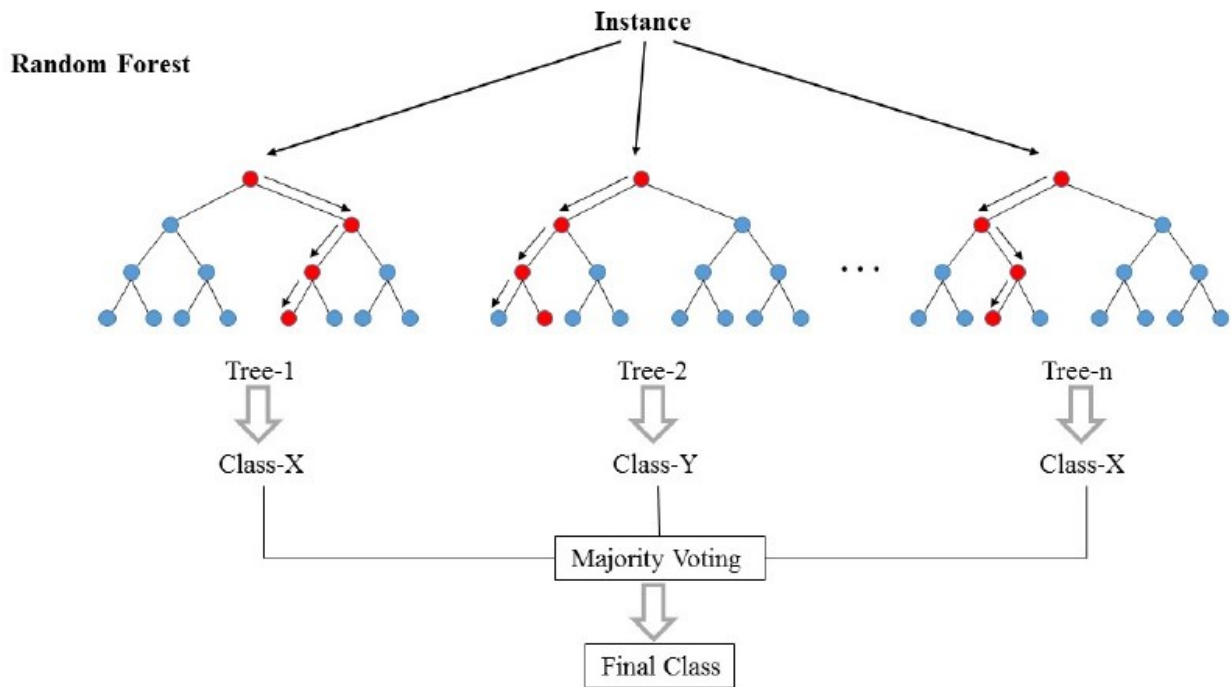
– Kai atliekame regresija:

$$f_{rf}^B(x) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B T_b(x) \quad (1)$$

- Kai atliekame klasifikavimą: Tegu $C_b(x)$ yra klasės spėjimas iš b -tojo atsitiktinio sprendimų miško medžio. Tuomet klasė priklauso nuo daugumos sprendimo:

$$C_{rf}^B(x) = \text{daugumos sprendimas } \{C_b(x)\}_1^B.$$

Atsitiktinio sprendimų medžio iliustracija pateikta paveiksle žemiau.



9 pav. Atsitiktinio sprendimų miško iliustracija [12]

1.4.2.2. Gradiento stiprinimas

Gradiento stiprinimo modelis remiasi gradiento nusileidimo (angl. *gradient descent*) ir stiprinimo (angl. *boosting*) metodais. Todėl, norint apibrėžti šį metodą, reikia apibrėžti abi jo sudedamąsias šakas.

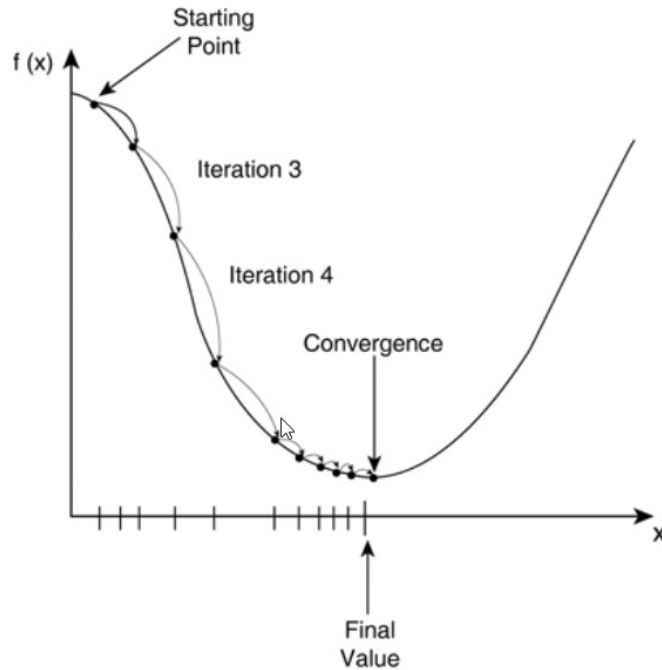
Vienas pagrindinių mašininio mokymosi algoritmų yra gradiento nusileidimas. Šio metodo tikslas yra minimizuoti nuostolių funkciją. Nuostolių funkcija parodo modelio galimybes nustatyti sąryšį tarp X ir Y . Gradiento nusileidimo algoritmas leidžia modeliui rasti kryptį į kurią jis turėtų judėti norint sumažinti klaidą (skirtumą tarp tikrosios y reikšmės ir nuo spėjamos y reikšmės). Kryptis paprastoje tiesinėje regresijoje būtų b_0 ir b_1 parametrų keitimas, siekiant sumažinti nuostolių funkciją. Vykdamas iteracijas nuostolių funkcija konverguoja į minimumą – gaunami parametrai, kurie labai nežymiai ar visai nekeičia nuostolių dydžio [13].

Gradiento nusileidimo iliustracija pateikta paveiksle žemiau. Kaip matyti, metodas optimizuoja nuostolio funkciją nuolat kviesdamas perskaičiavimo taisyklę:

$$x = x - \eta \nabla_{loss}(x)$$

Čia: $\nabla_{loss}(x)$ klaidos funkcijos gradientas; (2)

η žingsnis arba mokymosi greitis



10 pav. Gradiento nusileidimo iliustracija [13]

Stiprinimo (angl. *boosting*) metodas remiasi tuo, kad prognozavimo modelis sudaromas palaipsniui panaudojant skirtingus klasifikavimo ar regresijos modelius, kur kiekvienas vėlesnis modelis bando kompensuoti prieš tai padarytų modelių klaidas. Vengiant per didelio prisitaikymo prie apmokymo duomenų dažniausiai naudojami paprasti vidiniai modeliai (dažniausiai nedideli sprendimų medžiai).

Stiprinimo algoritmas [14]:

1. Tegul h_0 yra bazinis pastovus modelis.
2. Tegul F_0 yra modelių ansamblis sudarytas tik iš h_0 .
3. Kai m yra tarp 1 ir M :
 - a. Tada kiekvienai (x_i, y_i) porai esančiai apmokymo rinkinyje:
 - i. Skaičiuojame liekaną:

$$R(y_i, F_{m-1}(x_i)) = y_i - F_{m-1}(x_i) \quad (3)$$

- b. Apmokome regresijos vidinį modelį h_m naudodami gautas liekanas.
- c. Pridedame h_m į modelių ansamblį:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + h_m(x) \quad (4)$$

3. Gražiname prognozavimo modelių ansamblį F_m .

Gradiento stiprinimo algoritmas apjungia šiuos metodus, nes pastebėta, kad kvadratinės klaidos funkcijos neigiamas gradientas vertinamas iš išvesties reikšmės y yra toks pats kaip ir liekana padauginta iš 2:

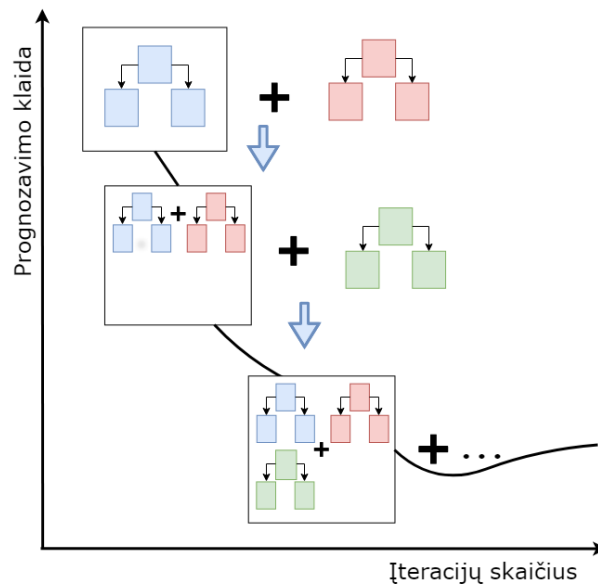
$$Loss(y_i, \hat{y}) = (y_i - \hat{y})^2 \quad (5)$$

Arba:

$$-\nabla_{loss}(\hat{y}) = 2 \cdot (y_i - \hat{y}) \quad (6)$$

Taigi stiprinimo algoritmas gali būti traktuojamas kaip tam tikras gradiento nusileidimas, kuris optimizuoja kvadratinės klaidos funkciją, nes kiekviename žingsnyje jis prideda vidinį modelį, kuris bando atkartoti šios klaidos neigiamą gradientą. Skirtumas nuo gradiento nusileidimo metodo čia yra toks, kad modelį mes atnaujinam pridėdami vidinius modelius, o ne keisdami modelio svorius.

Gradiento stiprinimo metodo iliustracija pateikta paveiksle žemiau.



11 pav. Gradiento stiprinimo algoritmo iliustracija

Gradiento stiprinimo algoritmas [14]:

1. Tegu F_0 yra bazinis pastovus modelis.
2. Tada kai m yra nuo 1 iki M :
 - a. Tada kiekvienai porai (x_i, y_i) apmokymo rinkinyje:
 - i. Skaičiuojame tariamas liekanas:

$$R(y_i, F_{m-1}(x_i)) = \text{neigiamas klaidos gradientas} \quad (7)$$

- b. Apmokome regresijos vidinį modelį h_m su tariamomis liekanomis.
- c. Pridedam h_m į ansamblį:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \eta \cdot h_m(x) \quad (8)$$

3. Gražinamas ansamblis F_M .

Mokymosi greitis η gali būti kontroliuojamas siekiant eliminuoti per didelio prisitaikymo prie apmokymo duomenų riziką. Būtent šį metodą planuojame pritaikyti šiame darbe.

1.4.3. Tipinis algoritmas

Modelio sugeneravimui taikysime tipinį prižiūrimo mokymo algoritmą:

1. Surinksime reikiamus duomenis iš duomenų šaltinių;
2. Atliksime duomenų analizę bei nustatysime naudingus atributus;
3. Parinksime tinkamiausią mašininio mokymosi algoritmą;
4. Paruošime duomenis apmokymui;
5. Padalinsime duomenis į apmokymo, validacijos ir testavimo rinkinius;
6. Parinksime mašininio modelio parametrus;
7. Atliksime apmokymą;
8. Įvertinsime gautus rezultatus;
9. Kartosime 6 – 8 žingsnius kol gausime norimą rezultatą;
10. Išeksportuosime gautą modelį ir išbandysime ant testavimo duomenų;
11. Įdiegsime modelį į produkcinę aplinką.

1.4.4. Bibliotekos ir įrankiai

Nagrinėtų modelių autoriai panašaus tipo problemoms spręsti naudoja žemiau pateiktuose skyriuose aprašytus įrankius. Todėl šios analizės metu nustatysime savo darbe naudotinus įrankius.

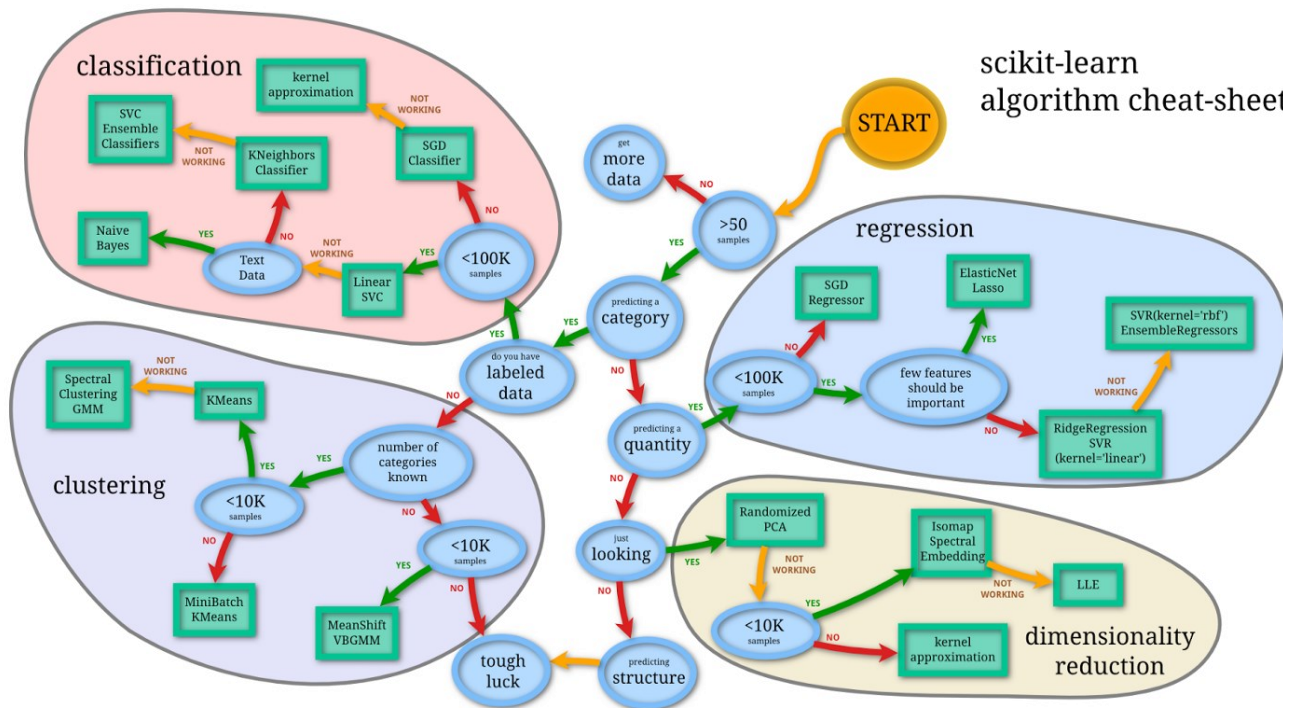
1.4.4.1. Scikit-learn

Scikit-learn yra nemokama programinė biblioteka skirta mašininio mokymosi sprendimų realizavimui naudojant Python programavimo kalbą. Šioje bibliotekoje yra palaikomi įvairūs klasifikavimo, regresijos bei rinkinių grupavimo algoritmai įskaitant atraminių vektorių klasifikatorius (angl. *support vector machine*), atsitiktinių sprendimo medžių (angl. *random forests*), gradiento stiprinimo (angl. *gradient boosting*), k-vidurkių klasterizavimo (angl. *k-means clustering*) bei kitų.

Šioje bibliotekoje taip pat įtrauktos matematinės ir mokslinės Python bibliotekos NumPy bei SciPy. NumPy biblioteka palaiko didelės apimties daugiadimensinius masyvus bei matricas bei įvairias aukšto lygio matematinės funkcijas leidžiančias jais operuoti.

SciPy biblioteka palaiko mokslinius ir techninius skaičiavimus, bei susideda iš optimizavimo, linijinės algebros, integralų, interpoliacijos, nuotraukų apdorojimo bei kitų mokslinių ir inžinerinių uždavinių sprendimui reikalingų skaičiuoklių.

Tinkamo mašininio mokymosi metodo parinkimo algoritmas pateiktas paveiksle žemiau.



12 pav. Scikit-learn metodų pasirinkimo algoritmas [15]

1.4.4.2. XGBoost

XGBoost yra efektyvi, lanksti ir lengvai perkeliama paskirstyto gradiento stiprinimo (angl. *gradient boosting*) biblioteka, kuri realizuoja mašininio mokymosi algoritmus paremtus gradiento stiprinimo [15]. Biblioteka gali būti naudojama skirtingose programavimo platformose: Python, R, Julia, Scala. Jos galimybių iliustracija pateikta paveiksle žemiau.



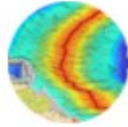
13 pav. XGBoost bibliotekos panaudojimo galimybės [16]

1.4.4.3. ArcGIS Pro

ArcGIS Pro yra komercinė geografinės informacijos valdymo programinė įranga, kuri gali būti integruojama su mašininio mokymosi algoritmais per Python sąsaja. Programa leidžia analizuoti, vizualizuoti, apdoroti, valdyti bei bendrinti įvairius geografinius ir kitus duomenis. Galimybių iliustracija pateikta paveiksle žemiau.



Pažangi analizė



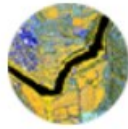
Progresyvi vizualizacija



2D ir 3D



Bendrinimas



Vaizdo apdorojimas



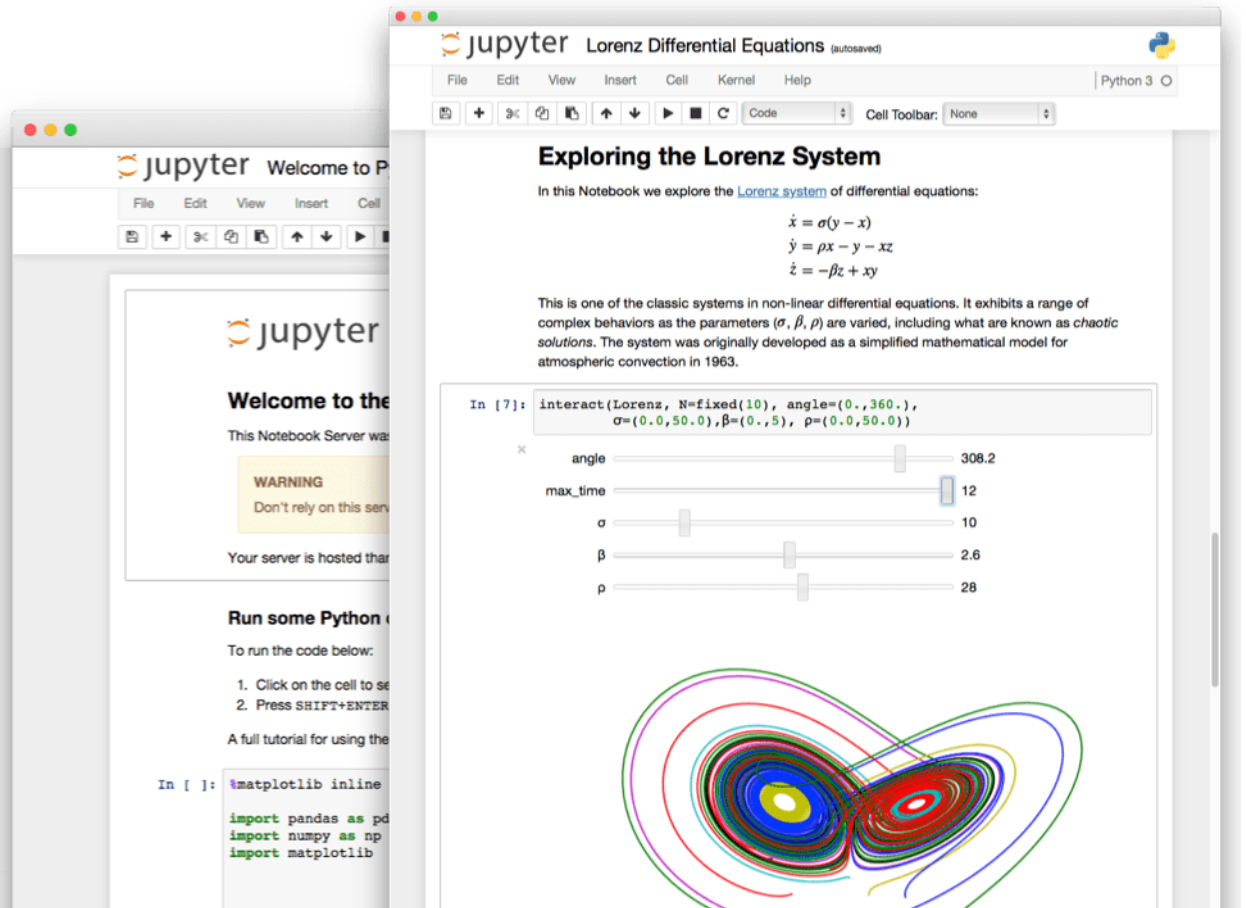
Duomenų valdymas

14 pav. ArcGIS Pro galimybių iliustracija [17]

1.4.4.4. Jupyter Notebook

Jupyter Notebook yra atviro kodo internetinė aplikacija, kuri leidžia kurti ir dalintis dokumentais, kuriuose gali būti gyvai vykdomas programinis kodas, lygtys, vizualizacijos bei aprašymai. Įrankis gali būti naudojamas duomenų tvarkymui, skaitinių modelių simuliacijoms, statistikos modeliavimui duomenų vizualizavimui, mašinų mokymui ir kitiems tikslams [18].

Aplikacijos ekrano vaizdo iliustracija pateikta paveiksle žemiau.



15 pav. Jupyter Notebook programinės įrangos ekrano vaizdas [18]

Šis įrankis plačiai naudojamas mokslinių darbų rašymui ir viešinimui.

1.4.4.5. ArcPy

ArcPy yra komercinė geografinės informacijos apdorojimo biblioteka suderinama skirta Python programavimo aplinkai. Ji leidžia atlikti geografinių duomenų analizę, konvertavimą, valdyti duomenis ir atlikti kitus geoapdorojimo uždavinius. Biblioteka gali būti naudojama kaip geografinio apdorojimo programavimo karkasas [19].

1.4.4.6. Pandas

Pandas yra atviro kodo biblioteka skirta integruoti įvairias duomenų struktūras ir duomenų analizės įrankius į Python programavimo aplinką. Vienas pagrindinių šios bibliotekos funkcionalumas yra galimybė sparčiai manipuluoti su duomenų matricomis bei jas atvaizduoti.

1.5. Problematika

1.5.1. Duomenų kiekio subalansavimas

Kadangi avarijos yra palyginti retai pasitaikantis reiškinys, viena iš problemų yra duomenų subalansavimas. Standartiniai klasifikavimo algoritmai tokie kaip sprendimų medis ar logistinė regresija linkę geriau identifikuoti tuos įvykius, kurių yra daugiau bei ignoruoti retai pasitaikančius.

Ši problema aktuali ir mūsų sistemoje, tačiau yra būdų, kaip subalansuoti duomenis, kad gautas modelis tenkintų mūsų poreikius. Pavyzdžiui, sukūrus modelį, kuris mamogramoje atpažintų gerybinius ir vėžinius atvejus svarbu teisingai identifikuoti vėžinius atvejus, tačiau jei gerybinis auglys bus identifikuotas kaip vėžinis – tai nebus katastrofiška. Tas pats principas gali būti taikomas

ir tinklo avarijoms. Mums svarbu yra identifikuoti visas galimas avarijas, tačiau nėra katastrofiška jei nuspėjama avarija iš tiesų neįvyks.

Kadangi tinklo avarijų prognozavimo modelis duomenų prasme panašus į išnagrinėtus kitų avarijų modelius, aprašytus literatūroje [7], [8], šiame darbe taikysime atsitiktinių neigiamų pavyzdžių (kai avariją neįvyko) įtraukimą į modelį. Neigiamų pavyzdžių sudarymui naudosime tokį patį algoritmą:

1. Atrinksime atsitiktinį avarijos įrašą;
2. Atitiktinai pakeisime: vamzdžio segmentą, laiką ar dieną;
3. Jei gautas pavyzdys nebus avarijos įvykis, pridėsime jį prie neigiamų pavyzdžių;
4. Kartosime procesą, kol gausime pakankamą kiekį neigiamų pavyzdžių. Neigiamų pavyzdžių kiekis paprastai nustatomas eksperimento būdu vertinant gautus rezultatus.

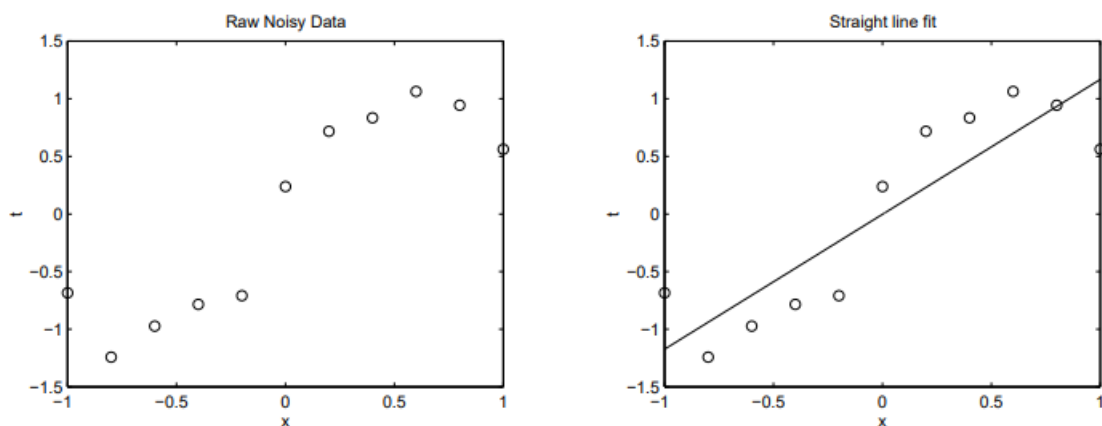
1.5.2. Apibendrinimo problema

Mašininio mokymosi tikslas – atrasti paslėptą apibendrintą duomenų generavimo taisyklę. Dažnai duomenys gali būti nuklydę nuo tikrųjų reikšmių dėl įvairių pašalinių trikdžių, kurių mes turime nepaisyti [20].

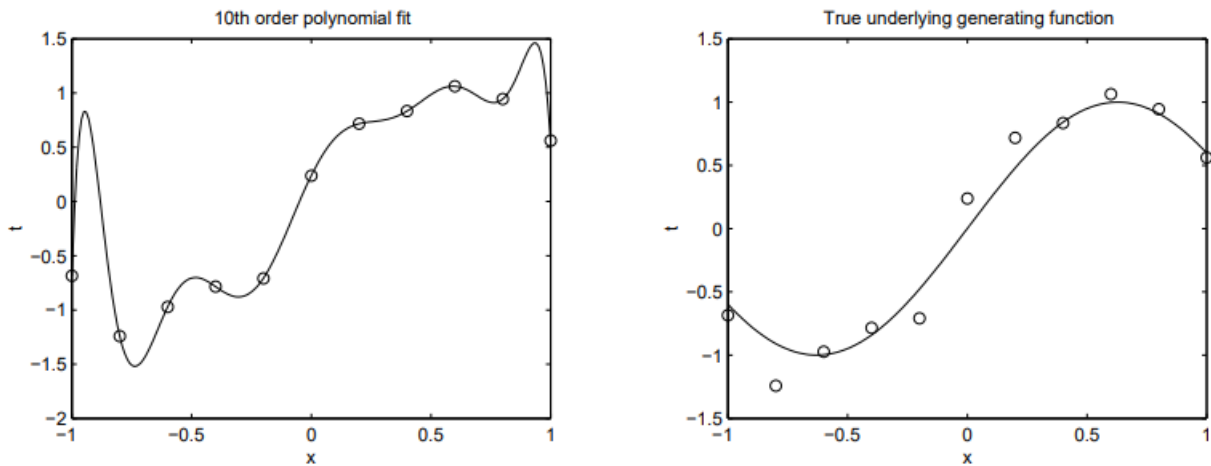
Kaip pavyzdį galime sugeneruoti duomenis naudodami tokią funkciją:

$$t = \sin(2.5x) + \alpha \tag{9}$$

Čia α yra tam tikra triukšmo dedamoji.



16 pav. Kairėje: apmokymo duomenys, kuriems norime rasti funkciją, dešinėje: tiesi linija, kuri gali atrodyti tinkamu sprendiniu [20]



17 pav. Kairėje: 10 laipsnio polinomas, su nuline mokymosi klaida, dešinėje: tikroji paslėpta duomenų generavimo funkcija [20].

Iš šio pavyzdžio matyti, kad mūsų tikslas avarijų prognozavime turi būti surasti ne kiek įmanoma tikslesnę funkciją, bet bendrą duomenų gavimo taisyklę. Tam reikia įvertinti, kad duomenys gali nevisiškai atitikti realią situaciją ir nepersistengti ieškant visiškai tikslaus sprendinio, tačiau surasti bendrą taisyklę.

Galime nuspėti, kad surenkant duomenis gali būti tam tikrų netikslumų, pavyzdžiui, netiksliai užfiksuotas avarijos įvykio laikas, vamzdžio parametrų duomenų netikslumas ir t.t. Neleisime modeliui pasiekti visiško tikslumo, kadangi iš anksto aišku, kad neįmanoma tiksliai identifikuoti visų avarių, kadangi neturime visų jas lemiančių faktorių. Todėl priimsime, kad modelis yra tinkamas, kai bus tiksliai prognozuojamas tam tikras užsibrėžtas įvykių procentas.

1.5.3. Netiesinė priklausomybė

Termofikacinio tinklo avarijas lemia skirtingi faktoriai, kurių įtaka avarijai yra sudėtinga ir netiesinė todėl paprasti linijiniai modeliai gali nepasiekti pakankamai gero rezultato.

1.5.4. Nepilni duomenys

Analizuojant turimus duomenis matyti, kad kai kurie įrašai turi nepilną įvestą informaciją bei turi būti patikslinti arba pašalinti. Vamzdžio informacija gali būti patikslinama įvertinant greta esančius segmentus. Pavyzdžiui, jei trūksta vamzdžio skersmens, jis gali būti gautas iš gretimo segmento, kadangi dažniausiai greta esantys segmentai yra vienodo skersmens.

Taip pat vamzdžio informacija galima gauti iš kitų esybių, pavyzdžiui įvedant avarijas taip pat fiksuojamas vamzdžio skersmuo ir kita informacija.

1.5.5. Rezultatų įvertinimas

Paprastai klasifikavimo algoritmo tikslumas vertinamas naudojant klaidų matricą (angl. *Confusion Matrix*), kuri apibrėžia teisingų ir klaidingų prognozių santykį (žr. lentelę žemiau).

10 lentelė. Klaidų matrica apibrėžianti kaip tiksliai modelis nuspėja įvykius

| Spėjimas | |
|---------------------------|---------------------------|
| Teisingas teigiamas (TT) | Klaidingas teigiamas (KT) |
| Klaidingas neigiamas (KN) | Teisingas neigiamas (TN) |

Naudojant klaidų matricą gali būti apskaičiuotas modelio taiklumas:

$$\text{Taiklumas} = \frac{(TT + TN)}{(TT + TN + KT + KN)} \quad (10)$$

Tačiau kai naudojami nesubalansuoti duomenys, šis rodiklis neatspindi tikrosios modelio vertės. Jei modelis 99% kartų identifikuos, kad avarija neįvyks, bet neidentifikuos nė vienos avarijos iš to 1% įvykusių avarių – jis bus netinkamas.

Šiuo atveju geresnis rodiklis yra atspėjamumas (angl. *recall*), kuris parodo kiek teigiamų įvykių (mūsų atvejų avarių) buvo teisingai atspėta iš visų įvykusių teigiamų įvykių (avarijų):

$$\text{Atspėjamumas} = \frac{(TT)}{(TT + KN)} \quad (11)$$

Taip pat naudingas rodiklis – tikslumas (angl. *precision*), kuris parodo teisingai nuspėtų įvykių santykį su teisingai ir klaidingai nuspėtų įvykių suma. Arba, mūsų atveju, parodo kiek iš spėjamų avarių iš tikro įvyko:

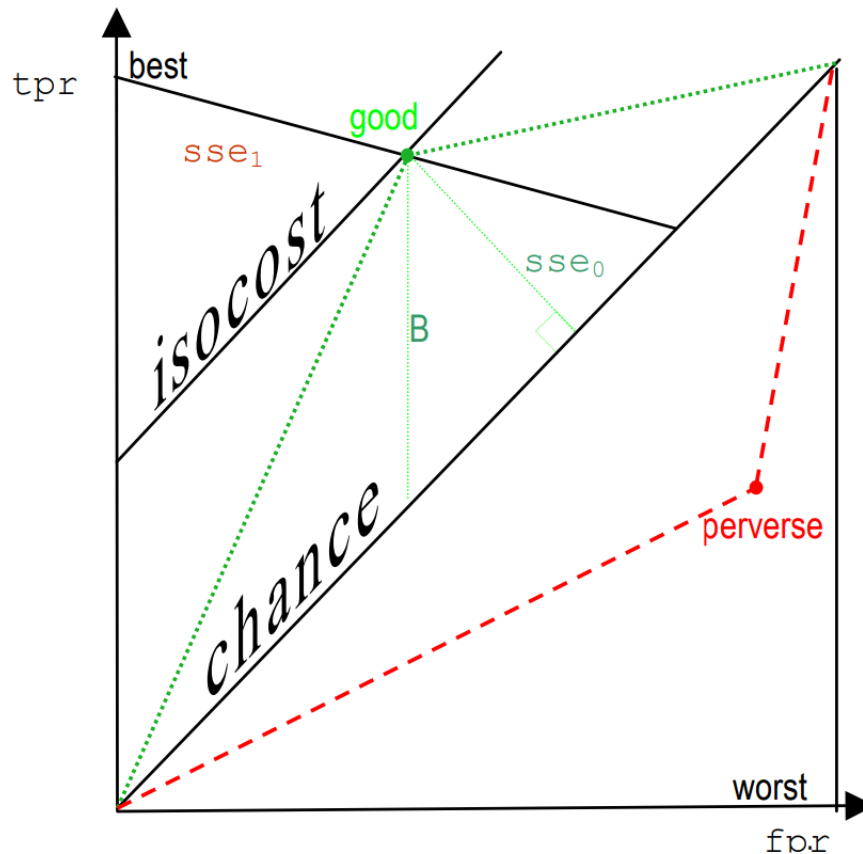
$$\text{Tikslumas (precision)} = \frac{TT}{TT + KT} \quad (12)$$

Žemiau pateiktame paveiksle vaizduojama tikslumo ir atspėjamumo vizualizacija parodo kaip teigiami ir neigiami pavyzdžiai susiję tarpusavyje.

Šio darbo tikslas – gauti modelį su aukštais atspėjamumo ir tikslumo rodikliais, tačiau šie rodikliai yra susiję ir jei didinsime atspėjamumo rodiklį, turėsime mažesnį tikslumo rodiklį, o tai reiškia, kad turėsime daugiau nuspėjamų avarių, kurios iš tiesų neįvyks.

Dažnai modelių tarpusavio palyginimui naudojama ir *ROC* (angl. *Receiver Operating Characteristic*) kreivė. Ši kreivė parodo klasifikaciją atliekančio mašininio mokymosi modelio eksploatacines savybes [21]. Kreivė parodo tikrųjų teisingų teigiamų reikšmių santykį (angl. *True Positive Rate*) ir neteisingų teigiamų reikšmių santykį (angl. *False Positive Rate*) prie skirtingų klasifikavimo rėžių. Mažinant klasifikavimo rėžį gauname daugiau teisingai klasifikuotų teigiamų reikšmių.

Kaip parodyta paveikslėlyje žemiau, tobulas modelis neturės neteisingų teigiamų reikšmių, o kreivė bus kairiame viršutiniame kampe. Tuo tarpu pats prasčiausias modelis koncentruosis grafiko dešinės pusės apačioje. Atsitiktinio klasifikatoriaus kreivė koncentruosis ties grafiko įstrižaine.



18 pav. ROC analizės iliustracija [21]

Dažnai modelių palyginimui naudojama iš ROC kreivės gauta metrika – *AUC* (angl. *area under the curve*). Ši metrika – tai apskaičiuotas plotas esantis po ROC kreive. Kuo šis plotas didesnis, tuo modelis yra geresnis.

1.6. Analitinės dalies išvados

Analizuojant publikacijas buvo rasta darbų susijusių su avarių prognozavimų vandentiekio ir termofikaciniame vamzdynuose. Visgi, pagal mūsų turimus duomenis bei tikslus, panašiausi sprendimai yra susiję su eismo avarių prognozavimu, kadangi prognozavimas vykdomas realiu laiku pagal esamas sąlygas avarijos momentu. Todėl savo darbe remsimės šiuose darbuose taikoma metodologija.

Be to, išnagrinėję turimus duomenis galime teigti, kad turime pakankamai duomenų termofikacinio tinklo avarių prognozavimo modeliui, panaudojant mašininio mokymosi algoritmus, sudaryti. Šiam modeliui sudaryti galime taikyti atsitiktinio sprendimų miško, gradiento stiprinimo ar giliųjų neuroninių tinklų modelius, kurie geriausiai veikė nagrinėtuose darbuose. Pagal surinktus duomenis tinkamiausias ir galintis pateikti daugiausia įžvalgų yra sustiprinto gradiento metodas. Todėl darbe naudosime būtent šį modelį naudojant *XGBoost* biblioteką.

Taip pat atkreiptinas dėmesys, kad mašininio mokymosi modelio kokybė stipriai remiasi į turimų duomenų kokybę bei kiekį. Be to atskiras modelis turi būti sudaromas kiekvienam atvejui atskirai, todėl iš anksto negalima teigti, kad darbo metu gautas modelis bus pakankamai tikslus. Tai paaiškės tik sukūrus ir apmokus modelį

2. Projektinė dalis

2.1. Reikalavimų specifikacija

2.1.1. Sistemos paskirtis

Kuriama sistema remiasi saityno (angl. *web*) technologijomis, kurios leidžia dirbti nuotoliniu būdu. Todėl sukūrus šią sistemą termofikacinio tinklo avarijos (toliau – Avarijos) fiksavimą skaitmeniniu būdu galės atlikti ne tik dispečeris, bet ir eksploatacijos meistras esantis Avarijos vietoje, taip sumažinant dispečerio darbo krūvį bei atsisakant meistrų teikiamos popierinės avarijų ataskaitos. Planuojama sistemoje panaudoti mašininio mokymosi (angl. *machine learning*) algoritmus taip bandant nuspėti galimą Avarijos vietą termofikaciniame tinkle.

Sukurta programa leis interaktyviai fiksuoti termofikaciniame tinkle įvykusias Avarijas tiek naudojant stacionarią, tiek mobilią įrangą, interneto ryšiu. Be to, sukūrus sėkmingą Avarijų prognozavimo modelį, jis bus integruotas į Avarijų valdymo sistemą bei leis pagal termofikacinio tinklo esamą padėtį prognozuoti galimus vamzdyno trūkius.

Apibendrinant projekto priežastys yra šios:

- Efektyvinti įmonės veiklą;
- Išbandyti ir panaudoti naujausias technologijas;
- Atsisakyti senos sistemos palaikymo;
- Sukaupti patirtį;
- Skatinti naujų technologijų plėtrą;
- Reprezentuoti įmonę kaip inovatyvią.

2.1.2. Tikslai

2.1.2.1. T-1

| | |
|-------------------|--|
| Tikslas | Didinti įmonės veiklos efektyvumą. |
| Privalumas | Padidėjęs įmonės efektyvumas leidžia taupyti lėšas bei mažinti darbuotojų darbo krūvį. |
| Matas | Ne mažiau kaip 20% sumažėjęs darbo laikas įvedant informaciją apie Avariją. |

2.1.2.2. T-2

| | |
|-------------------|--|
| Tikslas | Suskaitmeninti Avarijos ataskaitos pildymą. |
| Privalumas | Atsisakius popieriuje braižomų ataskaitų nebeliks dvigubo darbo jas perkeltiant į skaitmeninę erdvę. |
| Matas | Avarijų ataskaitos pildomos skaitmeninėje erdvėje. |

2.1.2.3. T-3

| | |
|-------------------|---|
| Tikslas | Reprezentuoti įmonę kaip inovatyvią. |
| Privalumas | Savivaldybės įmonei yra ypač svarbu išlaikyti gerą vardą visuomenėje. |
| Matas | 5% padidėjęs apklaustųjų skaičius, kurie vertina įmonę kaip inovatyvią. |

2.1.2.4. T-4

| | |
|----------------|--|
| Tikslas | Leisti pildyti informaciją apie Avarijas tiesiai iš Avarijos vietos. |
|----------------|--|

| | |
|-------------------|---|
| Privalumas | Pildant informaciją tiesiai iš Avarijos vietos padidėja įvestų duomenų tikslumas ir operatyvumas. |
| Matas | Leisti pildyti informaciją apie Avariją tiesiai iš Avarijos vietos. |

2.1.2.5. T-5

| | |
|-------------------|--|
| Tikslas | Leisti prognozuoti galimas Avarijos vietas. |
| Privalumas | Kartais sudėtinga nustatyti Avarijos vietą, todėl papildoma informacija gali padėti. |
| Matas | Sistema prognozuoja galima Avarijos vieta. |

2.1.3. Suinteresuoti asmenys

2.1.3.1. V2a. Užsakovas

Projekto užsakovas yra AB „Kauno energija“ (toliau – Bendrovė). Bendrovė gamina, tiekia ir paskirsto vartotojams šilumą Kauno ir Jurbarko miestuose bei Kauno rajone (Akademijos mstl., Ežerėlio m., Domeikavos k., Garliavos m., Girionių k., Neveronių k., Raudondvario k.). Taip pat teikia karšto vandens tiekimo paslaugą.

Be to Bendrovė prižiūri inžinerinius statinius (kolektorius – tunelius), eksploatuoja šilumos ir elektros gamybos įrenginius. Savo pagamintą ir nupirktą šilumą Bendrovė integruotais ir lokaliniais šilumos tiekimo tinklais, 2017 m. gruodžio 31 d. duomenimis, tiekė 3 462 įmonėms ir organizacijoms bei 115 429 buitiniams vartotojams, iš viso – 118 891 vartotojui (objektai pagal adresus).

Pagrindinis Bendrovės akcininkas – Kauno miesto savivaldybė.

2.1.3.2. V2b. Pirkėjas(-ai)

Pirkėjas sutampa su užsakovu.

2.1.3.3. Kiti suinteresuoti asmenys

| | |
|--------------------------|--|
| Asmuo(-ys) | Informacinių technologijų skyriaus vadovas Aldas Ragėnas |
| Pareigos projekte | Techninių resursų organizavimas; Informacijos apie susijusias informacines sistemas teikimas; Reikiamų prieigos teisių prie kitų sistemų teikimas; Projekto priėmimas ir tvirtinimas. |

| | |
|--------------------------|--|
| Asmuo(-ys) | Gamybos departamento Tinklo valdymo skyriaus vadovas Audrius Pupininkas |
| Pareigos projekte | Informacijos apie veiklą teikimas; Reikalavimų sistemai teikimas; Projekto priėmimas ir tvirtinimas. |

| | |
|--------------------------|--|
| Asmuo(-ys) | Gamybos departamento Technikos skyriaus vyresnysis inžinierius Gediminas Menkevičius |
| Pareigos projekte | Reikalavimų sistemai teikimas; Informacijos apie veiklą teikimas. |

| | |
|--------------------------|--|
| Asmuo(-ys) | Gamybos departamento Tinklo valdymo skyriaus dispečeriai |
| Pareigos projekte | Reikalavimų sistemai teikimas; |

| | |
|--|------------------------------------|
| | Informacijos apie veiklą teikimas. |
|--|------------------------------------|

| | |
|--------------------------|--|
| Asmuo(-ys) | Gamybos departamento Tinklo valdymo skyriaus meistrai |
| Pareigos projekte | Reikalavimų sistemai teikimas; Informacijos apie veiklą teikimas. |

2.1.4. V2d. Potencialūs produkto naudotojai

| | |
|------------------------------------|---|
| Pavadinimas | Dispečeris |
| Uždaviniai | <ul style="list-style-type: none"> • Įvesti pradinę informaciją apie avariją; • Prognozuoti galimas avarijos vietas; • Vadovauti Avarijos likvidavimui |
| Patirtis dalykinėje srityje | Įprastas darbuotojas |
| Patirtis IT | Naujokas |
| Papildomos charakteristikos | Lytis: vyras; Amžius: 35 – 65 Požiūris į IT: turi baimę suklysti |
| Prioritetas | Svarbiausias naudotojas |

| | |
|------------------------------------|--|
| Pavadinimas | Meistras |
| Uždaviniai | Papildyti informaciją apie Avariją iš Avarijos vietos. |
| Patirtis dalykinėje srityje | Įprastas darbuotojas |
| Patirtis IT | Naujokas |
| Papildomos charakteristikos | Lytis: vyras; Amžius: 30 – 65 Požiūris į IT: neigiamas |
| Prioritetas | Antraeiliai naudotojai |

| | |
|------------------------------------|--|
| Pavadinimas | Inžinierius |
| Uždaviniai | Tikslinti informaciją apie Avarijas; Koreguoti GIS duomenis; Generuoti ataskaitas; Taisyti klaidas. |
| Patirtis dalykinėje srityje | Srities specialistas |
| Patirtis IT | Patyręs |
| Papildomos charakteristikos | Amžius: 26 – 35 Požiūris į IT: teigiamas |
| Prioritetas | Svarbiausias naudotojas |

2.1.5. V3. Apribojimai

2.1.5.1. V3a. Apribojimai sprendimui

2.1.5.1.1. A-1

| | |
|--------------------|--|
| Apribojimas | Sprendimas turi būti suderinamas su Esri ArcGIS programine įranga. |
|--------------------|--|

| | |
|-----------------------------|---|
| Pagrindimas | Bendrovės veikloje naudojama Esri ArcGIS platforma, todėl sistema turi su ja integruotis. |
| Tenkinimo kriterijus | Sistema integruojasi ir komunikuoja su Esri ArcGIS programine įranga. |

2.1.5.1.2. A-2

| | |
|-----------------------------|---|
| Apribojimas | Sprendimas turi būti pagrįstas saityno (angl. <i>Web</i>) technologijomis. |
| Pagrindimas | Pildant informaciją apie Avarijas yra poreikis informaciją įvesti tiesiai iš Avarijos vietos. |
| Tenkinimo kriterijus | Sistema veikia interneto ryšiu per saityno naršyklę. |

2.1.5.1.3. A-3

| | |
|-----------------------------|---|
| Apribojimas | Informacijos įvedimas turi būti patogus dirbant su mobiliu įrenginiu. |
| Pagrindimas | Informacija apie Avarijas tiesiai iš įvykio vietos bus pildoma su mobiliu įrenginiu. |
| Tenkinimo kriterijus | Sistema prisitaiko prie ekrano dydžio ir leidžia patogiai įvesti informaciją per mobilų įrenginį. |

2.1.5.1.4. A-4

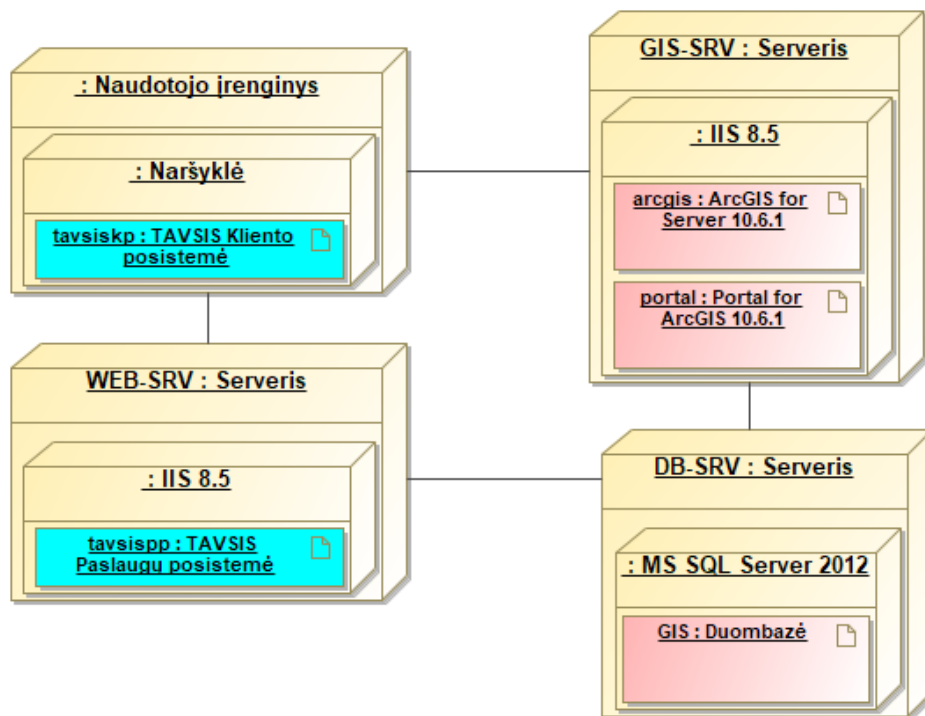
| | |
|-----------------------------|---|
| Apribojimas | Sistema turi būti suderinama su MS Windows operacine sistema. |
| Pagrindimas | Įmonė savo veikloje naudoja MS Windows platformą. |
| Tenkinimo kriterijus | Sistema veikia MS Windows platformoje. |

2.1.5.1.5. A-5

| | |
|-----------------------------|--|
| Apribojimas | Sistema suderinama su MS SQL Server DBVS. |
| Pagrindimas | Įmonė naudoja MS SQL Server DBVS duomenų saugojimui. |
| Tenkinimo kriterijus | Sistemos duomenys saugomi MS SQL Server DBVS. |

2.1.5.2. V3b. Diegimo aplinka

Sistema diegiama įmonei AB „Kauno energija“ priklausančioje infrastruktūroje. Sistemą sudaro Paslaugų posistemė, kuri diegiama WEB-SRV serveryje bei Kliento posistemė, kurią naudotojas atsisiunčia į savo įrenginio naršyklę. Kuriamos programinės įrangos Kliento posistemė per HTTPS sąsaja komunikuoja su Esri ArcGIS programine įranga bei Paslaugų posisteme. Savo ruožtu Esri ArcGIS programinė įranga ir Paslaugų posistemė komunikuoja su DB-SRV serveryje įdiegta DBVS, GIS duomenų baze. Detali komponentų išdėstymo schema parodyta žemiau.



19 pav. Komponentų išdėstymo diagrama

2.1.5.3. V3d. Prieinama specializuota programinė įranga

| | |
|--------------------|---|
| Pavadinimas | Esri ArcGIS Enterprise 10.6.1 |
| Aprašymas | Įmonė naudoja Esri ArcGIS Enterprise 10.6.1 geografinės informacijos valdymo platformą bei kaupia duomenis šioje sistemoje. Esri ArcGIS yra platforma žemėlapiams kurti, GIS duomenims analizuoti, valdyti ir juos bendrinti. Esri ArcGIS platforma teikia atviras erdvinių duomenų paslaugas įvairiems klientams (darbastalio programinė įranga, mobilūs įrenginiai, web naršyklės). Kiekvienas naudotojas, tiek besinaudojantis debesies paslaugomis, tiek dirbantis vidiniame įmonės tinkle, gali naudotis šia GIS sistema. Esri ArcGIS programinė įranga naudojama įvairiose srityse – nuo valstybės valdymo (savivalda, švietimas, krašto apsauga, žemės ūkis) iki komercinio sektoriaus (telekomunikacijų, nekilnojamojo turto kompanijos, prekybos tinklai ir pan.). Esri ArcGIS padeda kurti, redaguoti ir analizuoti informaciją veiksmingai ir efektyviai. |

| | |
|--------------------|---|
| Pavadinimas | Microsoft SQL Server 2012 |
| Aprašymas | Duomenų saugojimui įmonė naudoja Microsoft SQL Server 2012 DBVS bei suteikia teisę naudoti šią programinę įrangą. |

2.1.5.4. V3e. Numatoma darbo vietos aplinka

Pagrindinė sistemos naudojimo aplinka yra dispečerinė, kurioje vienu metu dirba mažiau kaip 10 darbuotojų. Taip pat sistema numatoma naudoti lauke, prie Avarijos vietos, kur galimas triukšmas, drėgmė, purvas, kiti nepalankūs aplinkos veiksniai.

2.1.5.5. V3f. Sistemos kūrimo terminas

Projektas turi būti įgyvendintas iki 2019 metų gruodžio mėn. 29 dienos.

2.1.5.6. V3g. Sistemos kūrimo biudžeto apribojimai

Sistema kuriama Programų sistemų inžinerijos Magistro studijų pagrindu be papildomo finansavimo, todėl išlaidos turi būti kiek įmanoma mažesnės.

2.1.5.7. V3h. Organizacijos/ politiniai apribojimai

Užsakovo įmonė dirba su jautria miesto infrastruktūra be to yra savivaldybei priklausanti įmonė, todėl sistema turi būti sukurta laikantis aukštos moralės principų bei programinės įrangos kūrimo etikos. Kuriant sistema negali būti naudojami nelicencijuoti komponentai, programinis kodas, duomenys, paveikslėliai ar kita informacija be tos informacijos savininko raštiško sutikimo.

2.1.5.7.1. Sąvokos ir sutrumpinimai

| Sąvoka | Apibrėžimas |
|------------------------|--|
| GIS | Geografinė informacinė sistema |
| PĮ | Programinė įranga |
| PA | Sistemos panaudos atvejis |
| Esri ArcGIS Enterprise | Komercinė geografinių informacinių sistemų kūrimo platforma. |

2.1.6. V5. Svarbūs faktai ir prielaidos

2.1.6.1. Faktai

Atliekant analizę nustatyti šie faktai:

- Ankstesnė sistemos versija realizuota kaip darbu su geografiniais duomenimis skirtos programinės įrangos įskiepis.
- Dispečeris dirba naudodamas vaizdo sieną.
- Dispečeris dirba su ne mažiau kaip 3 sistemomis vienu metu.
- Meistrai nėra įpratę naudotis mobiliais įrenginiais darbo metu.

2.1.6.2. Veiklos taisyklės

Atliekant analizę nustatytos šios veiklos taisyklės:

- Vieną kartą per metus Užsakovas teikia ataskaitą apie įvykusias Avarijas ir jų priežastis Valstybinei energetikos reguliavimo tarybai.
- Avarijų statistika lemia sekančių metų investicijas vamzdynų priežiūrai.
- Įvykus Avarijai gyventojai informuojami apie atjungimus per skelbimus segamus prie namo skelbimų lentos, ir interneto puslapyje <https://www.kaunoenergija.lt/bendroji-informacija/paslaugu-tiekimo-stabdymai-atnaujinimai/>.

2.1.6.3. Prielaidos

Atliekant analizę nustatytos šios prielaidos:

- Užsakovas planuoja atnaujinti *Esri ArcGIS* programinę įrangą į 10.7 versiją.
- Užsakovas planuoja įsigyti tokį kiekį *Esri Portal for ArcGIS* naudotojo licencijų, kad pakaktų visiems dispečeriams, inžinieriams ir meistrams.

2.1.7. V6. Veiklos sudėtis

2.1.7.1. V6a. Esama padėtis

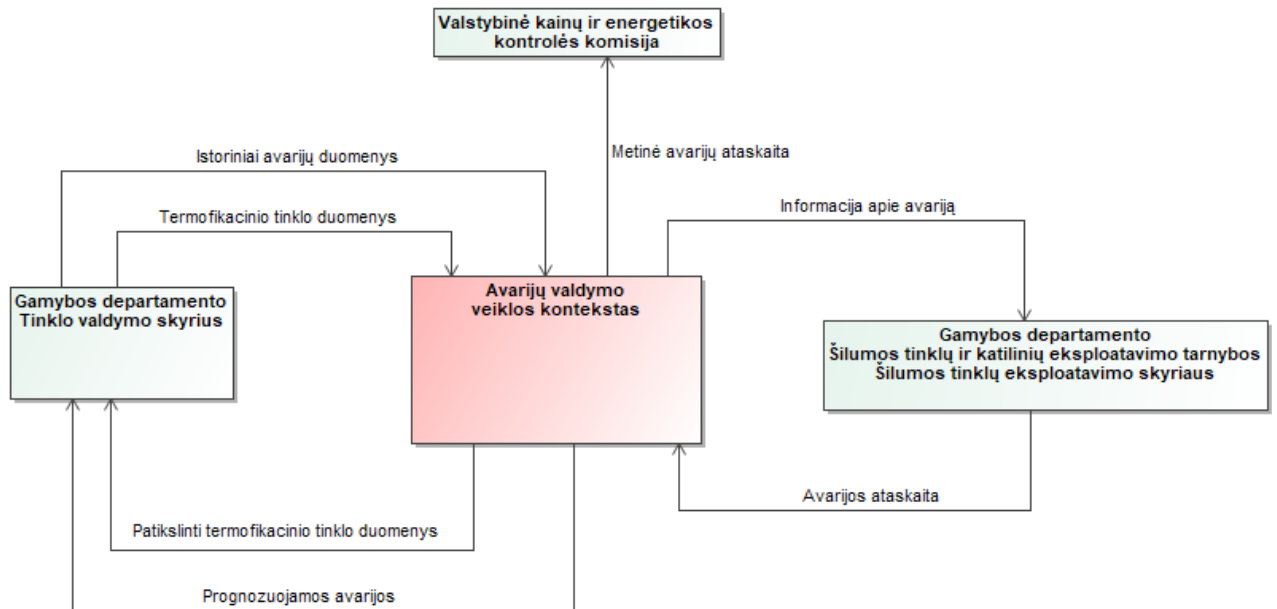
Šiuo metu Užsakovas avarijų registravimo veikla vykdo per savo kurtą *Esri ArcGIS for Desktop* programinės įrangos įskiepi. Šią veiklą vykdo tik įmonės dispečeriai, nes nėra galimybės informacijos įvesti per kitas sistemas. Veikla sudaro tokius etapus:

1. Dispečeris gauna pranešimą arba pastebi debito nuostolius;
2. Dispečeris fiksuoja avariją naudodamas *Esri ArcGIS for Desktop* avarijų registravimo įskiepi;
3. Pasirenkamas avarijos fiksavimo įrankis;
4. Spaudžiama ant preliminariai nustatyto pažeisto termofikacinio tinklo elemento žemėlapyje;
5. Įrankis automatiškai susieja Avarijos įrašą su pažeistu elementu;
6. Atidaroma Avarijos atributų fiksavimo forma.
7. Dispečeris užpildo jam tuo metu žinomus atributus (Avarijos laikas, į Avarijos vietą pasiūstas meistras, komentaras).
8. Meistras vyksta į preliminarią Avarijos vietą;
9. Meistras patikslina Avarijos vietą telefonu;
10. Dispečeris žemėlapyje parenka atjungiamus mazgus ir paleidžia remonto paraiškų fiksavimo įrankį;
11. Atidaroma taikomoji remonto paraiškų fiksavimo forma;
12. Dispečeris formuoja remonto paraišką naudodamas taikomąją remonto paraiškų fiksavimo sistemą – įveda paraiškos tekstą, sugeneruoja informacinius skelbimus;
13. Dispečeris el. paštu ar telefonu informuoja pastato šilumos ir karšto vandens sistemų prižiūrėtojus apie planuojamus remonto darbus;
14. Įvedamas planuojamas ir faktinis atjungimo laikas;
15. Aktyvavus paraišką Paslaugų tiekimo stabdymo ir atnaujinimo sistemoje rodomi atjungiami namai ir atjungiamos paslaugos;
16. Meistras organizuoja avarijos padarinių likvidavimą pagal gautą paraišką;
17. Meistras pildo avarijos registravimo formą popieriuje, nubrėžia principinę schemą;
18. Meistras pateikia dispečeriui Avarijos registravimo formą;
19. Dispečeris patikslina Avarijos įrašo atributus ir perduoda inžinieriui;
20. Inžinierius atlieka GIS sistemos pakeitimus pagal gautą formą.

Karta metuose inžinierius generuoja Avarių ir pažeistų tinklo elementų ataskaitą bei teikia Valstybinei energetikos reguliavimo tarybai, kuri pagal šią ataskaitą vertina infrastruktūros patikimumą. Ataskaita generuojama naudojant su *Microsoft Excel* programa sukurta šabloną.

2.1.7.2. V6b. Veiklos kontekstas

Kuriama sistema sąveika su kitomis sistemomis pavaizduota paveikslėlyje žemiau.



20 pav. Veiklos konteksto diagrama

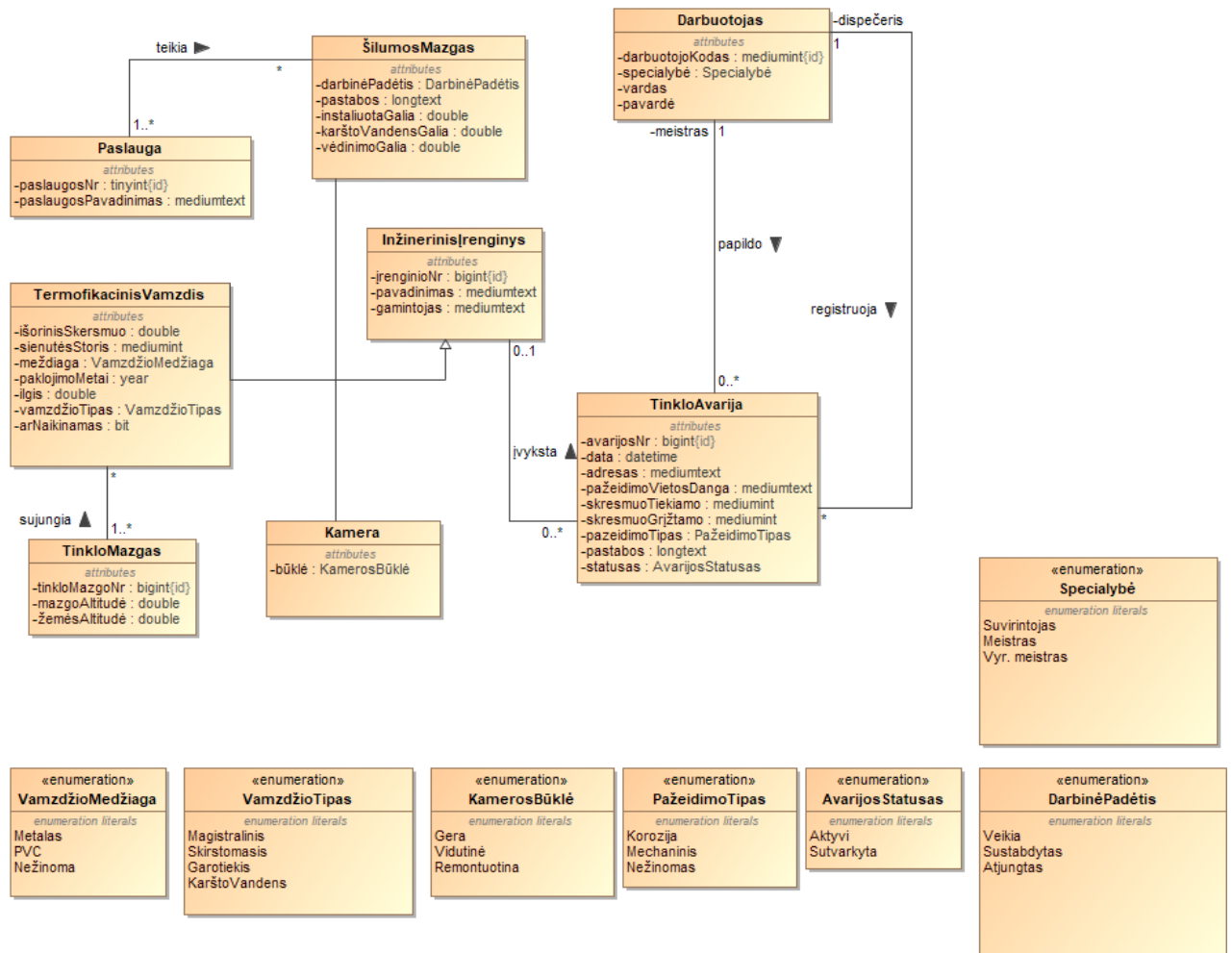
2.1.7.3. V6c Veiklos suskaidymas

| Įvykio pavadinimas ir Nr. | Įeinantys (in) ir išeinantys (out) informacijos srautai | Veiklos panaudojimo atvejo charakteristika |
|---|---|---|
| 1. Gamybos departamento Tinklo valdymo skyrius teikia Termofikacinio tinklo duomenis | Termofikacinio tinklo duomenys (in) | Atvaizduojamas termofikacinio tinklo žemėlapis. |
| 2. Gamybos departamento Tinklo valdymo skyrius teikia istorinius Avarijų duomenis | Istoriniai Avarijų duomenys (in) | Naudojami mašininio mokymosi algoritmui apmokyti. |
| 3. Avarijų valdymo veiklos kontekstas teikia patikslintus termofikacinio tinklo duomenis užfiksuotus likviduojant avariją | Patikslinti termofikacinio tinklo duomenys (out) | Atnaujinami termofikacinio tinklo duomenys |
| 4. Avarijų valdymo veiklos kontekstas teikia metinę avarijų ataskaitą | Metinė Avarijų ataskaita (out) | Teikiama metinė Avarijų ataskaita skirta bendrai valstybės infrastruktūros patikimumo vertinimui. |
| 5. Avarijų valdymo veiklos kontekstas teikia informacija apie įvykusią avariją | Informacija apie įvykusią avariją (out) | Teikiama informacija apie įvykusią avariją, kurią reikia likviduoti. |
| 6. Avarijų valdymo veiklos kontekstas prognozuoja tinklo avarijas. | Prognozuojamos Avarijos (out) | Prognozuojamos galimos tinklo Avarijos. |
| 7. Gamybos departamento Tinklo valdymo skyrius teikia Avarijos ataskaitą iš Avarijos vietos | Avarijos ataskaita (in) | Atnaujinami Avarijų duomenys |

2.1.8. V7. Duomenų modelis ir jo elementų žodynas

2.1.8.1. Duomenų modelis

Paveikslėlyje žemiau pateikiamas sistemos esybių – ryšių modelis, kurio pagrindą sudaro Avarijos, inžinerinių įrenginių ir darbuotojų esybės.



21 pav. Esybių – ryšių diagrama

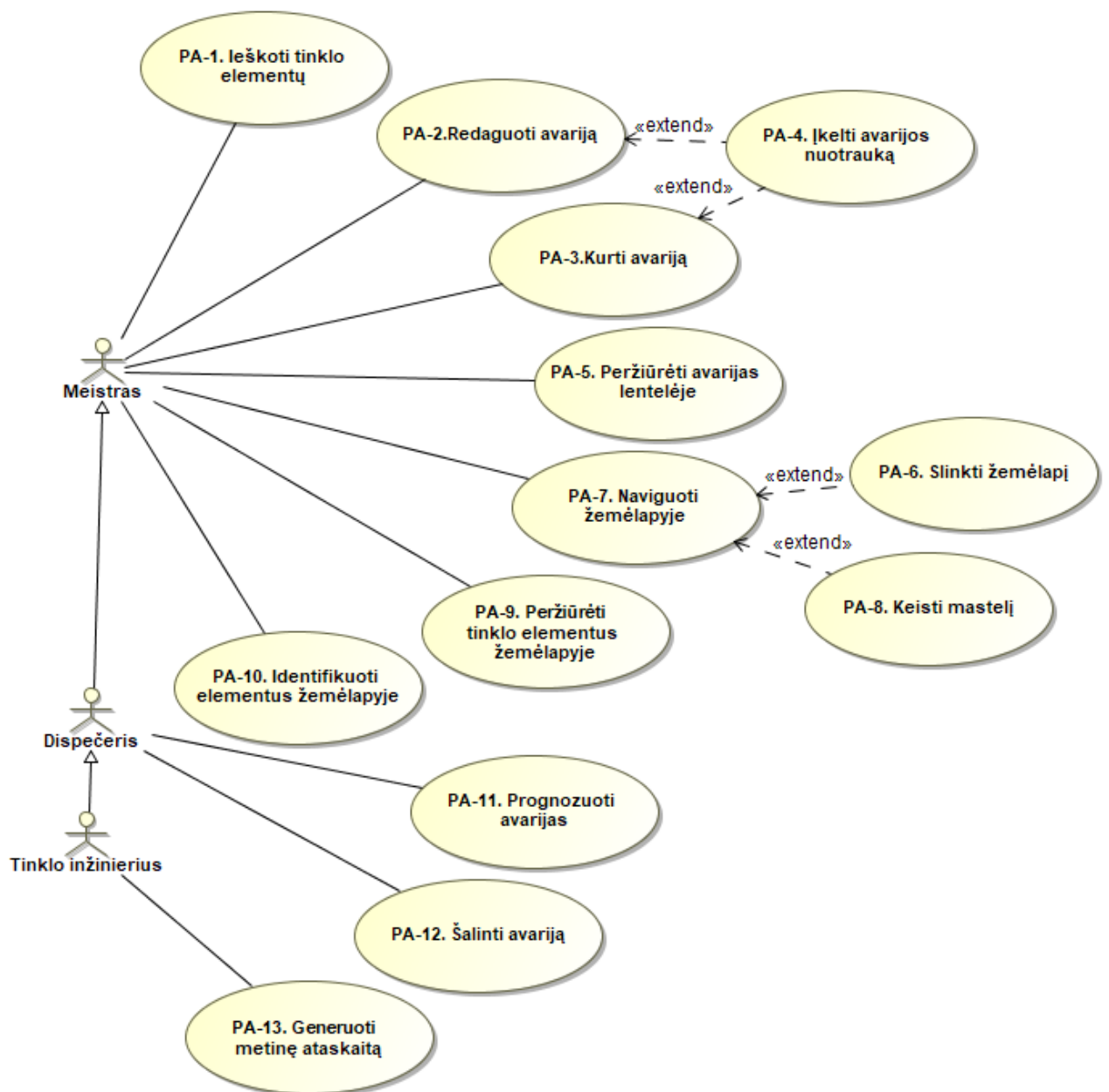
2.1.8.2. Duomenų žodynas

| Pavadinimas | Aprašymas | Tipas |
|-----------------------|---|-------|
| Darbuotojas | Sistemos naudotojas. | Klasė |
| InžinerinisĮrenginys | Termofikacinio tinklo elementas. | Klasė |
| Kamera | Tinklo elementas skirtas tinklo elementų apžiūrai ir valdymo įtaisų montavimui. | Klasė |
| TinkloAvarija | Inžineriniam įrenginyje įvykusi avarija. | Klasė |
| TinkloMazgas | Termofikacinio vamzdžio sujungimo elementas. | Klasė |
| TermofikacinisVamzdis | Tinklo vamzdis, kuriuo teka termofikacinis vanduo. | Klasė |
| Paslauga | Teikiama paslauga: karštas vanduo, šildymas, vėdinimas. | Klasė |
| ŠilumosMazgas | Tinklo elementas iš kurio vartotojai gauna šilumą. | Klasė |

2.1.9. V8. Sistemos sudėtis

2.1.9.1. V8a. Sistemos ribos

Sistemos ribos pateikiamos panaudos atvejų diagramoje žemiau.



22 pav. Panaudos atvejų diagrama

2.1.9.2. V8bc. Panaudojimo atvejai

2.1.9.2.1. PA-1. Ieškoti tinklo elementų

| | |
|---|---|
| Tikslas/uždavinsys. Leisti atlikti inžinerinio įrenginio paiešką. | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima surasti inžinerinį tinklo įrenginį pagal jo numerį. | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris |

| | | |
|-----------------------------------|--|---|
| Sužadavimo sąlyga | Naudotojas nori surasti tinklo elementą pagal jo numerį. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Naudotojui atvaizduojamas paiešką atitikusių elementų sąrašas. | |

2.1.9.2.2. PA-2. Redaguoti Avariją

| | | |
|---|---|--------|
| Tikslas/uždavinys. Leisti atlikti Avarijos atributų ir geometrijos redagavimą. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima pakeisti/ papildyti Avarijos įrašo atributus. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadavimo sąlyga | Naudotojas nori pakeisti avarijos įrašo atributus ar geometriją. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | PA-04. |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Į DB išsaugomi naudotojo įvesti Avarijos įrašo pakeitimai. | |

2.1.9.2.3. PA-3. Kurti Avariją

| | | |
|--|---|--------|
| Tikslas/uždavinys. Leisti sukurti naują Avarijos įrašą. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima sukurti naują Avarijos įrašą į duomenų bazę. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadavimo sąlyga | Naudotojas nori sukurti naują Avarijos įrašą. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | PA-04. |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Į duomenų bazę išsaugomas naudotojo įvestas naujas avarijos įrašas. | |

2.1.9.2.4. PA-4. Įkelti avarijos nuotrauką

| | | |
|--|---|---|
| Tikslas/uždavinys. Leisti prie avarijos įrašo pridėti Avarijos nuotrauką. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA prie avarijos įrašo galima pridėti Avarijos vietos nuotrauką. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo ir įvykdęs PA-2 arba PA-3. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadavimo sąlyga | Naudotojas nori pridėti avarijos nuotrauką. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Įkeliama ir į duomenų bazę išsaugoma naudotojo pridėta nuotrauka. | |

2.1.9.2.5. PA-5. Peržiūrėti Avarijas lentelėje

| | | |
|--|---|---|
| Tikslas/uždavinys. Leisti peržiūrėti Avarių įrašus lentelėje. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima peržiūrėti Avarių įrašų atributus lentelėje. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas nori surasti tinklo elementą pagal jo numerį. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Sistema suformuoja lentelę Avarijos įrašų peržiūrai. | |

2.1.9.2.6. PA-6. Slinkti žemėlapi

| | | |
|--|---|---|
| Tikslas/uždavinys. Leisti slinkti žemėlapio vaizdą pelės pagalba. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima keisti žemėlapio vaizdą tempiant jį su pele. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas nori peržiūrėti žemėlapio vaizdą esantį už matomo ekrano ribų. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Žemėlapio vaizdas perslenkamas. | |

2.1.9.2.7. PA-7. Naviguoti žemėlapyje

| | | |
|---|--|-------------|
| Tikslas/uždavinys. Leisti naudotojui naviguoti žemėlapyje naudojant pelę ar atitinkamą kombinaciją mobiliajame įrenginyje. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima naviguoti žemėlapyje naudojantis pele ar atitinkama kombinacija mobiliajame įrenginyje. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie Portal for ArcGIS portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas nori keisti matomą žemėlapio vaizdą. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | PA-6; PA-8. |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Žemėlapio vaizdas keičiamas pagal naudotojo veiksmus. | |

2.1.9.2.8. PA-8. Keisti mastelį

| | | |
|---|--|---|
| Tikslas/uždavinys. Leisti priartinti/ nutolinti žemėlapio vaizdą su pelės ratuku ar atitinkama kombinacija mobiliajame įrenginyje. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima priartinti/ nutolinti žemėlapio vaizdą naudojant pelės ratuką ar atitinkamą kombinaciją mobiliajame įrenginyje. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas nori priartinti/ nutolinti ekrane matomo žemėlapio aprėptį. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Žemėlapio vaizdas priartinamas/ nutolinamas. | |

2.1.9.2.9. PA-9. Peržiūrėti tinklo elementus lentelėje

| | | |
|---|--|---|
| Tikslas/uždavinys. Leisti peržiūrėti geografinius tinklo elementų duomenis žemėlapyje. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima peržiūrėti tinklo elementų geografinius duomenis. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie Portal for ArcGIS portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas peržiūrėti tinklo elementų duomenis žemėlapyje. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Žemėlapyje rodomi geografiniai tinklo elementų duomenys. | |

2.1.9.2.10. PA-10. Identifikuoti elementus žemėlapyje

| | | |
|--|--|--|
| Tikslas/uždavinys. Leisti identifikuoti žemėlapyje atvaizduojamus elementus leidžiant peržiūrėti žemėlapyje pasirinktų elementų atributinę informaciją. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima peržiūrėti tinklo elementų atributinius duomenis pasirenkant dominantį elementą iš žemėlapio. | | |

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, meistras, dispečeris | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas nori peržiūrėti pasirinkto tinklo elemento atributus. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Naudotojui rodomi tinklo elemento atributiniai duomenys. | |

2.1.9.2.11. PA-11. Prognozuoti avarijas

| | | |
|--|---|---|
| Tikslas/uždavinys. Leisti prognozuoti tinklo avarijas pagal įvestus orų duomenis. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima prognozuoti tinklo Avarijas. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, dispečeris | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas nori prognozuoti tinklo Avarijas. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Naudotojui parodomas prognozuojamų Avarijų sąrašas. | |

2.1.9.2.12. PA-12. Šalinti avariją

| | | |
|---|---|---|
| Tikslas/uždavinys. Leisti pašalinti pasirinktą Avariją. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima pašalinti pasirinktą Avariją. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius, dispečeris | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas nori pašalinti pasirinktą Avariją. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Naudotojo pasirinkta Avarija pašalinama iš DB. | |

2.1.9.2.13. PA 13. Generuoti metinę ataskaitą

| | | |
|--|--|---|
| Tikslas/uždavinys. Leisti sugeneruoti metinę Avarijų ataskaitą CSV formatu. | | |
| Aprašymas. Vykdam šį PA galima sugeneruoti metinę Avarijų ataskaitą. | | |
| Prieš-sąlyga | Naudotojas yra prisijungęs prie <i>Portal for ArcGIS</i> portalo. | |
| Aktorius | Tinklo inžinierius | |
| Sužadinimo sąlyga | Naudotojas nori sugeneruoti metinę Avarijų ataskaitą. | |
| Susiję panaudojimo atvejai | Išplečiantys PA | - |
| | Apimami PA | - |
| | Specializuoti PA | - |
| Po-sąlyga | Sistema sugeneruoja metinę Avarijų ataskaitą CSV formatu ir leidžia ją išsaugoti naudotojo kompiuteryje. | |

2.1.10. V9. Funkciniai reikalavimai

2.1.10.1.V9a. Papildomi funkciniai reikalavimai

2.1.10.1.1. FR-1

| | | | | | |
|----------------------|--|------------------------|------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | FR-1 | Reikalavimo tipas: | V9 | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | PA-1 |
| Aprašymas: | <i>Kai randama daugiau nei 10 rezultatų – sąrašas turi būti puslapiuojamas.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Skirtingo tipo naudotojai dažnai nežino tikslaus elemento pavadinimo, todėl paieškos rezultatų sąrašas gali būti ilgas.</i> | | | | |
| Šaltinis: | Sistemos analitikas | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Jei randama daugiau nei 10 rezultatų, kiti rezultatai gali būti prieinami per puslapiavimo sąsaja.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 2 | Užsakovo netenkinimas: | 2 | | |
| Prioritetas: | 5 | Konfliktai: | Nėra | | |

2.1.10.1.2. FR-2

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|----|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | FR-2 | Reikalavimo tipas: | V9 | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | PA-2 |
| Aprašymas: | <i>Jei uždariant redagavimo langą yra neišsaugotų duomenų – būtina paklausti ar naudotojas tikrai nori uždaryti redagavimo langą.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Sistema atrodo nepatraukli jei įvedus duomenis ir suklydus – juos reiktų vesti iš naujo.</i> | | | | |
| Šaltinis: | Sistemos analitikas | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Jei yra neišsaugotų duomenų – prieš uždariant langą naudotojo paklausiama ar jis tikrai nori uždaryti langą.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 4 | Užsakovo netenkinimas: | 4 | | |

| | | | | |
|--------------|---|--|-------------|------|
| Prioritetas: | 1 | | Konfliktai: | Nėra |
|--------------|---|--|-------------|------|

2.1.10.1.3. FR-3

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | FR-3 | Reikalavimo tipas: | V9 | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | PA-3 |
| Aprašymas: | <i>Kuriant naują avariją neturi būti pagal nutylėjimą užpildytų laukų, kad naudotojas privalėtų pasirinkti/ įvesti duomenis.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Ankstesnėje sistemoje dėl laiko taupymo naudotojai neįveda tikrosios reikšmės palikdami pagal nutylėjimą įvestas reikšmes taip iškreipdami tikrąsias avarijų priežastis.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Neturi būti iš anksto įvestų reikšmių, naudotojas visada privalo įvesti/ pasirinkti reikšmes.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 3 | Užsakovo netenkinimas: | 4 | | |
| Prioritetas: | 1 | | Konfliktai: | Nėra | |

2.1.10.1.4. FR-4

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|-------------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | FR-4 | Reikalavimo tipas: | V9 | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | PA-5 |
| Aprašymas: | <i>Turi būti galimybė rikiuoti įrašus pagal visus atvaizduojamos lentelės atributus tiek didėjančia tiek mažėjančia tvarka.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Kadangi lentelė bus naudojama kaip šaltinis ataskaitos generavimui, turi būti galima lentelę atvaizduoti skirtingais pjūviais.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Lentelės įrašus galima rikiuoti pagal visus atvaizduojamus atributus.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 3 | Užsakovo netenkinimas: | 5 | | |
| Prioritetas: | 2 | | Konfliktai: | Nėra | |

2.1.10.1.5. FR-5

| | | | | | |
|-----------------|--|--------------------|----|-------------------------------|---------------|
| Reikalavimas #: | FR-5 | Reikalavimo tipas: | V9 | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | PA-5, PA-9 |
| Aprašymas: | <i>Turi būti galimybė eksportuoti lentelės duomenis į .csv formato failą.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Naudotojas gali norėti pasidalinti avarijų įrašais su kitais įmonės skyriais.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|-------------|-------------|---|
| Tikimo kriterijus: | <i>Lentelės įrašus galima eksportuoti į .csv formato failą.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 2 | Užsakovo netenkinimas: | | | 2 |
| Prioritetas: | 4 | | Konfliktai: | <i>Nėra</i> | |

2.1.10.1.6. FR-6

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|-------------|-------------------------------|--------------|
| Reikalavimas #: | <i>FR-6</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V9</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>PA-11</i> |
| | | | | | |
| Aprašymas: | <i>Avarijų prognozavimo lange naudotojas turi būti įspėjamas, kad pateikiama avarijų prognozė yra bandomoji ir neturėtų pakeisti esamos avarijų lokalizavimo tvarkos.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Naudotojui turi būti aiškiai nurodyta, kad avarijų prognozavimas remiasi istorinių duomenų analize bei nėra susijęs su avarijų detektavimo technine įranga ar kitomis priemonėmis.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Tinklo inžinierius</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Naudotojas patvirtina, kad supranta, jog ekrane atvaizduojama avarijų prognozė yra preliminari ir grįsta istoriniais duomenimis.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 5 | Užsakovo netenkinimas: | | | 4 |
| Prioritetas: | 1 | | Konfliktai: | <i>Nėra</i> | |

2.1.10.1.7. FR-7

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|-------------|-------------------------------|--------------|
| Reikalavimas #: | <i>FR-7</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V9</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>PA-13</i> |
| | | | | | |
| Aprašymas: | <i>Prieš generuojant avariją turi būti galimybė peržiūrėti duomenis iš kurių bus generuojama ataskaita.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Naudotojui būtina parodyti ataskaitos duomenis peržiūrai, kad jis galėtų įsitikinti, jog avarijų ataskaita bus suformuota tinkamai ir be klaidų.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Tinklo inžinierius</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Prieš generuojant ataskaitą – naudotojui parodomas metinės avarijos langas pagal kurį bus generuojama metinė ataskaita.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 3 | Užsakovo netenkinimas: | | | 2 |
| Prioritetas: | 3 | | Konfliktai: | <i>Nėra</i> | |

2.1.10.1.8. FR-8

| | | | | | |
|-----------------|-------------|--------------------|-----------|-------------------------------|--------------|
| Reikalavimas #: | <i>FR-8</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V9</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>PA-11</i> |
| | | | | | |

| | | | | | |
|----------------------|--|--|-------------|------------------------|---|
| Aprašymas: | <i>Avarijų prognozavimo sistema turi didesnę nei 70% atspėjamumo (angl. recall) bei didesnę nei 35% tikslumo (angl. precision) rodiklį.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Avarijų prognozavimas naudotojui prieinamas tik tada kai pasiekia aprašyme pateiktus rodiklius. Taip siekiama neteikti klaidinančių duomenų.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Tinklo inžinierius</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Avarijų prognozavimo posistemė prieinama tik tada kai turi didesnę nei 70% atspėjamumo (angl. recall) bei didesnę nei 35% tikslumo (angl. precision) rodiklį.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 3 | | | Užsakovo netenkinimas: | 2 |
| Prioritetas: | 2 | | Konfliktai: | <i>Nėra</i> | |

2.1.11. V10. Reikalavimai sistemos išvaizdai

2.1.11.1.V10a. Išvaizdos reikalavimai

2.1.11.1.1. NF-1

| | | | | | |
|----------------------|--|--------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-1</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V10a</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| | | | | | |
| Aprašymas: | <i>Sistemos išvaizda turi būti formali.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Užsakovo įmonei ypač svarbu laikytis formalaus stiliaus visuose savo sistemose, dokumentacijoje ir kitur.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistemos naudotojai sistemos išvaizdą vertina kaip formalią.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 3 | | | Užsakovo netenkinimas: | 4 |
| Prioritetas: | 2 | | Konfliktai: | <i>Nėra</i> | |

2.1.11.1.2. NF-2

| | | | | | |
|--------------------|--|--------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-2</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V10a</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| | | | | | |
| Aprašymas: | <i>Sistemos naudotojams turi būti matomas Užsakovo logotipas.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Naudotojai turi žinoti, kad sistema priklauso Užsakovui bei jis atsako už sistemos priežiūrą.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Naudojantis sistema turi būti nuolat matomas Užsakovo logotipas</i> | | | | |
| | | | | | |

| | | | |
|----------------------|---|------------------------|------|
| Užsakovo tenkinimas: | 4 | Užsakovo netenkinimas: | 5 |
| Prioritetas: | 1 | Konfliktai: | Nėra |

2.1.11.1.3. NF-3

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | NF-3 | Reikalavimo tipas: | V10a | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | Visi |
| Aprašymas: | <i>Sistema turi būti nesudėtinga naudotis, ji turi būti patogi.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Siekiant, kad sistema būtų kuo daugiau naudojama ir sėkmingai pakeistų senąją sistemą – ji turi būti patogi.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Naudotojai sistemą vertina kaip patogia naudotis.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 4 | Užsakovo netenkinimas: | 3 | | |
| Prioritetas: | 1 | Konfliktai: | Nėra | | |

2.1.12. V11. Reikalavimai panaudojamumui

2.1.12.1.V11a. Naudojimosi paprastumas

2.1.12.1.1. NF-4

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | NF-4 | Reikalavimo tipas: | V11a | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | Visi |
| Aprašymas: | <i>Sistemoje naudojami grafiniai elementai turi būti suprantami energetikos inžinieriams.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Naudotojai yra susipažinę su energetikos sektoriaus grafiniais elementais, todėl grafinėms asociacijoms turi būti naudojami įprasti simboliai.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Tinklo inžinierius</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Naudotojams atvaizduojami grafiniai elementai yra suprantami.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 2 | Užsakovo netenkinimas: | 2 | | |
| Prioritetas: | 5 | Konfliktai: | Nėra | | |

2.1.12.2.V11b. Personalizavimo ir kalbos konfigūravimo reikalavimai

2.1.12.2.1. NF-5

| | | | | | |
|-----------------|------|--------------------|------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | NF-5 | Reikalavimo tipas: | V11b | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | Visi |
|-----------------|------|--------------------|------|-------------------------------|------|

| | | | | | |
|----------------------|--|------------------------|--|-------------|---|
| Aprašymas: | <i>Sistemoje turi būti naudojama nacionalinė – lietuvių kalba, nenaudojamos svetimybės.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Kadangi Užsakovas yra savivaldybės įmonė – jos neformalus tikslas puoselėti ir naudoti nacionalinę kalbą.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Naudotojams visi tekstai pateikiami lietuvių kalba.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 2 | Užsakovo netenkinimas: | | | 2 |
| Prioritetas: | 5 | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> | |

2.1.12.3.V11c. Mokymosi reikalavimai

2.1.12.3.1. NF-6

| | | | | | |
|----------------------|--|------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-6</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V11c</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| Aprašymas: | <i>Naudotojai turi išmokti naudotis sistema po ne daugiau kaip dviejų apmokymų trunkančių po 30 min.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Sistema neturi būti sudėtinga, tačiau tam tikras apmokymas yra leistinas dėl galimo prisirišimo prie senosios sistemos, taip siekiant išvengti išankstinio nusistatymo.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Naudotojai po apmokymo geba naudotis sistema</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 5 | Užsakovo netenkinimas: | | | 3 |
| Prioritetas: | 2 | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> | |

2.1.12.4.V11d. Suprantamumo ir mandagumo reikalavimai

2.1.12.4.1. NF-7

| | | | | | |
|-----------------|--|--------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-7</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V11d</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| Aprašymas: | <i>Visi sistemos tekstai turi būti pateikiami formalia ir taisyklinga kalba.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Užsakovas yra savivaldybės valdoma įmonė, todėl vienas iš jos tikslų puoselėti taisyklingą kalbą.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |

| | | | | |
|----------------------|--|------------------------|-------------|--|
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistemoje naudojamus tekstus kalbos ekspertas įvertina kaip gramatiškai teisingus ir atitinkančius formalių stilių.</i> | | | |
| | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 3 | Užsakovo netenkinimas: | 4 | |
| Prioritetas: | 3 | Konfliktai: | <i>Nėra</i> | |

2.1.13. V12. Efektyvumo ir našumo reikalavimai

2.1.13.1.V12a. Reikalavimai užduočių vykdymo greičiui

2.1.13.1.1. NF-8

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-8</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V12a</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| | | | | | |
| Aprašymas: | <i>Sistemos pirminis užkrovimas turi trukti neilgiau nei 6 sekundes.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Kuriama sistema turi būti greitesnė už senąją, kad galėtų sėkmingai ją pakeisti.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistemos pirminis užkrovimas trunka neilgiau nei 6 sekundes.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 5 | Užsakovo netenkinimas: | 2 | | |
| Prioritetas: | 2 | Konfliktai: | <i>Nėra</i> | | |

2.1.13.1.2. NF-9

| | | | | | |
|----------------------|--|------------------------|-------------|-------------------------------|--------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-9</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V12a</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>PA-11</i> |
| | | | | | |
| Aprašymas: | <i>Avarijų prognozavimas turi trukti neilgiau nei 10 min.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Svarbu, kad sistemos užduotys netruktų ilgiau nei kavos pertrauka, taip didinant darbuotojų našumą.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Avarijų prognozavimas trunka ne ilgiau nei 10 min.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 5 | Užsakovo netenkinimas: | 2 | | |
| Prioritetas: | 3 | Konfliktai: | <i>Nėra</i> | | |

2.1.13.2.V12c. Reikalavimai tikslumui

2.1.13.2.1. NF-10

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | NF-10 | Reikalavimo tipas: | V12c | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | Visi |
| Aprašymas: | Geografinės koordinatės LKS-94 koordinatinių sistemoje turi būti pateikiamos nemažiau nei 1 metro tikslumu. | | | | |
| Pagrindimas: | Kadangi sistemoje naudojamas realistiškas termofikacinių tinklų modelis – svarbu išlaikyti aukštą tikslumą. | | | | |
| Šaltinis: | Tinklo inžinierius | | | | |
| Tikimo kriterijus: | Tinklo objektų geometrija pateikiami ne mažesniu nei 1 metras tikslumu. | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 4 | Užsakovo netenkinimas: | | | 2 |
| Prioritetas: | 3 | Konfliktai: | | Nėra | |

2.1.13.3.V12d. Patikimumas ir pasiekiamumas

2.1.13.3.1. NF-11

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | NF-11 | Reikalavimo tipas: | V12d | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | Visi |
| Aprašymas: | Sistemos pasiekiamumas turi būti ne mažesnis nei 99,5% darbo laiko. | | | | |
| Pagrindimas: | Naudotojai turi pasitikėti sistema ir bet kada galėti ja pasinaudoti. | | | | |
| Šaltinis: | Dispečeris | | | | |
| Tikimo kriterijus: | Sistemos pasiekiamumo rodiklis - ne mažesnis nei 99,5%. | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 5 | Užsakovo netenkinimas: | | | 3 |
| Prioritetas: | 2 | Konfliktai: | | Nėra | |

2.1.13.4.V12h. Reikalavimai produkto ilgaamžiškumui

2.1.13.4.1. NF-12

| | | | | | |
|-----------------|--|--------------------|------|-------------------------------|------|
| Reikalavimas #: | NF-12 | Reikalavimo tipas: | V12h | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | Visi |
| Aprašymas: | Sistema turi veikti ne mažesnę nei 3 metų laikotarpį be papildomų investicijų. | | | | |

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|--|-------------|---|
| Pagrindimas: | <i>Naudotojai turi būti užtikrinti, kad sistema verta naudotis ir ji nebus greitai pakeista kitos sistemos.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistema veikia be papildomų investicijų ne mažiau nei 3 metus.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 2 | Užsakovo netenkinimas: | | | 3 |
| Prioritetas: | 2 | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> | |

2.1.14. V13. Reikalavimai veikimo sąlygoms

2.1.14.1. V13a. Reikalavimai darbo aplinkai

2.1.14.1.1. NF-13

| | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-13</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V13a</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| Aprašymas: | <i>Sistema turi būti pritaikyta darbui mažai apšviestoje aplinkoje.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Sistemą numatoma naudoti avarijos vietose, dažnai gerai neapšviestoje aplinkoje, todėl sistema turi būti kontrastinga.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistema patogiu naudotis tamsioje aplinkoje.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 2 | Užsakovo netenkinimas: | | | 2 |
| Prioritetas: | 4 | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> | |

2.1.14.2. V13b. Aplinkosauginiai reikalavimai

2.1.14.2.1. NF-14

| | | | | | |
|-----------------|--|--------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-14</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V13b</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| Aprašymas: | <i>Turi būti siekiama kuo daugiau ataskaitų teikti elektroniniu formatu, taip mažinant spausdintų ataskaitų skaičių.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Užsakovas siekia sumažinti spausdintų ataskaitų skaičių bei taip prisideda prie medžių išsaugojimo.</i> | | | | |

| | | | | | |
|----------------------|--|--|------------------------|--|-------------|
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistemoje generuojamas ataskaitas turi būti galima persiųsti elektroniniu būdu.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 2 | | Užsakovo netenkinimas: | | 3 |
| Prioritetas: | 2 | | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> |

2.1.14.3.V13c. Reikalavimai darbui su gretimomis sistemomis

2.1.14.3.1. NF-15

| | | | | | |
|----------------------|--|--------------------|------------------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-15</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V13c</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| | | | | | |
| Aprašymas: | <i>Sistema turi veikti visuose moderniuose naršyklėse (IE11 ir vėlesnėse).</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Siekiant išnaudoti naujas technologijas turi būti naudojamos modernios naršyklės.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistema veikia be sutrikimų IE11 ir naujesnėse naršyklėse.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 4 | | Užsakovo netenkinimas: | | 3 |
| Prioritetas: | 1 | | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> |

2.1.15. V14 Reikalavimai sistemos priežiūrai

2.1.15.1.V14a. Sistemos aptarnavimas

2.1.15.1.1. NF-16

| | | | | | |
|--------------------|--|--------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-16</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V14a</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| | | | | | |
| Aprašymas: | <i>Po diegimo sistema neturi reikalauti papildomos priežiūros.</i> | | | | |
| | | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Užsakovas nenumato skirti resursų sistemos priežiūrai, todėl ji turėtų veikti be papildomos priežiūros (archyvavimo veiksmų ir pan.).</i> | | | | |
| | | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Po diegimo sistema nereikalauja atlikti rankinių periodinių užduočių ir veikia automatiškai.</i> | | | | |

| | | | | | |
|----------------------|---|--|------------------------|--|-------------|
| | | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 4 | | Užsakovo netenkinimas: | | 2 |
| Prioritetas: | 3 | | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> |

2.1.16. V15. Reikalavimai saugumui

2.1.16.1.V15a. Prieigos reikalavimai (teisės)

2.1.16.1.1. NF-17

| | | | | | |
|----------------------|--|--------------------|------------------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-17</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V15a</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| Aprašymas: | <i>Sistema neturi būti prieinama neprisijungus.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Užsakovas taiko aukštą privatumo ir saugumo politiką.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistema prieinama tik prisijungusiam naudotojui.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 2 | | Užsakovo netenkinimas: | | 5 |
| Prioritetas: | 1 | | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> |

2.1.16.1.2. NF-18

| | | | | | |
|----------------------|--|--------------------|------------------------|-------------------------------|-------------|
| Reikalavimas #: | <i>NF-18</i> | Reikalavimo tipas: | <i>V15a</i> | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | <i>Visi</i> |
| Aprašymas: | <i>Sistema turi būti prieinama tik saugiu ryšiu (HTTPS).</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Užsakovas taiko aukštą privatumo ir saugumo politiką.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistema naudoja saugų ryšį (HTTPS).</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 3 | | Užsakovo netenkinimas: | | 4 |
| Prioritetas: | 2 | | Konfliktai: | | <i>Nėra</i> |

2.1.16.2.V15d. Audito reikalavimai

2.1.16.2.1. NF-19

| | | | | | |
|----------------------|--|------------------------|------|-------------------------------|------------------------|
| Reikalavimas #: | NF-19 | Reikalavimo tipas: | V15d | Įvykis/panaudojimo atvejis #: | PA-2, PA-3, PA-4 |
| Aprašymas: | <i>Sistema turi registruoti paskutinius veiksmus su avarijomis atlikusių naudotojų duomenis.</i> | | | | |
| Pagrindimas: | <i>Siekiant patikslinti avarijos duomenis būtina žinoti ją įvedusio ir redagavusio naudotojo duomenis.</i> | | | | |
| Šaltinis: | <i>Sistemos analitikas</i> | | | | |
| Tikimo kriterijus: | <i>Sistema registruoja veiksmus su avarijomis atlikusių naudotojų duomenis.</i> | | | | |
| Užsakovo tenkinimas: | 3 | Užsakovo netenkinimas: | 4 | | |
| Prioritetas: | 2 | Konfliktai: | Nėra | | |

2.1.17. V18. Atviri klausimai

2.1.17.1. Mašininio mokymosi algoritmas

Nėra užbaigtas mašininio mokymosi algoritmo skirta avarijų prognozavimui pasirinkimas. Jis turėtų paaikškėti atlikus avarijų prognozavimo sistemos prototipą.

2.1.18. V19. Egzistuojantys sprendimai

2.1.18.1. V19b. Prieinami komponentai

Užsakovas yra įsigijęs *Esri ArcGIS Enterprise* licenciją, kuri teikia įvairias bibliotekas ir užbaigtus sprendimus geografinių informacinių sistemų kūrimui. Todėl kuriant šią sistemą galima panaudoti tokius komercinius komponentus:

- *ArcGIS for Server*;
- *Portal for ArcGIS*;
- *ArcGIS API for Javascript*;
- *ArcGIS Runtime SDK*;
- *ArcPy*;
- *ArcGIS Web AppBuilder*.

2.1.19. V20. Naujos problemos

2.1.19.1. V20a. Poveikis diegimo aplinkai

Pereinamoju laikotarpiu turi būti palaikomos abi veikiančios sistemos. Numatomas pereinamojo laikotarpio periodas – ne mažesnis nei 3 mėn.

2.1.19.2.V20c. Neigiamas naudotojų nusiteikimas

Kadangi senoji sistema naudojama daugiau nei 5 metus – naudotojai yra pripratę prie jos ir gali būti neigiamai nusiteikę pereinant prie naujos sistemos. Todėl numatomi 2 mokymai, kurių metu naudotojai bus supažindinti su sistema bei jos privalumais prieš senąją sistemą.

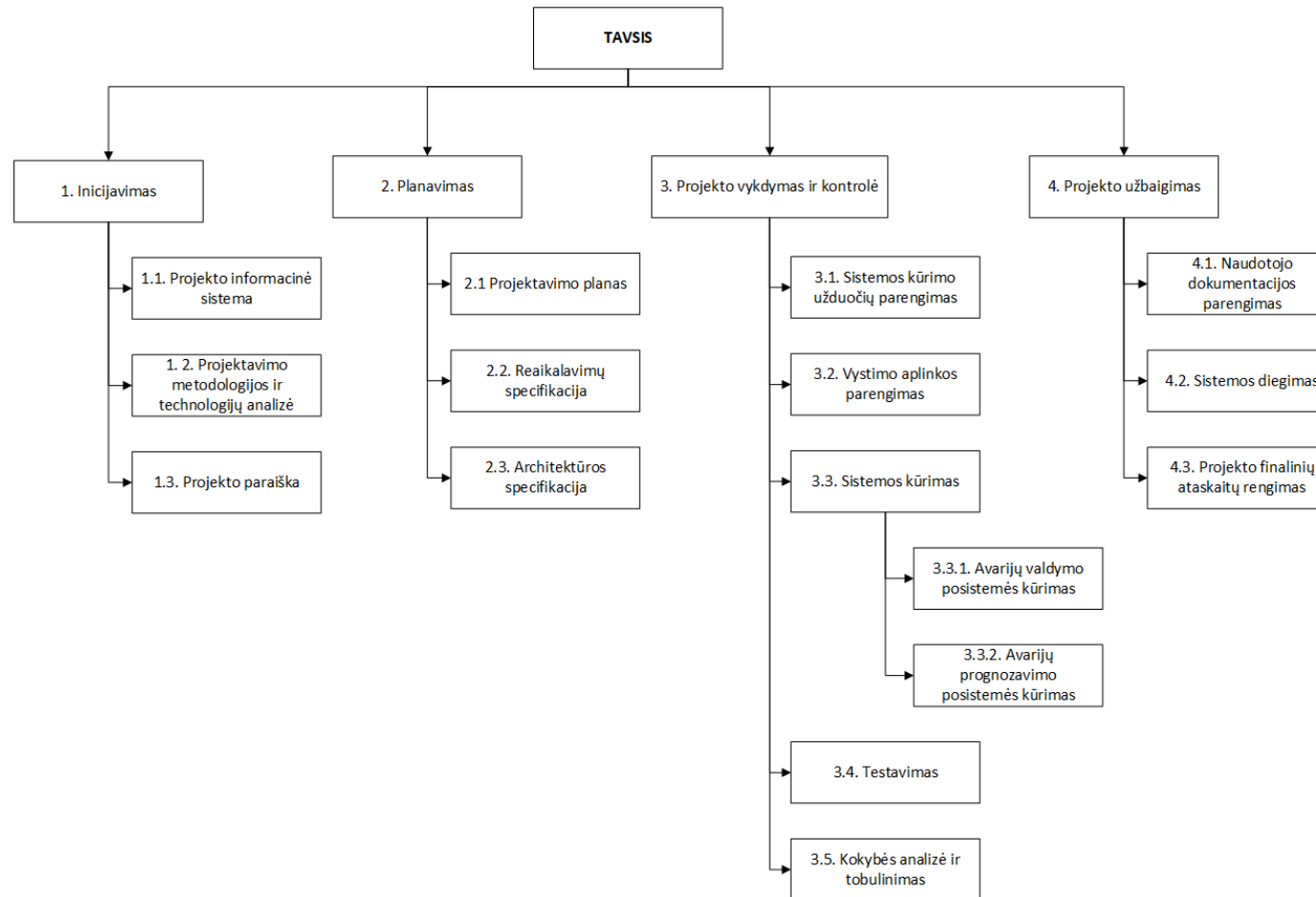
2.1.19.3.V20d. Kliudantys diegimo aplinkos apribojimai

Šiuo metu Užsakovo turimi pajėgumai gali būti nepakankami atlikti mašininį mokymą, todėl numatoma mašininį apmokymą atlikti Diegėjo serveryje.

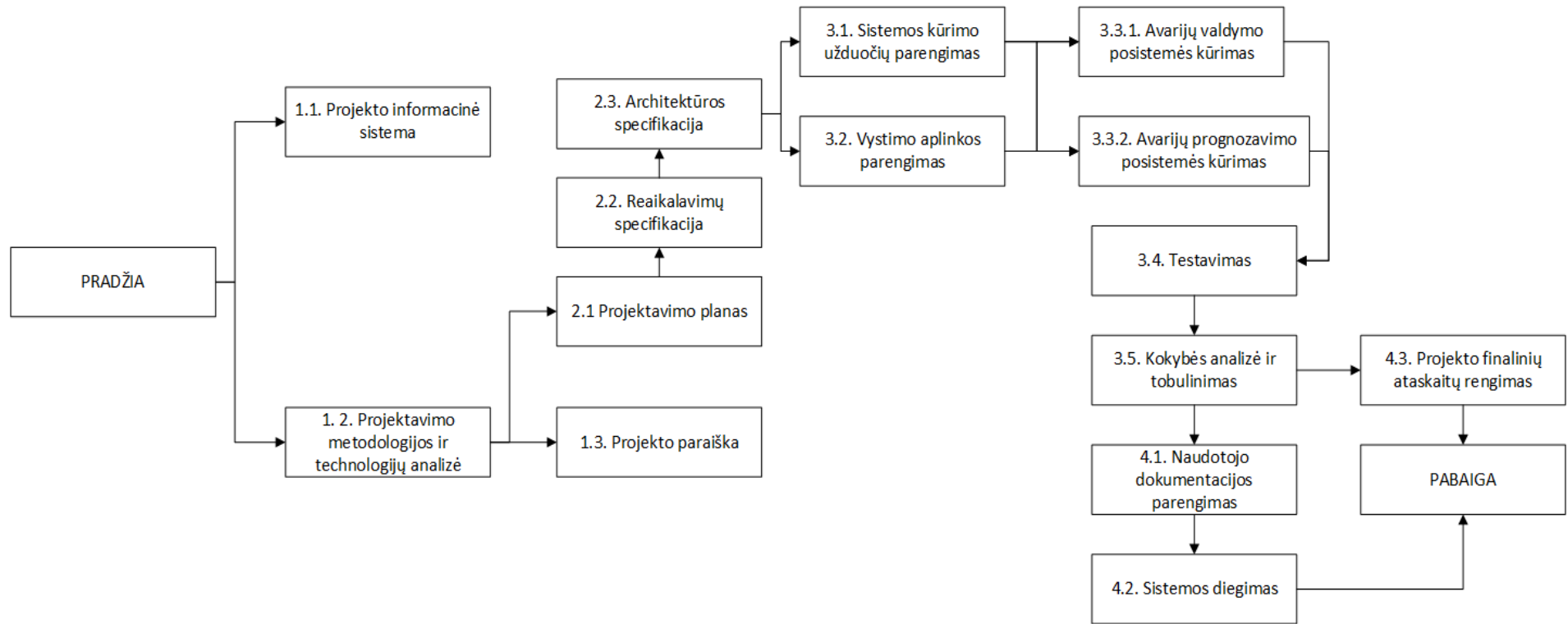
2.1.20. V21. Uždaviniai

2.1.20.1. V21a. Sistemos kūrimo procesas

Sistemos kūrimo proceso etapai pateikti paveikslėlyje žemiau.



23 pav. Darbų išskaidymo struktūra



24 pav. Tinklinė darbų diagrama

2.1.21. V22. Migravimas į naują sistemą

2.1.21.1.V22a. Migravimo į naują produktą reikalavimai

Migravimas iš senos sistemos turi būti atliekama tokiais etapais:

- **1 etapas.** Išleidžiama sistemos bandomoji versija. Numatoma etapo trukmė - 1 mėn.
- **2 etapas.** Sistema pakeičia senąją sistemą. Abi sistemos veikia lygiagrečiai. Etapo trukmė – 3 mėn.
- **3 etapas.** Senoji sistema uždaroma, paliekama naujoji sistema.

2.1.21.2.V22b. Reikalavimai esamų duomenų perkėlimui

Esamos sistemos Avarių duomenys turi būti perkeltami į naują sistemą.

2.1.22. V23. Rizikų įvertinimas

2.1.22.1.V23a. Galimos sistemos kūrimo rizikos

2.1.22.1.1. R-1

| | | | | |
|-----------------------------|--|--|------------------|--|
| Rizikos #: | R-1 | Netiksliai įvertinta projekto apimtis. | | |
| Kategorija: | Projektų valdymas | | | |
| Sužadinimas: | Projekto vykdymo metu paaiškėja, kad darbų apimtis didesnė nei tikėtasi. | | | |
| Pasekmės: | Vėlavimas priduoti projektą laiku. | | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 | |
| Šaltinis: | Projekto aprašas. Darbų grafikas. | | | |
| Rizikos įtaka: | 0,2 | Rizikos tikimybė: | 0,3 | |
| Rizikos matricos taškai: | 0,06 | Rizikos prioritetą: | Vidutinis | |
| Rizikos valdymo strategija: | Vengimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas | |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Reikia tiksliau identifikuoti projekto apimtį. Vienas iš optimaliausių sprendimų – numatyti prototipo sukūrimą, kuris padės geriau suprasti projekto apimtį ir reikalingus resursus. | | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos atsiradimo data: | - | |
| Papildomi komentarai: | - | | | |

2.1.22.1.2. R-2

| | | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|------------------|--|
| Rizikos #: | R-2 | Nenumatyti visi reikalingi darbai | | |
| Kategorija: | Projektų valdymas | | | |
| Sužadinimas: | Vykdant projektą atsiranda papildomų darbų, kurie neįtraukti į grafiką. | | | |
| Pasekmės: | Vėlavimas priduoti projektą laiku. | | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 | |
| Šaltinis: | Projekto aprašas. Darbų grafikas. | | | |
| Rizikos įtaka: | 0,1 | Rizikos tikimybė: | 0,7 | |
| Rizikos matricos taškai: | 0,07 | Rizikos prioritetą: | Vidutinis | |
| Rizikos valdymo strategija: | Vengimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas | |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Reikia tiksliau identifikuoti projekto darbus. Geriau įsivaizduoti kokių darbų trūksta gali padėti prototipo sudarymas. | | | |

| | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---|
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos atsiradimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.3. R-3

| | | | |
|-----------------------------|---|---|------------------|
| Rizikos #: | R-3 | Netiksliai įvertintas projekto grafikas | |
| Kategorija: | Projektų valdymas | | |
| Sužadinimas: | Vykdant projektą paaiškėja, kad darbų grafikas sudarytas netinkamai, trūksta laiko. | | |
| Pasekmės: | Vėlavimas priduoti projektą laiku. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Projekto aprašas. Darbų grafikas. | | |
| Rizikos įtaka: | 0,2 | Rizikos tikimybė: | 0,5 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,1 | Rizikos prioritetas: | Vidutinis |
| Rizikos valdymo strategija: | Vengimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Padidinti projekto vystymui skiriamų resursų kiekį. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos atsiradimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.4. R-4

| | | | |
|-----------------------------|--|---|------------------|
| Rizikos #: | R-4 | Nutrūkęs užsakovo susidomėjimas projektu. | |
| Kategorija: | Klientai | | |
| Sužadinimas: | Klientas nerodo susidomėjimo vykdomu projektu, delsia teikti atsakymus. | | |
| Pasekmės: | Vėlavimas, nekokybiška sistema. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |
| Rizikos įtaka: | 0,4 | Rizikos tikimybė: | 0,1 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,04 | Rizikos prioritetas: | Žemas |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Reikia nuolat palaikyti ryšį su užsakovu, nuolat informuoti jį apie projekto eigą, pasiektus rezultatus. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos atsiradimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.5. R-5

| | | | |
|----------------------|---|---|------------|
| Rizikos #: | R-5 | Užsakovo ir naudotojų lūkesčiai didesni nei tikėtasi. | |
| Kategorija: | Klientai | | |
| Sužadinimas: | Pristatant projektą paaiškėja, kad klientas tikėjosi sistemos su platesniu funkcionalumu ar veikiančios kitaip. | | |
| Pasekmės: | Užsakovo nusivylimas, projekto pakeitimai | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |
| Rizikos įtaka: | 0,1 | Rizikos tikimybė: | 0,1 |

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|------------------|
| Rizikos matricos taškai: | 0,01 | Rizikos prioritetas: | Žemas |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Užsakovas kiek įmanoma anksčiau turi būti supažindinamas su projekto planais. Visi pakeitimai turi būti aptarti su užsakovu. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos atsiradimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.6. R-6

| | | | |
|-----------------------------|---|---------------------------------|------------------|
| Rizikos #: | R-6 | Naudotojų įgūdžiai nepakankami. | |
| Kategorija: | Klientai | | |
| Sužadinimas: | Naudotojai nesugeba naudotis sistema. | | |
| Pasekmės: | Naudotojai atsisako naudotis sistema, projekto pakeitimai vėlyvoje stadijoje. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |
| Rizikos įtaka: | 0,1 | Rizikos tikimybė: | 0,5 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,05 | Rizikos prioritetas: | Žemas |
| Rizikos valdymo strategija: | Susitaikymas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Esant nepakankamai naudotojų kvalifikacijai bus atliekamas naudotojų apmokymas. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos atsiradimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.7. R-7

| | | | |
|-----------------------------|--|---|------------------|
| Rizikos #: | R-7 | Projekto sudėtingumo lygis aukštesnis nei tikėtasi. | |
| Kategorija: | Organizacinės | | |
| Sužadinimas: | Projekto vykdymo metu paaiškėja, kad projekto veiklos yra sudėtingesnės nei manyta iš pradžių. | | |
| Pasekmės: | Vėlavimas | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Projektinis modelis | | |
| Rizikos įtaka: | 0,4 | Rizikos tikimybė: | 0,5 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,2 | Rizikos prioritetas: | Aukštas |
| Rizikos valdymo strategija: | Vengimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Šios rizikos padėtų išvengti sudarytas programos prototipas. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos atsiradimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.8. R-8

| | | | |
|--------------|---|------------------------------------|--|
| Rizikos #: | R-8 | Nepakankami žmogiškieji ištekliai. | |
| Kategorija: | Organizacinės | | |
| Sužadinimas: | Trūksta laiko projekto uždaviniams atlikti dėl kitų persidengiančių užduočių. | | |
| Pasekmės: | Vėlavimas | | |

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|------------------|
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Projektinis modelis | | |
| Rizikos įtaka: | 0,4 | Rizikos tikimybė: | 0,7 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,28 | Rizikos prioritetas: | Aukštas |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Siekiant sumažinti šią riziką projekto vykdymo metu reikia atidėti visas veiklas, kurios nėra būtinos. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos atsiradimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.9. R-9

| | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|------------------|
| Rizikos #: | R-9 | Nepakankami materialūs ištekliai. | |
| Kategorija: | Organizacinė | | |
| Sužadinimas: | Reikia papildomų lėšų projekto įgyvendinimui reikalingų resursų įsigijimui. | | |
| Pasekmės: | Išaugusi projekto kaina. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Projekto aprašas. Sąnaudos įrangai ir kitoms išlaidoms. | | |
| Rizikos įtaka: | 0,2 | Rizikos tikimybė: | 0,1 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,02 | Rizikos prioritetas: | Žemas |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Šią riziką padės sumažinti paruoštas sistemos prototipas. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.10. R-10

| | | | |
|-----------------------------|---|----------------------------------|------------------|
| Rizikos #: | R-10 | Darbuotojų motyvacijos trūkumas. | |
| Kategorija: | Organizacinė | | |
| Sužadinimas: | Projekto veiklos atidėliojamos, vykdomos lėtai ir nekokybiškai. | | |
| Pasekmės: | Netinkama sukurtos sistemos kokybė, užsakovo atsisakymas naudoti sistemą. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |
| Rizikos įtaka: | 0,2 | Rizikos tikimybė: | 0,3 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,06 | Rizikos prioritetas: | Vidutinis |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Siekiant sumažinti šią riziką reikia mažinti projekto komandos apkrovimą kitais, su projektu nesusijusiais darbais. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.11. R-11

| | | | |
|-------------|----------|----------------------------------|--|
| Rizikos #: | R-11 | Netinkama sistemos architektūra. | |
| Kategorija: | Techninė | | |

| | | | |
|-----------------------------|---|--------------------------|------------------|
| Sužadınimas: | Suprojektuota sistemos architektūra netinkama, sistema veikia neefektyviai. | | |
| Pasekmės: | Netinkama sukurtos sistemos kokybė, užsakovo atsisakymas naudoti sistemą. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |
| Rizikos įtaka: | 0,4 | Rizikos tikimybė: | 0,1 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,04 | Rizikos prioritetas: | Žemas |
| Rizikos valdymo strategija: | Vengimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Šios rizikos padės išvengti iš anksto paruoštas sistemos prototipas. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.12. R-12

| | | | |
|-----------------------------|---|--|------------------|
| Rizikos #: | R-12 | Netinkama sistemos naudotojų grafinė sąsaja. | |
| Kategorija: | Techninė | | |
| Sužadınimas: | Klientai skundžiasi, kad sistemos grafinė sąsaja yra netinkama. | | |
| Pasekmės: | Projekto pakeitimai, atsisakymas priimti sistemą. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |
| Rizikos įtaka: | 0,4 | Rizikos tikimybė: | 0,5 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,02 | Rizikos prioritetas: | Žemas |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Naudotojai turi dalyvauti kuriant grafinę sąsaja. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.13. R-13

| | | | | |
|-----------------------------|---|----------------------------------|------------------|--|
| Rizikos #: | R-13 | Nepakankami techniniai resursai. | | |
| Kategorija: | Techninė | | | |
| Sužadinimas: | Užsakovo produkcinė aplinka nepakankamai galinga. | | | |
| Pasekmės: | Užsakovas gali atsisakyti sistemos. | | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 | |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | | |
| Rizikos įtaka: | 0,2 | Rizikos tikimybė: | 0,3 | |
| Rizikos matricos taškai: | 0,06 | Rizikos prioritetas: | Vidutinis | |
| Rizikos valdymo strategija: | Perkėlimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas | |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Kadangi už produkcinę aplinką atsako užsakovas, reikia informuoti jį apie nepakankamų tech. resursų rizikos galimybę. | | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - | |
| Papildomi komentarai: | - | | | |

2.1.22.1.14. R-14

| | | | | |
|-----------------------------|---|---|------------------|--|
| Rizikos #: | R-14 | Netinkamos sistemos komponentų saugumo lygis. | | |
| Kategorija: | Techninė | | | |
| Sužadinimas: | Sistemoje naudojami komponentai turi saugumo pažeidžiamumą. | | | |
| Pasekmės: | Reikia keisti/ programuoti komponentus – išaugę kaštai, vėlavimas. | | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 | |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | | |
| Rizikos įtaka: | 0,1 | Rizikos tikimybė: | 0,1 | |
| Rizikos matricos taškai: | 0,01 | Rizikos prioritetas: | Žemas | |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas | |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Sistemos komponentai turi būti nuolat atnaujinami, sekamas pažeidžiamumą registras. | | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - | |
| Papildomi komentarai: | - | | | |

2.1.22.1.15. R-15

| | | | | |
|-----------------------------|---|--|------------------|--|
| Rizikos #: | R-15 | Nestabiliai veikiantys sistemos komponentai. | | |
| Kategorija: | Techninė | | | |
| Sužadinimas: | Sistemoje naudojami komponentai dažnai nustoja veikti, mėto klaidas. | | | |
| Pasekmės: | Reikia keisti/ programuoti komponentus – išaugę kaštai, vėlavimas. | | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 | |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | | |
| Rizikos įtaka: | 0,2 | Rizikos tikimybė: | 0,5 | |
| Rizikos matricos taškai: | 0,1 | Rizikos prioritetas: | Vidutinis | |
| Rizikos valdymo strategija: | Vengimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas | |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Šios rizikos gali padėti išvengti paruoštas sistemos prototipas po kurio būtų sprendžiamas nepatikimų komponentų klausimas. | | | |

| | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---|
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.16. R-16

| | | | |
|-----------------------------|---|--|------------------|
| Rizikos #: | R-16 | Projekto įgyvendinimo įrangos gedimai. | |
| Kategorija: | Techninė | | |
| Sužadinimas: | Projekto įgyvendinimui naudojamos įranga sugedo. | | |
| Pasekmės: | Reikia keisti/ įrangą – projekto vėlavimas. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |
| Rizikos įtaka: | 0,2 | Rizikos tikimybė: | 0,1 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,02 | Rizikos prioritetas: | Žemas |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Visa projektinė informacija ir rezultatai turi būti saugomi nutolusiuose serveriuose, kad įvykus tech. įrangos gedimui būtų galima greitai atstatyti kūrimo darbus. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.17. R-17

| | | | |
|-----------------------------|---|--|------------------|
| Rizikos #: | R-17 | Užsakovo susijusių sistemų pakeitimai. | |
| Kategorija: | Techninė | | |
| Sužadinimas: | Užsakovas pakeičia naudojamas susijusias sistemas. | | |
| Pasekmės: | Vėlavimas arba projekto žlugimas. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |
| Rizikos įtaka: | 0,2 | Rizikos tikimybė: | 0,3 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,06 | Rizikos prioritetas: | Vidutinis |
| Rizikos valdymo strategija: | Perkėlimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Užsakovas turi būti informuojamas kokios susijusios sistemos versijos bus naudojamos kuriant sistemą, kad atitinkamai galėtų planuoti savo sistemos atnaujinimo darbus. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - |
| Papildomi komentarai: | - | | |

2.1.22.1.18. R-18

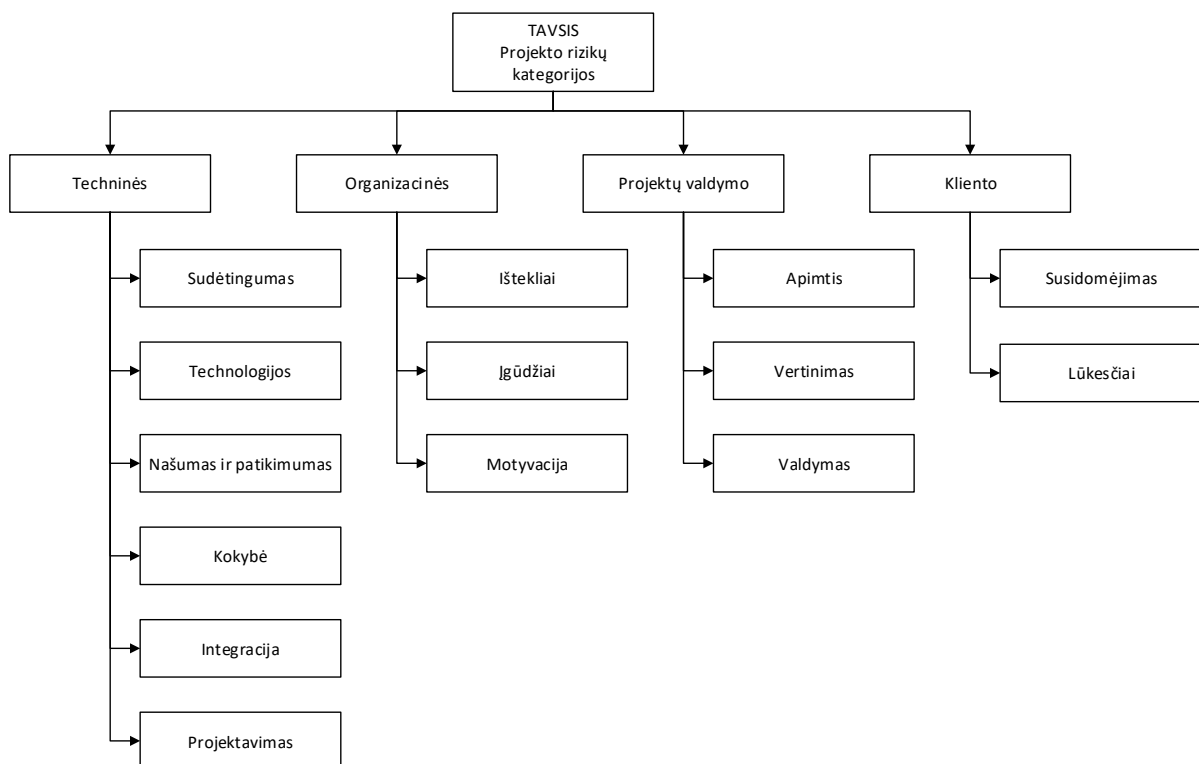
| | | | |
|----------------------|-----------------------|---|------------|
| Rizikos #: | R-18 | Nepakankamas kuriamos sistemos našumas. | |
| Kategorija: | Techninė | | |
| Sužadinimas: | Sistema veikia lėtai. | | |
| Pasekmės: | Projekto atsisakymas. | | |
| Identifikavęs asmuo: | Mantas Bukauskas | Data: | 2018-12-15 |
| Šaltinis: | Idėjų generavimas | | |

| | | | |
|-----------------------------|---|--------------------------|------------------|
| Rizikos įtaka: | 0,1 | Rizikos tikimybė: | 0,1 |
| Rizikos matricos taškai: | 0,01 | Rizikos prioritetas: | Žemas |
| Rizikos valdymo strategija: | Mažinimas | Rizikos savininkas: | Mantas Bukauskas |
| Rizikos valdymo aprašymas: | Šią riziką gali sumažinti sistemos prototipas, kuris parodys koks yra resursų poreikis. | | |
| Rizikos statusas: | Sudarytas mažinimo planas | Rizikos aktyvavimo data: | - |

2.1.22.2. Rizikų valdymo planas

2.1.22.2.1. Rizikų identifikavimas

Rizikų identifikavimas buvo vykdomas apgalvojant galimas projekto įgyvendinimo rizikas, analizuojant projekto aprašą, panaudos atvejų, analitinį bei projektinius modelius (šiose darbe nepateikti). Proceso metu identifikuotų rizikų kategorijos pateiktos paveikslėlyje žemiau.



26 pav. Projekto rizikų kategorijų išskaidymo diagrama

2.1.22.2.2. Rizikos analizė

Rizikos analizės metu atliekamas rizikos tikimybės ir žalos dydžio vertinimas. Abu rodikliai intuityviai vertinami dešimties balų sistemoje (žr. lenteles žemiau).

11 lentelė. Rizikos tikimybių vertinimo kategorijos

| Rizikos kategorija | Tikimybė | Aprašymas |
|--------------------|----------|-----------------------------------|
| Labai aukšta | 0,90 | Labai tikėtina, kad įvykis nutiks |
| Aukšta | 0,70 | Įvykis greičiausiai įvyks |
| Galima | 0,50 | Įvykis gali įvykti arba ne |
| Žema | 0,30 | Įvykis greičiausiai neįvyks |
| Labai žema | 0,10 | Įvykis nesitikimas |

12 lentelė. Rizikos įtakos vertinimo skalė

| Projekto objektas | Labai žema 0,05 | Žema 0,10 | Vidutinė 0,2 | Aukšta 0,4 | Labai aukšta 0,8 |
|-------------------|-----------------------------|---|---|---|-----------------------------|
| Kaina | Nežymus kainos pasikeitimas | <10% kainos pasikeitimas | 10 – 20% kainos pasikeitimas | 20 – 40% kainos pasikeitimas | >40% kainos pasikeitimas |
| Grafikas | Nežymi įtaka grafikui | <5% įtaka grafikui | 5 – 10% įtaka grafikui | 10 – 20% įtaka grafikui | >20% įtaka grafikui |
| Apimtis | Beveik nepakitusi | Nereikšmingas pasikeitimas | Reikšmingas pasikeitimas | Pakeitimai nepriimtini investuotojams | Produktas tampa nenaudojamu |
| Kokybė | Beveik nepakitusi | Įtakojamoms tik ypač reiklios aplikacijos | Investuotojas turi patvirtinti kokybės pakeitimus | Kokybės pasikeitimai nepriimtini investuotojams | Produktas tampa nenaudojamu |

Sudaryta rizikų lentelė, pagal kurią gautos rizikos suskirstytos į aukšto, vidutinio ir žemo prioriteto lygius (žr. lentelę žemiau).

13 lentelė. Rizikų suskirstymo pagal prioritetus lentelė

| Tikimybė | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|
| 0,90 | 0,05 | 0,09 | 0,18 | 0,36 | 0,72 |
| 0,70 | 0,04 | 0,07 | 0,14 | 0,28 | 0,56 |
| 0,50 | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,40 |
| 0,30 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,12 | 0,24 |
| 0,10 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,08 |
| Grėsmė | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,40 | 0,80 |

Sudaryta rizikų lentelė pateikta žemiau.

14 lentelė. Rizikų suskirstymas pagal prioritetą

| Tikimybė | | | | | |
|----------|--|-----|-----------------------------|-------------|--|
| 0,90 | | | | | |
| 0,70 | | R-2 | | R-8 | |
| 0,50 | | R-6 | R-3 R-15 | R-7 R-12 | |
| 0,30 | | | R-1 R-10 R-13 R-17 | | |

| | | | | | |
|---------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,10 | R-18 | R-5 R-14 R-18 | R-9 R-16 | R-4 R-11 | |
| Grėsmė | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,40 | 0,80 |

2.1.22.2.3. Rizikos mažinimo, stebėjimo ir valdymo planas

2.1.22.2.4. Rizikos mažinimo planas

Šio etapo metu Rizikos Registras papildytas rizikos valdymo strategija, kuri suskirstyta į vengimo, perkėlimo, mažinimo ar susitaikymo kategorijas. Taip pat aprašytas strategijos taikymo planas bei už riziką atsakingas asmuo.

2.1.22.2.5. Rizikos stebėjimo ir valdymo planas

Siekiant nuolat stebėti identifikuotas, bei identifikuoti naujas rizikas šiame etape sudaromas rizikos stebėjimo planas. Išnagrinėjus projekto darbo planą nustatyta, kad optimalus projekto rizikų vertinimo intervalas yra 4 savaitės. Todėl kas 4 savaites bus atliekamas:

- Esamų ir naujų rizikų identifikavimas;
- Rizikų būklės stebėjimas;
- Vertinami rizikos suvaldymo žingsniai;
- Nagrinėjamas projekto kūrimo progresas, atlikti uždaviniai;
- Nagrinėjami kylantis sunkumai;
- Iš naujo vertinami rizikos įtakos ir tikimybės rodikliai;
- Papildomi rizikos mažinimo žingsniai;
- Vertinamas rizikos mažinimo efektyvumas.

2.1.23. V24. Kaina

Kadangi sistema kuriama magistrinio darbo pagrindu, fizinius sistemos kaštus dengia Užsakovas. Tuo tarpu darbo sąnaudas dengia sistemos diegėjas. Lentelėse žemiau pateikiami sistemos kūrimo kaštai jei sistema būtų realizuojama rinkos sąlygomis.

Projekto sąnaudos darbo užmokesčiams pateiktos lentelėje žemiau.

15 lentelė. Sąnaudos darbo užmokesčiui

| Eil. Nr. | Profesija | Atlyginimas su mokesčiais, Eur./val. | Kiekis, val. | Kaina, Eur. |
|--------------|------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------|
| 1 | Projektų vadovas | 22 | 150 | 3 300 |
| 2 | Sistemų analitikas | 16 | 380 | 6 080 |
| 3 | Sistemų architektas | 16 | 120 | 1 920 |
| 4 | Sistemos UI dizaineris | 13 | 120 | 1 560 |
| 5 | Programuotojas | 12 | 480 | 5 760 |
| 6 | Vyr. programuotojas | 15 | 180 | 2 700 |
| 7 | Testuotojas | 12 | 120 | 1 440 |
| VISO: | | | | 22 760 |

Projekto sąnaudos įrangai pateiktos lentelėje žemiau.

16 lentelė. Sąnaudos įrangai

| Eil. Nr. | Pavadinimas | Kiekis | Kaina su PVM, Eur. |
|--------------|--------------------------|--------|--------------------|
| 1 | Fizinis serveris | 2 | 2 000 |
| 2 | MS SQL Server 2016 | 1 | 3 300 |
| 3 | Visual Studio 2017 | 2 | 250 |
| 4 | Jira | 1 | 60 |
| 5 | MS Office 365 | 8 | 384 |
| 6 | MagicDraw | 1 | 1 100 |
| 7 | Windows Server 2016 | 1 | 900 |
| 8 | Kanceliariniai reikmenys | - | 200 |
| 9 | Kitos išlaidos | - | 4 000 |
| VISO: | | | 12 194 |

2.1.24. V25. Naudotojo dokumentacija ir apmokymas

Įdiegus sistemą turi būti pateikiama ši dokumentacija:

- Sistemos reikalavimų specifikacija;
- Sistemos projektavimo specifikacija;
- Sistemos diegimo vadovas;
- Sistemos naudotojų vadovas.

Taip pat po sistemos bandomojo etapo metu numatyta surengti du 30 min. trukmės mokymus sistemos naudotojams ir vadovybei.

2.1.25. V26. Perspektyviniai reikalavimai

2.1.25.1. Remonto paraiškų sistemos apjungimas

Šią sistemą galima papildyti apjungiant Užsakovo naudojamą remonto paraiškų sistemą. Taip ši sistema apimtų visus avarijų ir remonto veiklų procesus.

2.2. Architektūros specifikacija

2.2.1. Architektūros tikslai ir apribojimai

Sudarant architektūra atsižvelgiama į šiuos reikalavimus:

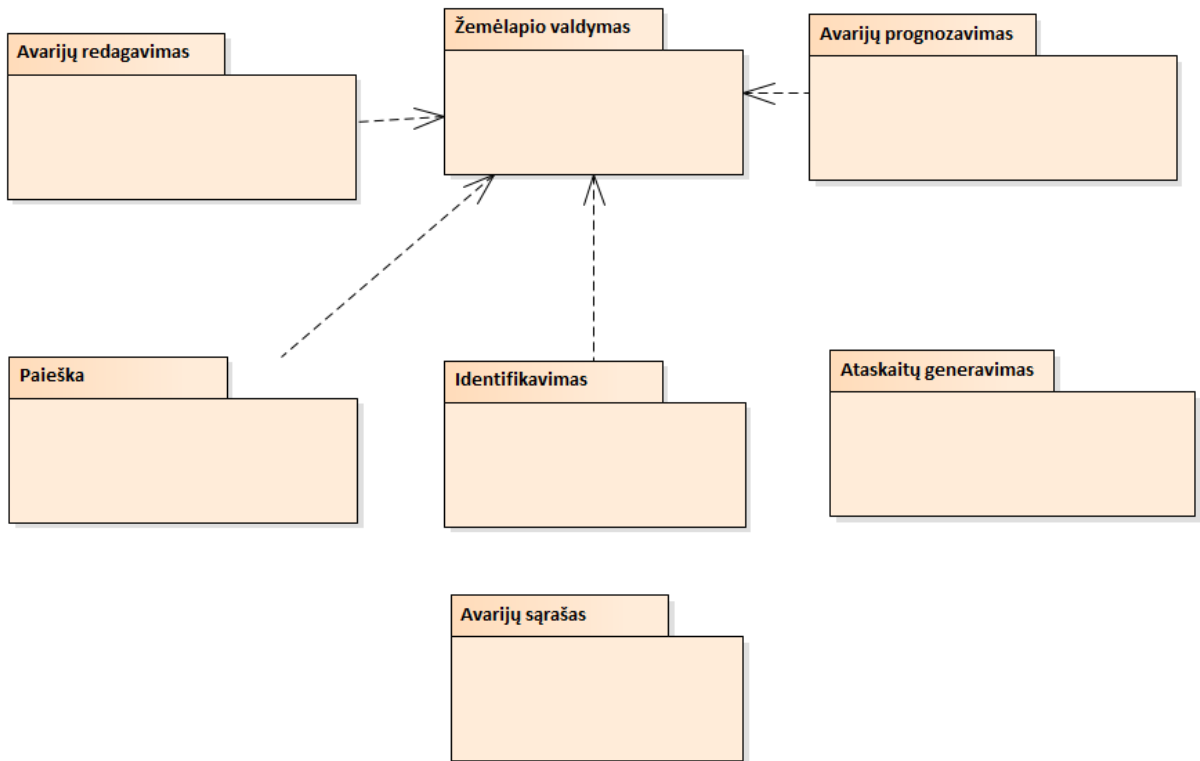
- Sprendimas turi būti suderinamas su *ArcGIS* programinę įrangą;
- Sprendimas turi būti pagrįstas saityno (angl. *Web*) technologijomis;
- Informacijos įvedimas turi būti patogus dirbant su mobiliu įrenginiu;
- Sistema turi būti suderinama su *MS Windows* operacine sistema;
- Sistema suderinama su *MS SQL Server DBVS*;
- Sistemos pirminis užkrovimas turi trukti neilgiau nei 6 sekundes;
- Avarijų prognozavimas turi trukti neilgiau nei 10 min;
- Sistemos pasiekiamumas turi būti ne mažesnis nei 99,5% laiko;
- Sistema turi veikti ne mažesnę nei 3 metų laikotarpį be papildomų investicijų;
- Sistema turi veikti visuose moderniuose naršyklėse (IE11 ir vėlesnėse);

- Sistema neturi būti prieinama neprisijungus;
- Sistema turi būti prieinama tik saugiu ryšiu (HTTPS);
- Sistema turi registruoti paskutinius veiksmus su avarijomis atlikusių naudotojų duomenis.

2.2.2. Sistemos statinis vaizdas

2.2.2.1. Apžvalga

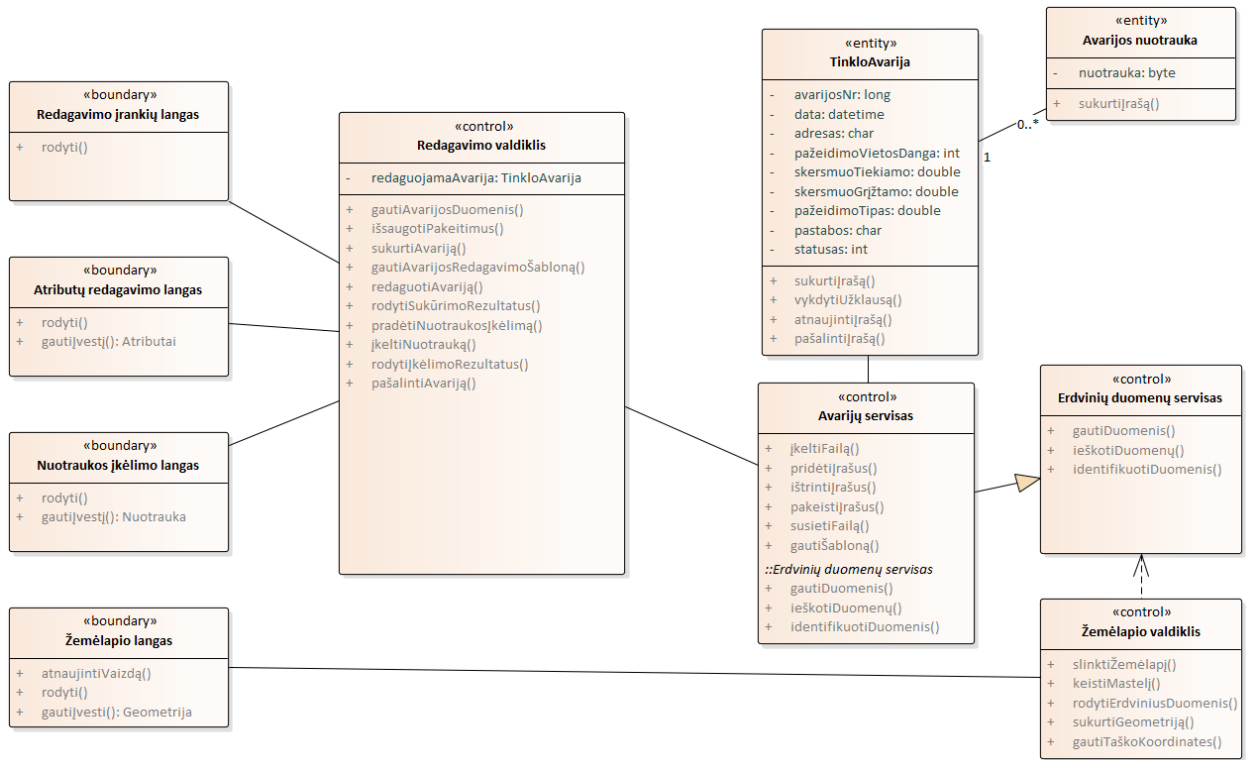
Sistema „TAVSIS“ išskaidymo į paketus diagrama pateikta paveikslėlyje žemiau.



27 pav. TAVSIS sistemos išskaidymo į paketus diagrama

2.2.2.2. Avarijų redagavimo paketo detalizacija

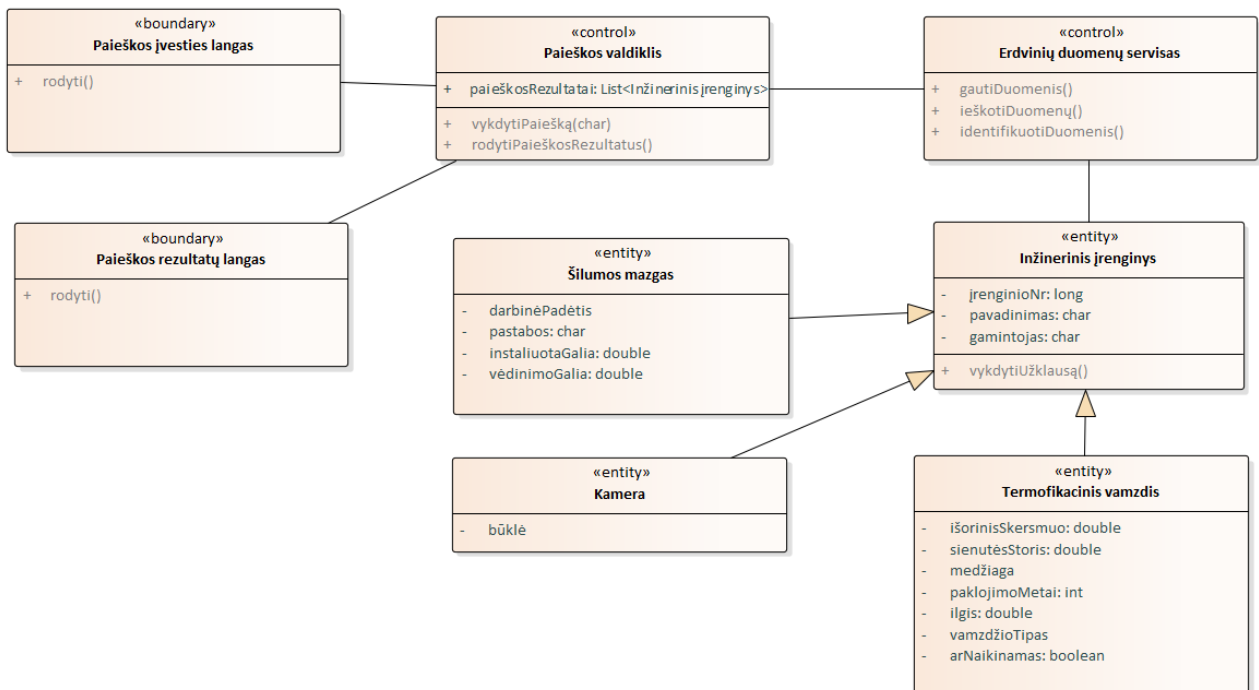
Avarijų redagavimo paketo klasių diagrama pateikiama paveikslėlyje žemiau.



28 pav. Avarijų redagavimo paketo klasių diagrama

2.2.2.3. Paieškos paketo detalizacija

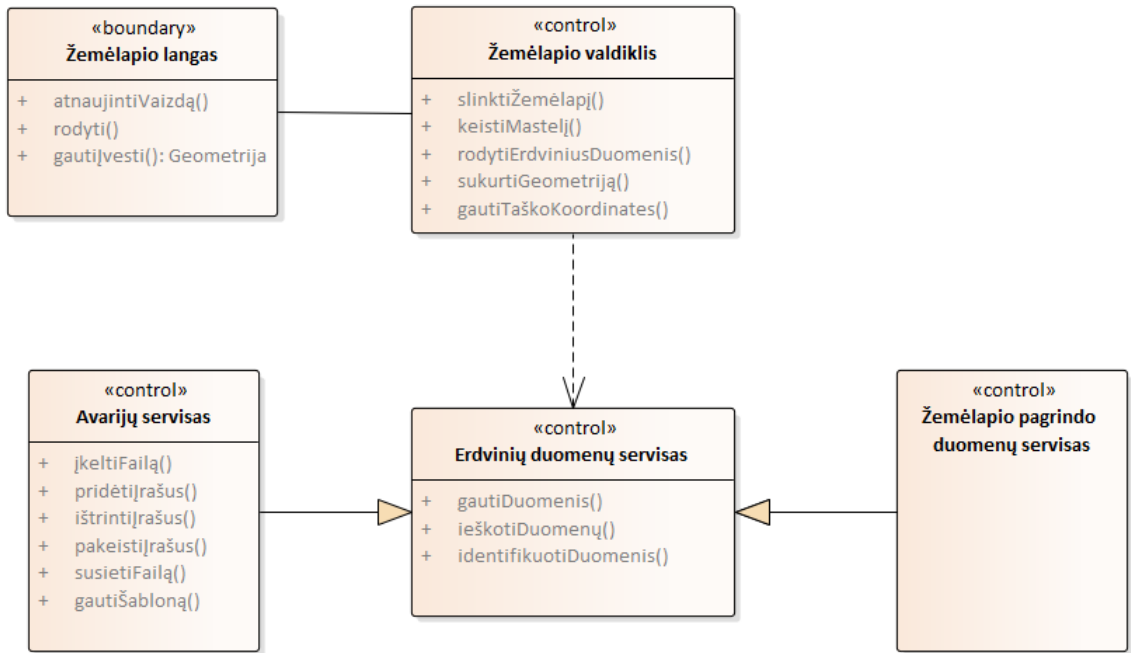
Paieškos paketo klasių diagrama pateikiama paveikslėlyje žemiau.



29 pav. Paieškos paketo klasių diagrama

2.2.2.4. Žemėlapių valdymo paketo detalizacija

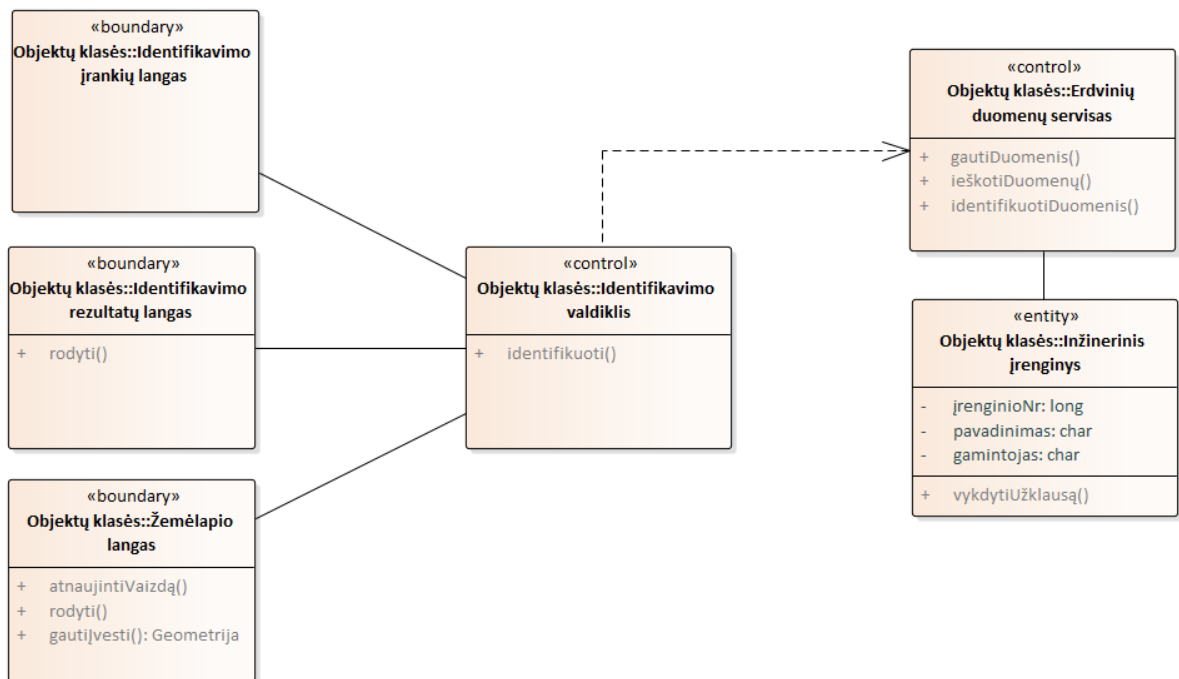
Žemėlapių valdymo paketo klasių diagrama pateikiama paveikslėlyje žemiau.



30 pav. Žemėlapių valdymo paketo klasių diagrama

2.2.2.5. Identifikavimo paketo detalizacija

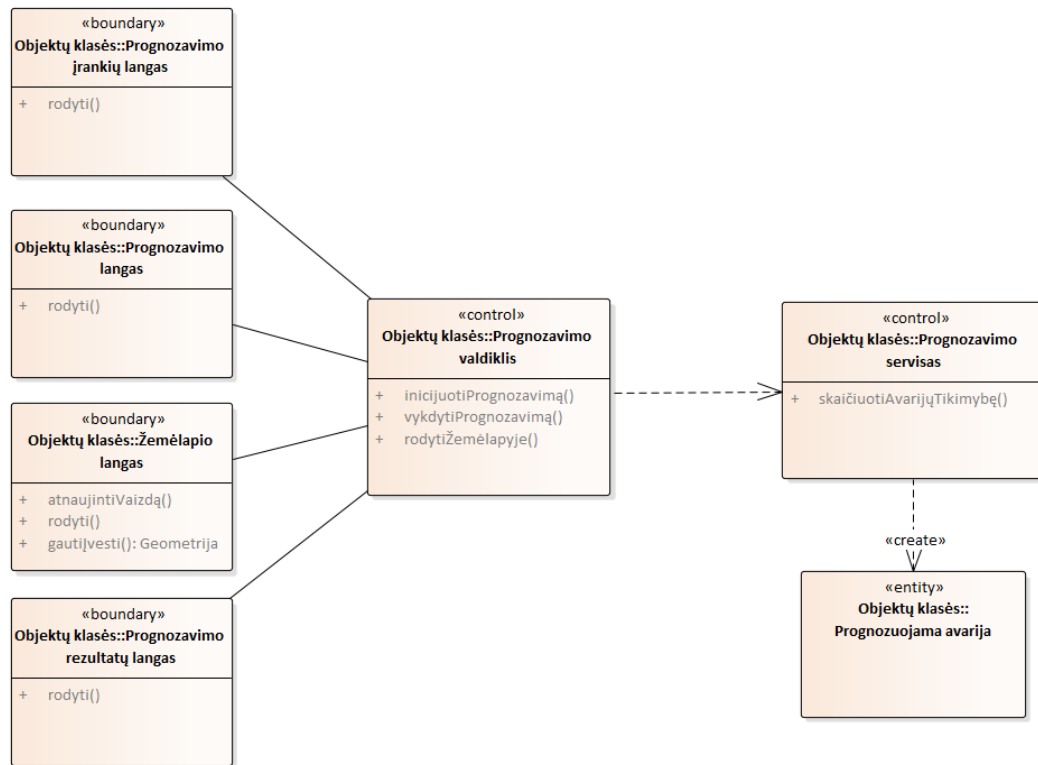
Identifikavimo paketo klasių diagrama pateikiama paveikslėlyje žemiau.



31 pav. Identifikavimo paketo klasių diagrama

2.2.2.6. Avarijų prognozavimo paketo detalizacija

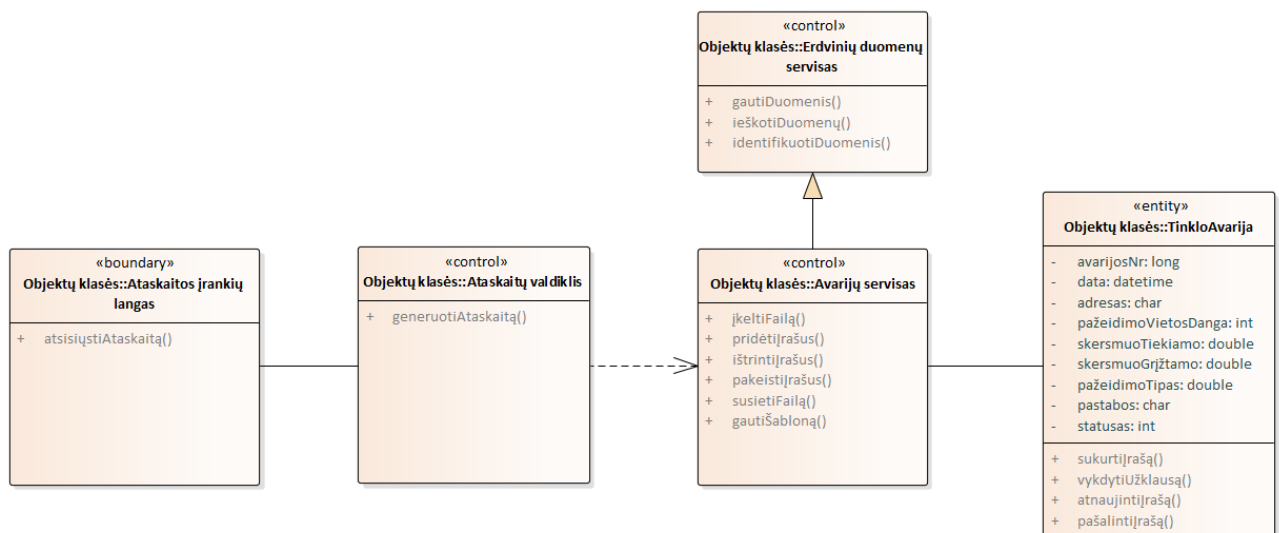
Avarijų prognozavimo paketo klasių diagrama pateikiama paveikslėlyje žemiau.



32 pav. Avarijų prognozavimo paketo klasių diagrama

2.2.2.7. Ataskaitų generavimo paketo detalizacija

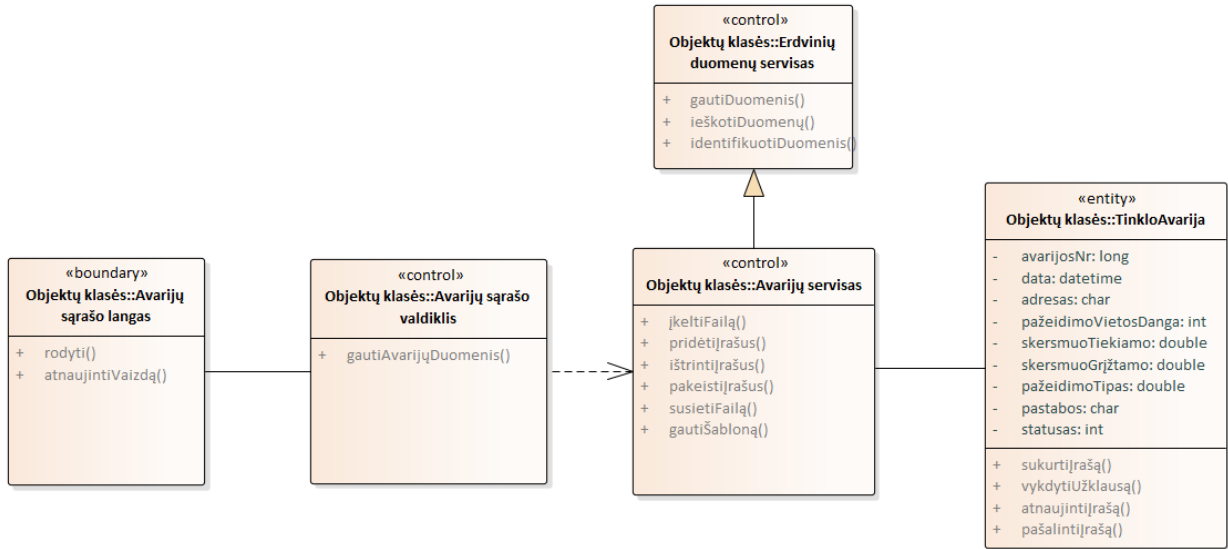
Ataskaitų generavimo paketo klasių diagrama pateikiama paveikslėlyje žemiau.



33 pav. Ataskaitų generavimo paketo klasių diagrama

2.2.2.8. Avarijų sąrašo paketo detalizacija

Avarijų sąrašo paketo klasių diagrama pateikiama paveikslėlyje žemiau.

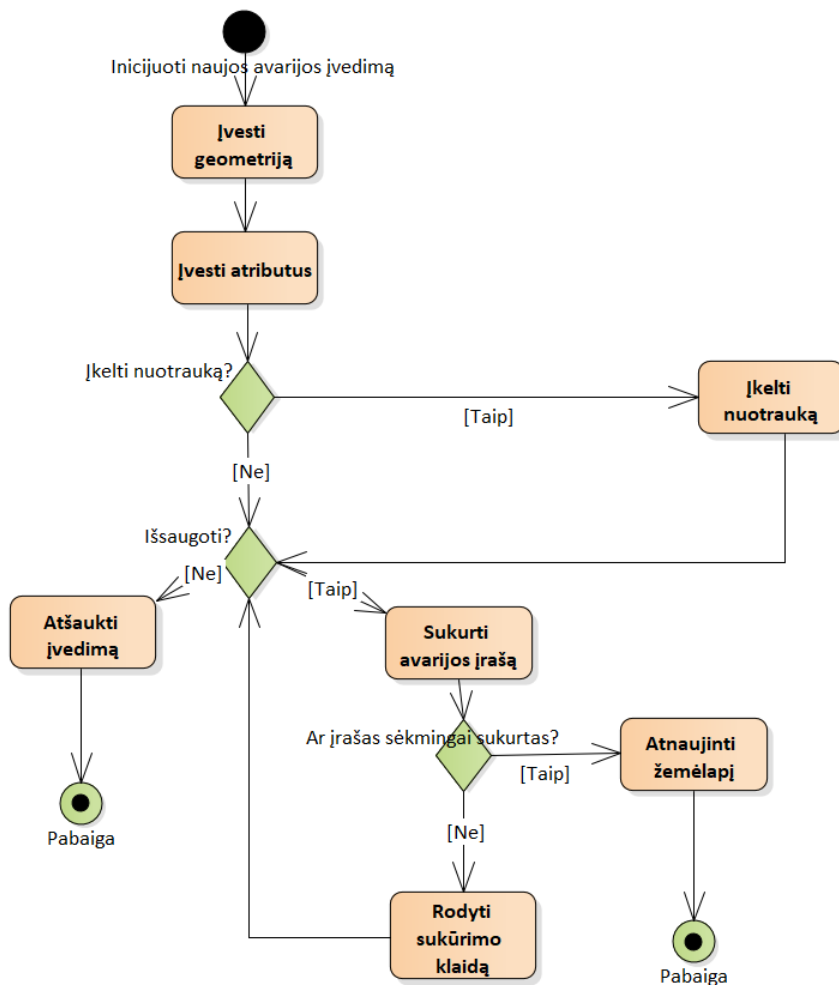


34 pav. Avarijų sąrašo paketo klasių diagrama

2.2.3. Sistemos dinaminis vaizdas

2.2.3.1. Veiklos diagramos

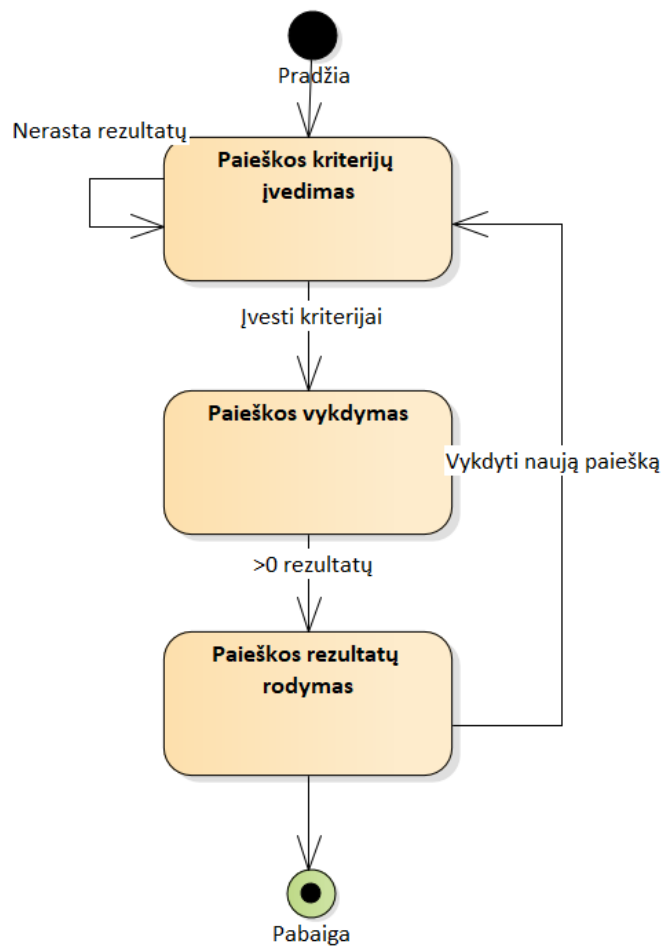
Avarijos sukūrimo veiklos diagrama pateikiama paveikslėlyje žemiau.



35 pav. Avarijos sukūrimo veiklos diagrama

2.2.3.2. Būsenų diagramos

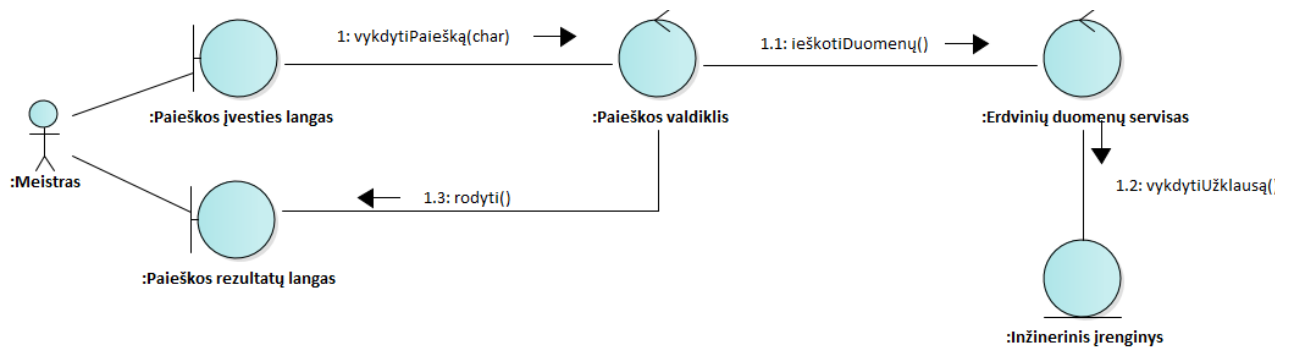
Erdivinių duomenų paieškos pagal atributus diagrama pateikta paveikslėlyje žemiau.



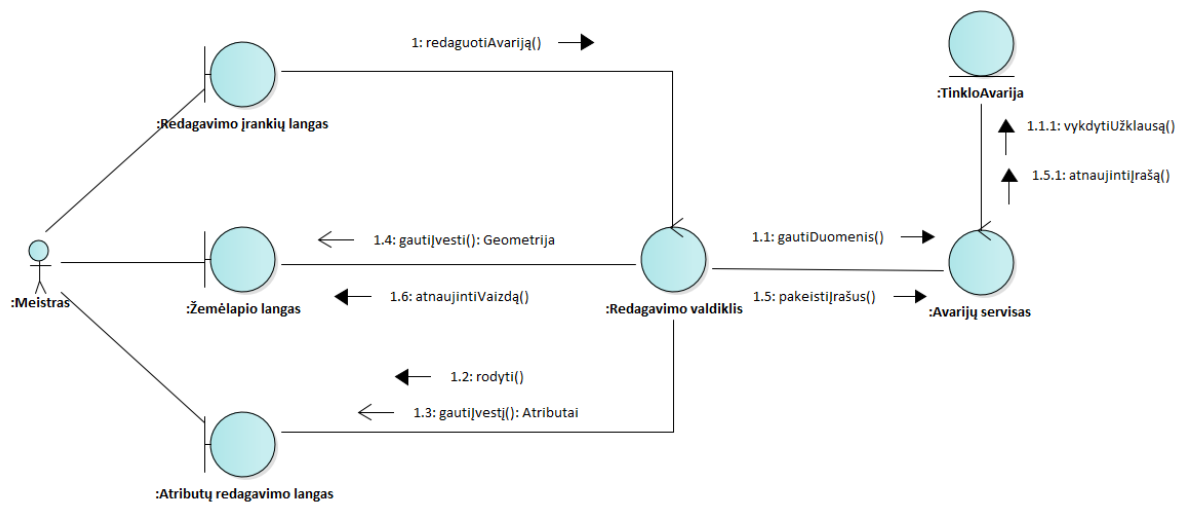
36 pav. Paieškos būsenų kitimo diagrama

2.2.3.3. Sąveikos diagramos

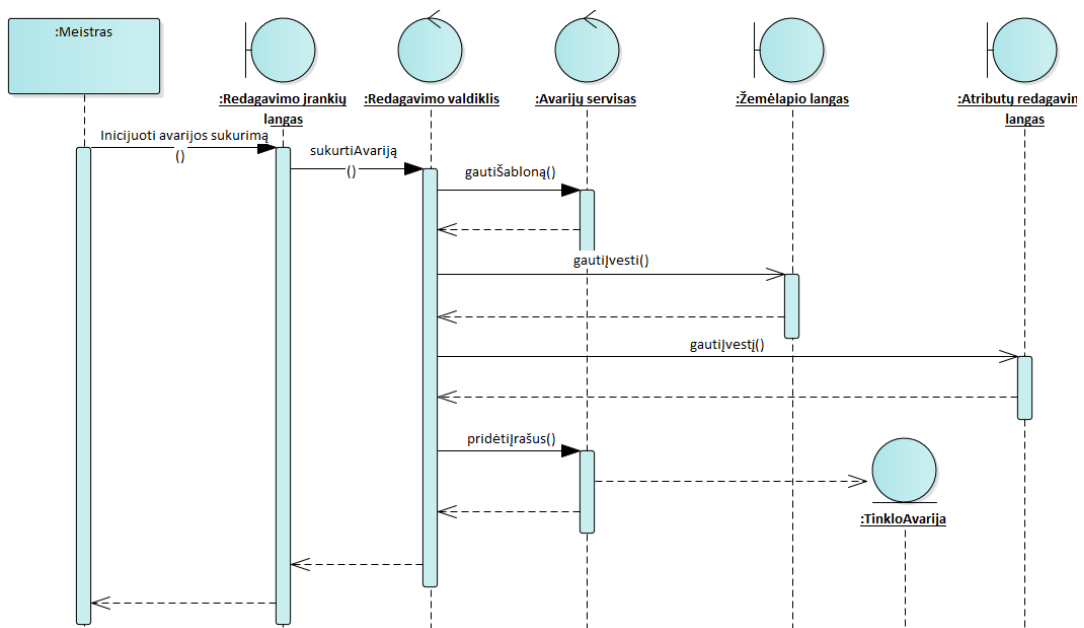
Panaudos atvejų sąveikos diagramos pateikiamos paveikslėliuose žemiau.



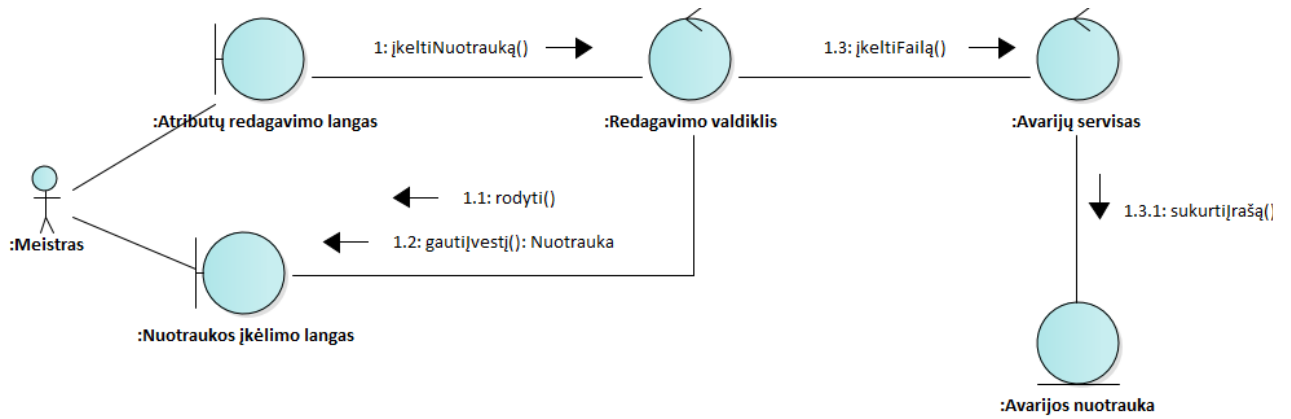
37 pav. PA-1 bendradarbiavimo diagrama



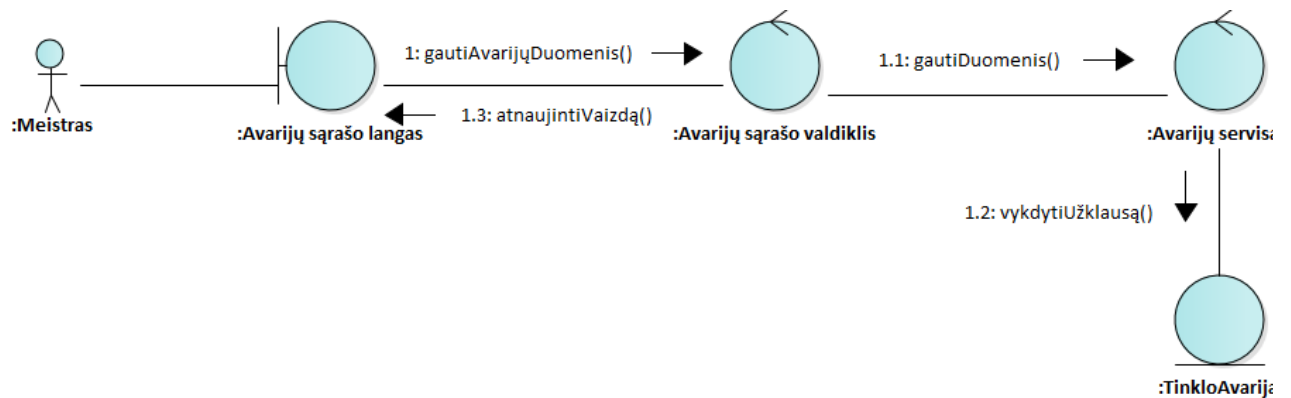
38 pav. PA-2 bendradarbiavimo diagrama



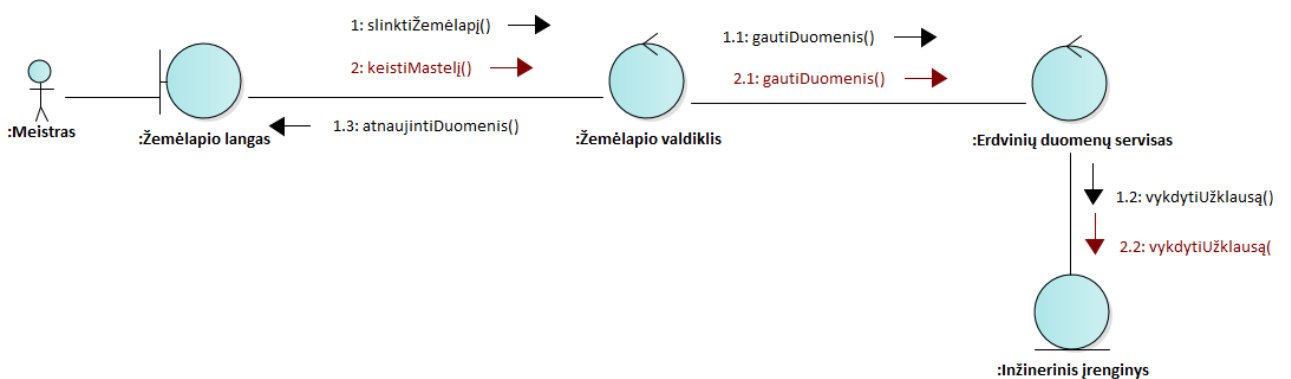
39 pav. PA-3 panaudos atvejo sekų diagrama



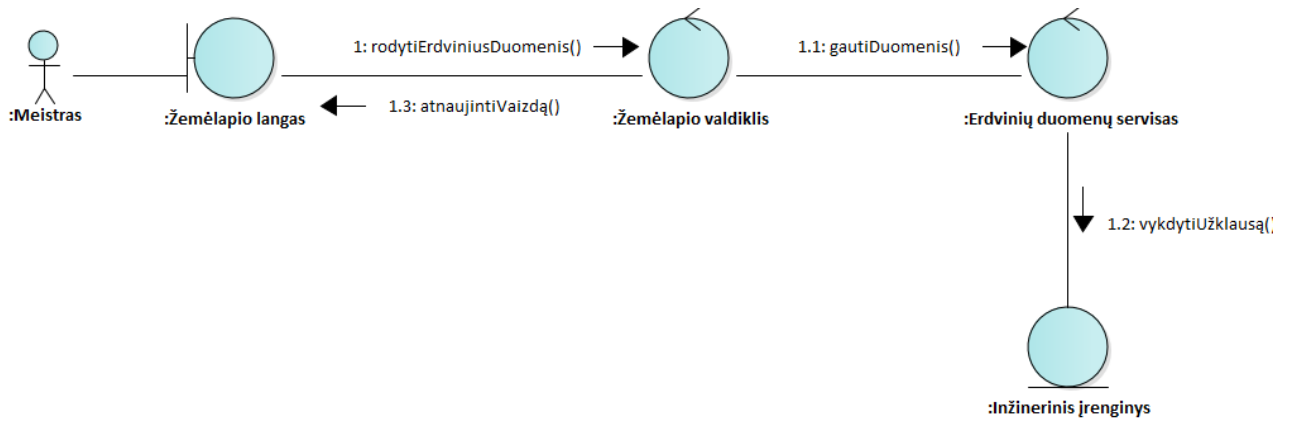
40 pav. PA-4 bendradarbiavimo diagrama



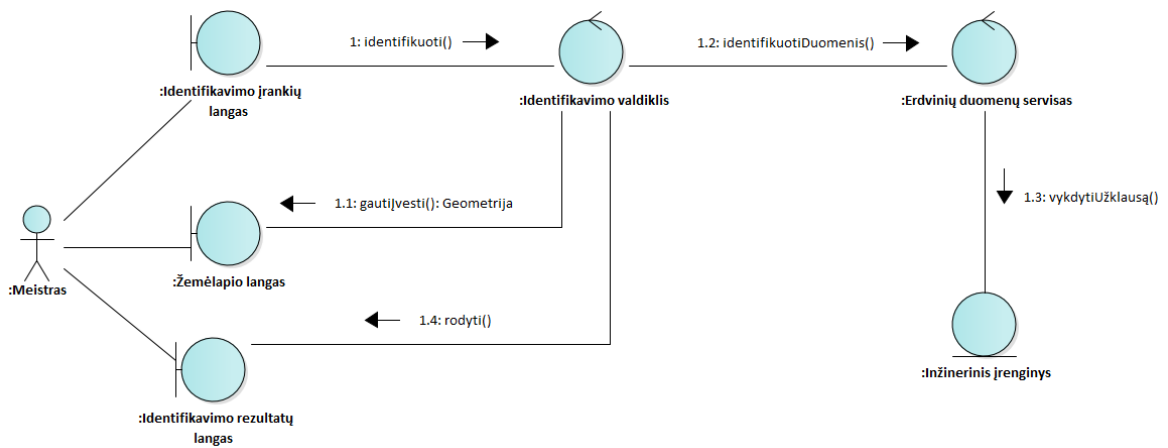
41 pav. PA-5 bendradarbiavimo diagrama



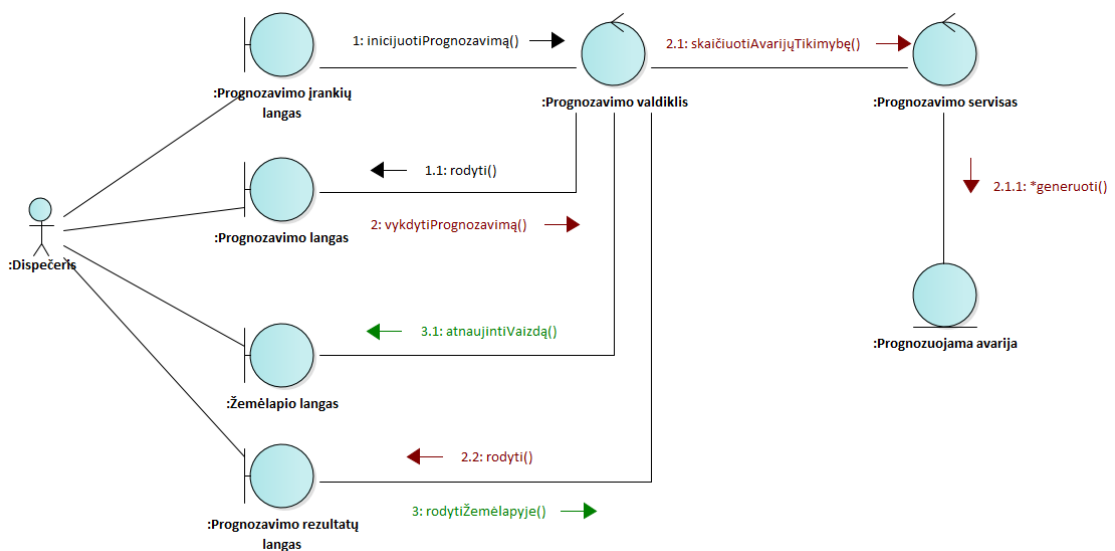
42 pav. PA-6, PA-7 ir PA-8 bendradarbiavimo diagrama



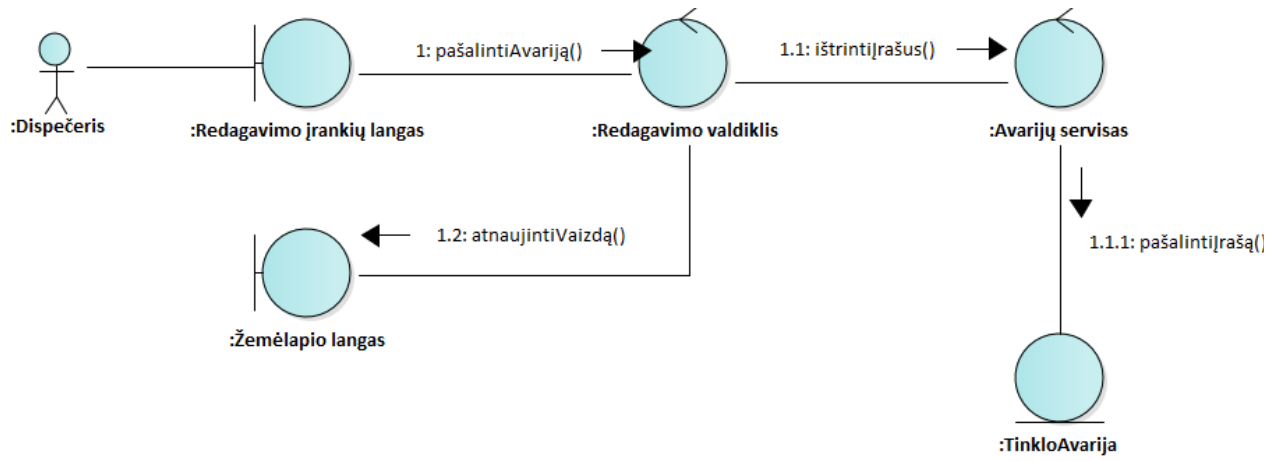
43 pav. PA-9 bendradarbiavimo diagrama



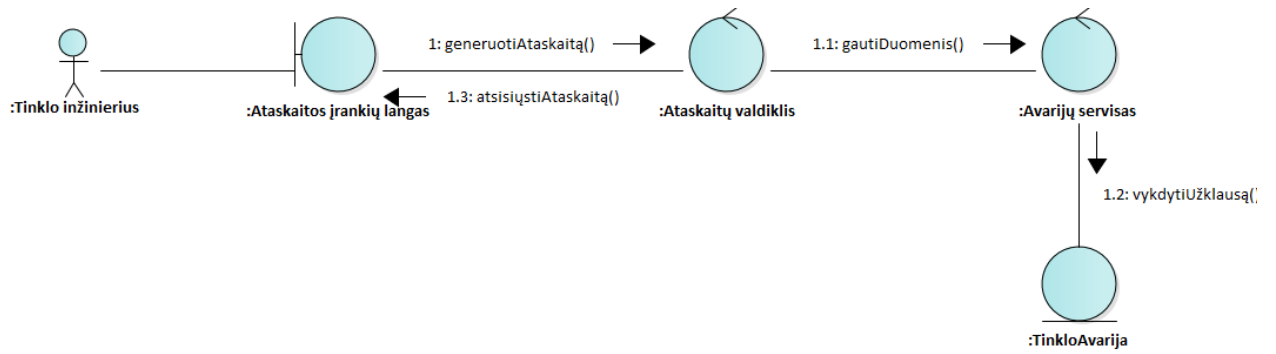
44 pav. PA-10 bendradarbiavimo diagrama



45 pav. PA-11 bendradarbiavimo diagrama



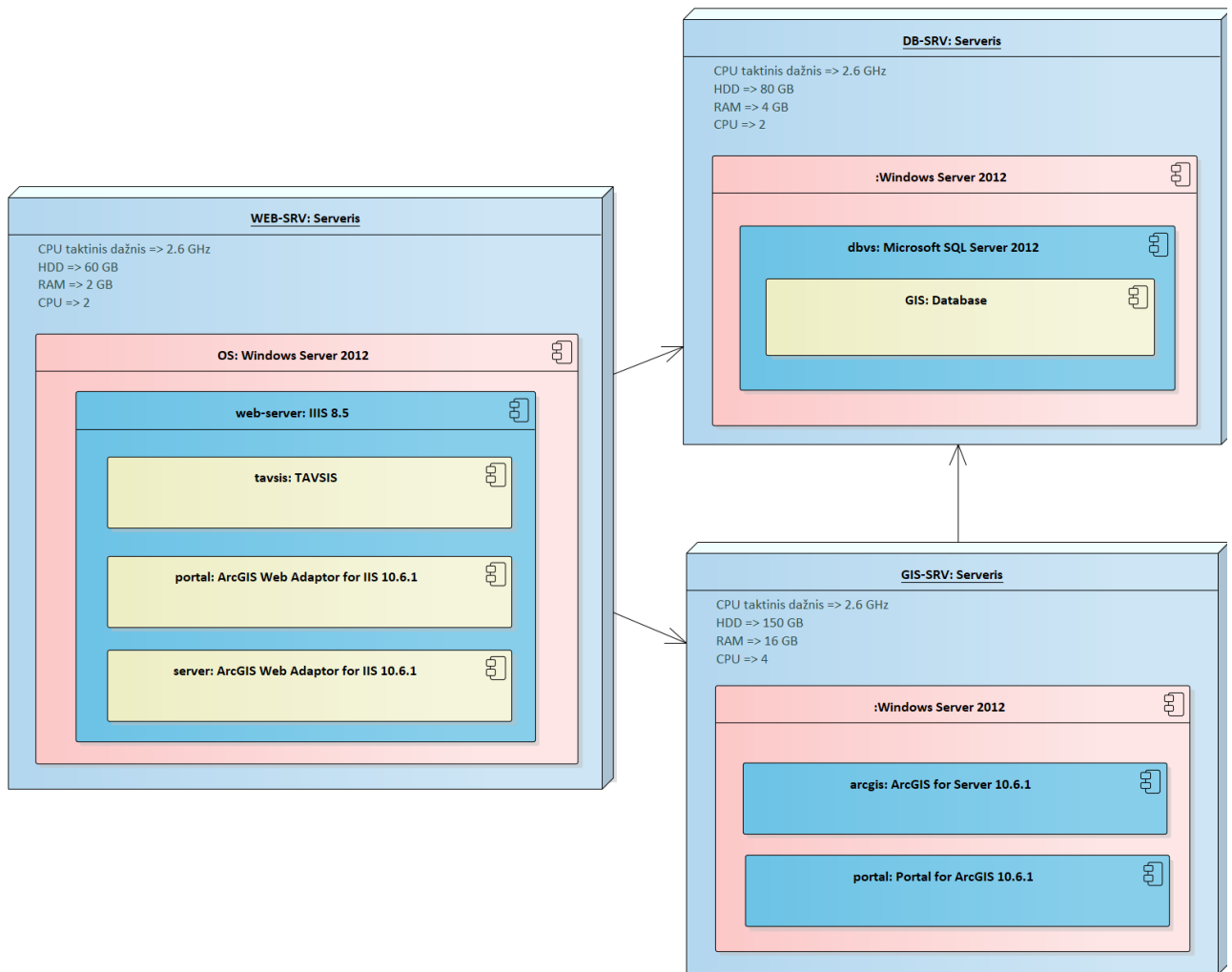
46 pav. PA-12 bendradarbiavimo diagrama



47 pav. PA-13 bendradarbiavimo diagrama

2.2.4. Išdėstymo vaizdas

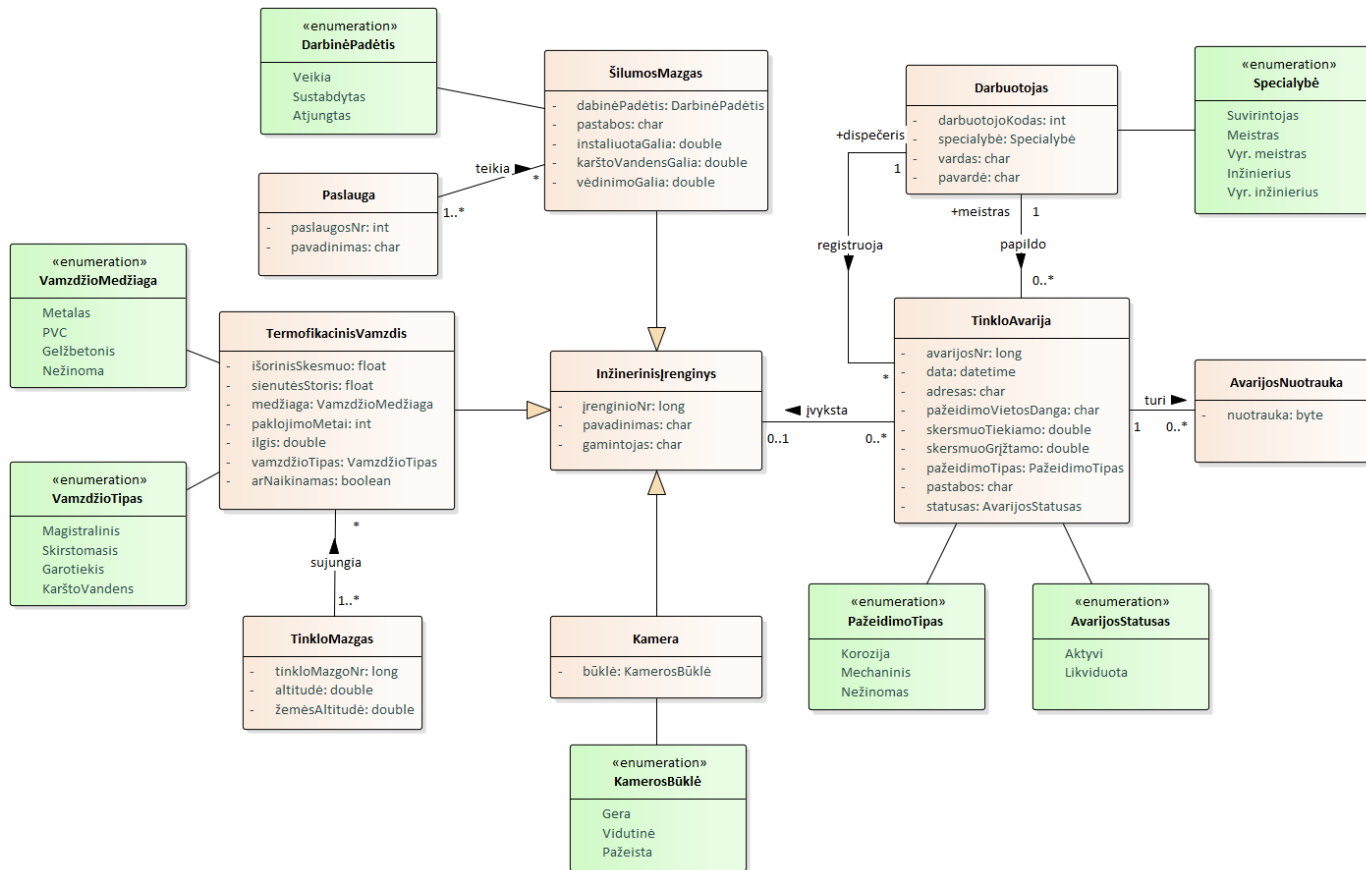
Komponentų išdėstymo diagrama pateikta paveikslėlyje žemiau.



48 pav. Sistemos išdėstymo diagrama

2.2.5. Duomenų vaizdas

Šiame skyriuje pateikiama esybių – ryšių diagrama, kurioje pavaizduotos projektuojamos sistemos duomenų modelis.



49 pav. Projektuojama esybių – ryšių diagrama

2.2.6. Kokybė

Kuriamą sistemą planuojama realizuoti naudojant *ArcGIS Enterprise*, *scikit-learn*, *XGBoost*, duomenų bazių valdymo sistema (*MS SQL Server*), *Windows Server 2012* bei kitus komponentus. Visų šių komponentų bei pačios sistemos savybės nulems bendrą kuriamos programinės įrangos kokybę.

2.2.6.1. Kūrimo programinės įrangos kokybė

Kūrimui naudojama programinė įranga pateikta lentelėje žemiau. Šie programų sistemų kūrimo ir projektų valdymo komponentai leidžia užtikrinti kokybišką projekto vykdymą.

17 lentelė. Kūrimui naudojama programinė įranga

| |
|---|
| Pavadinimas |
| Programavimo platforma (<i>Visual Studio</i>) |
| Įrankiai dokumentų ruošimui ir skaitymui (<i>MS Office 365</i>) |
| Įrankis reikalavimų specifikavimui ir architektūros kūrimui (<i>Enterprise Architect</i>) |

2.2.6.2. Įrenginių įtaka sistemos kokybei

Kuriamai sistemai nereikalingi jokia specifinė įranga. Projekto realizacijai naudojama standartinė techninė įranga – personalinis kompiuteris. Sukūrus sistema ji bus diegiama užsakovo produkcinėje aplinkoje, kurią sudaro standartinis interneto aplikacijų serveris. Visi techninė įranga turėtų būti sertifikuota.

Siekiant užtikrinti sklandų darbą rekomenduojama kūrimo kompiuterio specifikacija pateikta lentelėje žemiau.

18 lentelė. Projekto realizacijai rekomenduojamo naudoti kompiuterio specifikacija

| Projekto realizacijai rekomenduojamo kompiuterio specifikacija | |
|--|--------------------------|
| Operacinė sistema | Windows 10 |
| Operatyvioji atmintis | 16 GB RAM |
| Procesorius | 4 branduoliai (2.6 Ghz+) |
| Kietasis diskas | SSD 120 GB |

2.2.6.3. Projekto planavimo, sekimo ir priežiūros procesų kokybės užtikrinimas

Projekto planavimo, sekimo ir priežiūros procesai bus vertinami naudojant proceso audito forma, kuri įvertins procesą kaip tinkama, iš dalies tinkamą arba netinkamą. Iš dalies tinkami ir netinkamiems procesams bus atliekami koregavimo veiksmai.

Kokybės užtikrinimui visi paminėti procesai bus vykdomi vadovaujantis magistrinio darbo ir programinės įrangos kūrimo gerosiomis praktikomis bei reikalavimais.

2.2.6.4. Sistemos reikalavimų kokybė

Sistemos reikalavimų kokybė užtikrinama:

- Identifikuojant visus projekto suinteresuotus asmenis bei galimus jų reikalavimus;

- Tikrinant reikalavimų tikslumą, aiškumą ir ne dviprasmiškumą;
- Taikant reikalavimų specifikavimo gerąsias praktikas;
- Įsitikinant, kad visi suinteresuoti asmenys vienodai supranta visus sistemos reikalavimus ir jiems pritaria;
- Įsitikinant, kad neaiškūs reikalavimai ir kylančios problemos būtų sprendžiamos;
- Įsitikinant kad reikalavimų specifikavimas vykdomas pagal sudarytą specifikavimo planą;
- Įsitikinant, kad reikalavimai yra tinkamai specifikuoti taikant Programų sistemų inžinerijos principus.

2.2.6.5. Projektavimo kokybė

Projektavimo kokybės užtikrinimui bus taikomi tokie principai:

- Projektavimo dokumentacija sudaroma taip, kad kitas su sistema nesusipažinęs projektuotojas sugebėtų sukurti tokią sistemą;
- Projektavimas atliekamas pagal Programų sistemų kūrimo gerąsias praktikas;
- Projektavimas atliekamas vadovaujantis magistro darbo reikalavimais;
- Projektavimui naudojami visuotinai priimtini standartai (UML).

2.2.6.6. Sistemos kūrimo ir testavimo kokybė

Sistemos kūrimo kokybė bus užtikrinama taikant:

- Gerąsias programavimo praktikas;
- Naudojant modulių testus (angl. *unit test*);
- Naudojant funkcinius testus;
- Analizuojant funkcijų vykdymo laiką;
- Analizuojant kodo padengto testais procentą;
- Sudarant testavimo scenarijus;
- Užtikrinant, kad testo neatitinkanti programinė įranga būtų sutvarkyta;
- Analizuojant klaidų skaičiaus pokyčius per tam tikrą laikotarpį.

2.2.6.7. Sistemos diegimo proceso kokybė

Sistemos diegimo proceso kokybė bus užtikrinama:

- Užtikrinant nesudėtingą sistemos konfigūravimą produkcinei aplinkai;
- Sukuriant diegimo vadovą;
- Pateikiant aiškų naudotojo vadovą;
- Diegimą vykdant tik tada kai programinė įranga ištestuota;
- Taikant automatinio diegimo sprendimus.

2.2.6.8. Koregavimo veiksmų proceso kokybė

Projekto koregavimo veiksmų kokybė bus užtikrinama:

- Informuojant visus suinteresuotus asmenis apie projekto problemas ir taikomą koregavimo veiksmą;
- Analizuojant problemas ir taikant geriausią sprendimą tenkinantį visas suinteresuotas puses.

2.2.6.9. Konfigūracijų valdymo kokybė

Konfigūracijų valdymo kokybė užtikrinama:

- Visiems dokumentams, kodui ir duomenims taikant vienodą pavadinimų ir būklės identifikavimo metodiką;
- Taikant produkcinei aplinkai skirtą ir kuriamą dokumentų, kodo ir duomenų atskyrimą;
- Naudojant versijų kontroliavimo sistemas.

2.2.6.10. Projekto auditas ir peržiūra

Siekiant užtikrinti projekto kokybę turi būti nuolat atliekamas projekto auditas ir peržiūra įvertinant atliktus darbus, reikalingus atlikti darbus bei reikiamus pokyčius.

Projekto vykdymo metu numatyta nuolat atlikti:

- Sistemos reikalavimų peržiūra;
- Sistemos projekto peržiūra;
- Sistemos testavimo peržiūra;
- Sistemos rezultatų peržiūra;
- Rizikos peržiūra;
- Atitikimo vertinimą;
- Kokybės analizę.

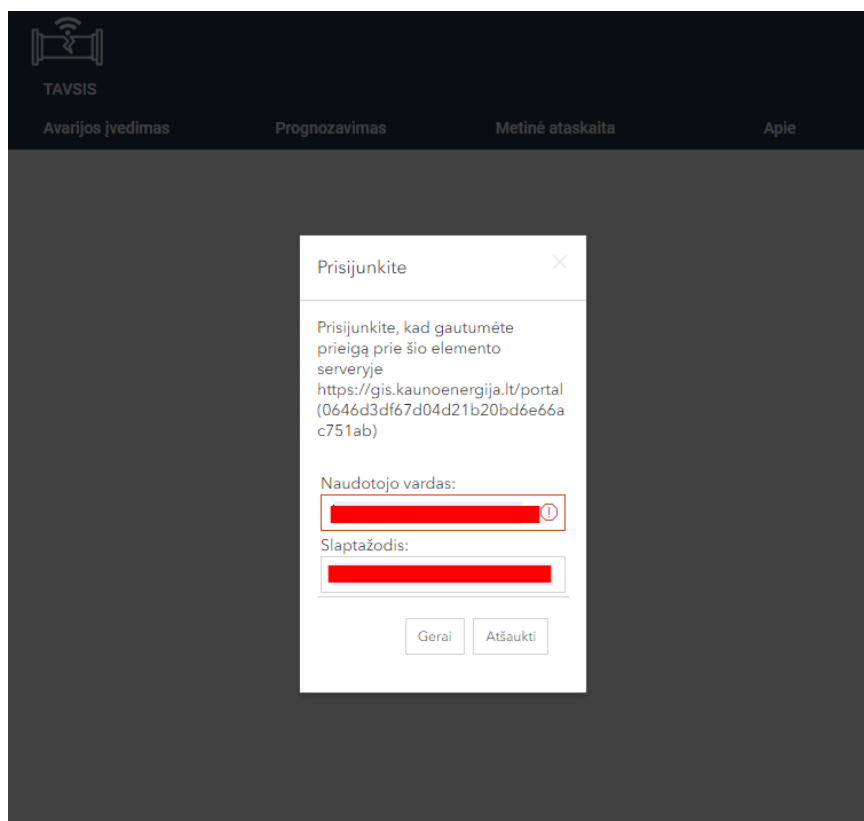
Pradinis planuojamas audito ir įvertinimo intervalas – 6 savaitės.

3. Sistemos realizacija

Šiame skyriuje aprašomi Sistemos funkcijų naudojimo principai. Kadangi ši sistema yra skirta vidutinį arba aukštą kompiuterinį raštingumą turinčiam personalui – trivialus naudojimo žingsniai nebus aprašomi.

3.1. Sistemos užkrovimas ir prisijungimas

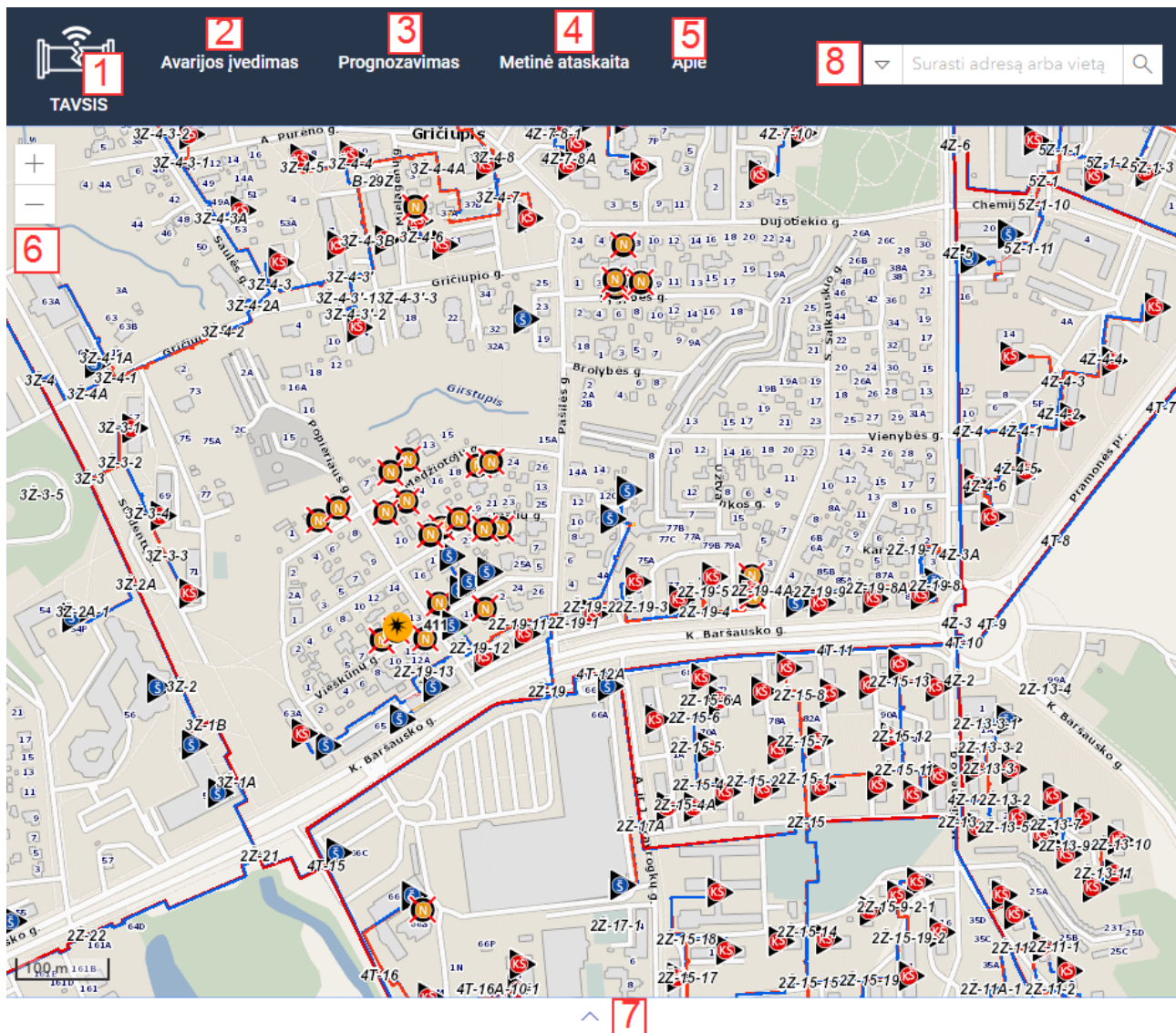
Sistema pasiekama internetiniu adresu <https://gis.kaunoenergija.lt/tavsis>. Atidarius puslapį naudotojas privalo įvesti savo prisijungimo vardą bei slaptažodį, kurį naudoja *Portal for ArcGIS* programinėje įrangoje.



50 pav. Prisijungimo langas prie TAVSIS sistemos langas

3.2. Pagrindinis programos langas

Prisijungus prie sistemos užkraunami erdviniai užpublikuoti į *ArcGIS for Server* programinė įrangą. Kai visi resursai yra užkrauti naudotojas patenka į pagrindinę programos langą (žr. pav. žemiau).



51 pav. Pagrindinio TAVSIS sistemos lango elementai

Pagrindiniame sistemos lange naudotojas gali naviguoti žemėlapyje, identifikuoti tinklo elementus, keisti žemėlapių mastelį, atlikti tekstinę tinklo elementų ar adresų paiešką bei kitus veiksmus.

Viršutinėje puslapio dalyje pateikiama puslapio antraštinė dalis su pagrindiniu meniu (1), kuriame galima iškviešti avarijų įvedimo (2), avarijų prognozavimo (3), metinės ataskaitos generavimo (4) ir informacinį projekto langą (5). Taip pat galima atlikti tinklo elementų arba adreso paiešką tekstinės paieškos lauke (8). Taip pat pateikiami žemėlapių priartinimo ir tolinimo mygtukai (6) bei avarijų atributinės informacijos peržiūros lentelė (7).

Naudotojas visais atvejais dirba pagrindiniame sistemos lange bei susijusiuose iššokančiuose languose, kurie detalizuoti žemiau.

3.3. Avarijos įvedimo/ redagavimo langas

Avarijos įvedimo/ redagavimo langas (žr. pav. žemiau) leidžia įvesti/ redaguoti avarijos atributinę bei geografinę informaciją. Laukai, kuriuos užpildyti privaloma yra pažymėti žvaigždute (*).

Avarijos

Būsena *
Aktyvi

Avarijos data *
12/21/2019

Avarijos laikas *
pvz.: 23:59

Avarijos adresas

| | | |
|--------|-----------|----------|
| X | Y | |
| 495482 | 6083835.2 | Nubrėžti |

Avarijos vietos danga *

Tiekiamo vamzdžio diametras

Grįžtamo vamzdžio diametras

Pažeidimo tipas *

Pažeidimo priežasties tipas *

Pastabos

Atšaukti **Išsaugoti**

52 pav. Avarijos įvedimo/ redagavimo langas

Naudotojas gali pasirinkti ar išsaugoti įvestą atributinę informaciją (mygtukas „Išsaugoti“) ar išsaugojimą atšaukti (mygtukas „Atšaukti“).

3.4. Avarijos prognozavimo langas

Avarijų prognozavimo langas (žr. pav. žemiau) leidžia atlikti galimų avarijų lokalizaciją įvedant esamą orų informaciją (temperatūrą, santykinę drėgmę, atmosferinį slėgį). Privalomi laukai pažymėti žvaigždute (*).

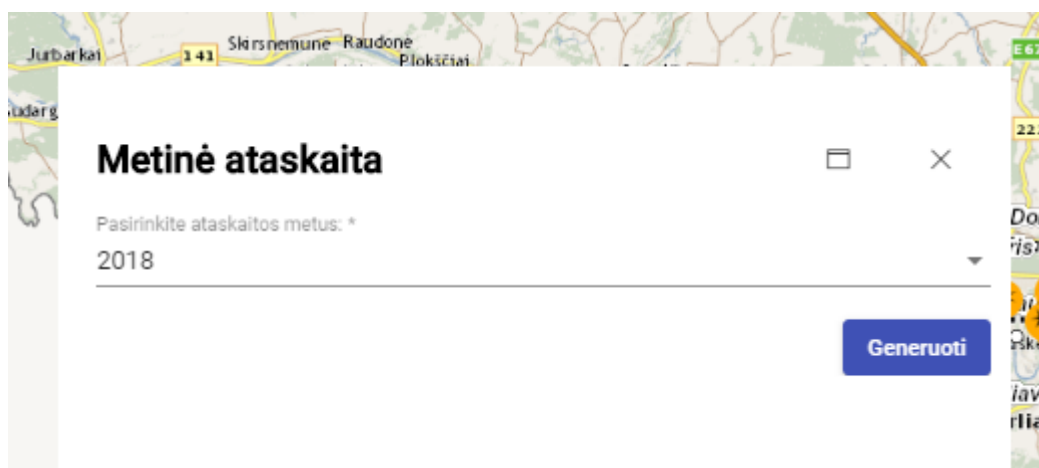


53 pav. Termofikacinio tinklo avarių prognozavimo langas

Įvedus faktinę orų informaciją, naudotojas gali pasirinkti ar nori vykdyti prognozavimą (mygtukas „Prognozuoti“) ar prognozavimą atšaukti (mygtukas „Atšaukti“).

3.5. Metinės ataskaitos generavimo langas

Metinės ataskaitos generavimo langas (žr. pav. žemiau) leidžia sugeneruoti ir atsisiųsti pasirinktų metų avarių ataskaitą CSV formatu.

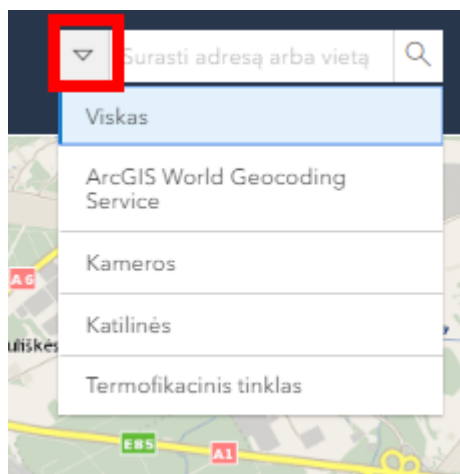


54 pav. Metinės ataskaitos generavimo langas

Naudotojui paspaudus mygtuką „Generuoti“ – sistema sugeneruoja metinę avarių ataskaitą bei pateikia atsisiuntimo nuorodą, kuria paspaudus naudotojas ją gali atsisiųsti.

3.6. Tinklo elementų paieškos laukas

Tinklo elementų paieškos laukas (žr. pav. žemiau) leidžia atlikti tekstinę tinklo elementų (kamerų, katilinių ir vamzdžių) bei adresų paiešką.



55 pav. Tinklo elementų arba adresų paieškos laukas

Paveikslėlyje raudona spalva paryškintas mygtukas leidžia pasirinkti kokio elemento paieška bus vykdoma.

3.7. Avarijų peržiūros lentelė

Išskleidžiama/ suskleidžiama avarijų peržiūros lentelė (žr. pav. žemiau) leidžia peržiūrėti užregistruotų avarijų atributinę informaciją.

| Identifikatorius | Avarijos data | Adresas | Dangos tipas | Pažeidimo tipas | Pastabos | Būsena | Piežasties tipas |
|------------------|------------------|---------|--------------|-----------------|------------|--------|------------------|
| 410 | 2019-11-20 23:23 | Testas | 0 | 0 | A | 0 | 2 |
| 411 | 2019-11-20 23:23 | Testas | 0 | 0 | 545 | 0 | 3 |
| 413 | 2019-11-20 23:23 | Testas | 0 | 0 | 754845 | 0 | 3 |
| 414 | 2019-11-20 23:23 | Testas | 0 | 0 | 5454 | 1 | 3 |
| 416 | 2019-11-20 23:23 | Testas | 0 | 0 | tgyutyutyu | 0 | 4 |

56 pav. Avarijų peržiūros lentelė

Paveikslėlyje paryškintas suskleidimo/ išskleidimo mygtukas leidžia suskleisti/ išskleisti avarijų peržiūros lentelę. Taip pat paspaudus ant stulpelio antraštės lauko pateikiama informacija yra rūšiuojama didėjimo/ mažėjimo tvarka (priklausomai nuo paspaudimų skaičiaus).

3.8. Informacinis langas „Apie“

Informacinis langas skirtas pateikti kūrėjo informacijai apie projektą.

3.9. Sistemos įdiegimas

Sistema gali būti tiesiogiai diegiama į Microsoft IIS interneto informacijos serverį, tačiau yra suderinama ir su kitais interneto informacijos serveriais, kurie gali serviruoti statinius failus.

Sistemos diegimas vykdomas išskleidžiant pateiktą diegimo paketą interneto informacijos serverio publikavimui skirtame kataloge vadovaujantis statinių failų publikavimo instrukcijomis, kurias pateikia interneto informacijos serverio kūrėjas.

3.10. Kokybės įvertinimas

3.10.1. Įvadas

Šiame skyriuje pateikiama tinklo avarijų valdymo sistemos „TAVSIS“ kokybės vertinimo ataskaita, pateikiami kokybės vertinimo rezultatai, išvados. Skyriuje pateikiamas palyginimas su tuo kas buvo planuota atlikti ir kas buvo atlikta. Taip pat pateikiami neišspręsti klausimai, kurie kilo sistemos kūrimo metu bei galimi sistemos patobulinimai.

3.10.2. Realiai atlikto darbo kokybės analizės tikslas

3.10.2.1. Funkcionalumo, veikimo logikos ir realizacijos klaidų aptikimas

Sistemos testavimo metu buvo surastos ir ištaisytos kuriamos programinės įrangos funkcionalumo bei logikos klaidos.

3.10.2.2. Patikrinti ar programų sistema atitinka reikalavimų specifikaciją

Sistemos atitikimas reikalavimų specifikacijai buvo patikrintas atliekant testavimo scenarijus.

3.10.2.3. Įsitikinti, ar programų sistema sukurta pagal standartus

Sistema buvo kuriama bei atitinka Kauno Technologijos Universiteto programos „Programų sistemų inžinerija“ standartus ir reikalavimus.

3.10.3. Kokybės vertinimo procesas

3.10.3.1. Peržiūros

Sistemos realizavimo pabaigoje atliekama apžvalga, kurios tikslas nustatyti projekto įgyvendinimo metu gautus sėkmingus sprendimus bei klaidas. Taip pat nustatyti geriausias praktikas, kurias būtų galima pritaikyti vystant šią sistemą ar įgyvendinant kitus projektus.

3.10.3.1.1. Interviu su užsakovu

Interviu su užsakovu buvo atliktas pristatant sukurtą sistemą. Buvo užfiksuoti Užsakovo pageidaujami patobulinimai bei aptartos Sistemos vystymo perspektyvos ateityje:

- Integruotas paraiškų žurnalų funkcionalumas;
- Automatinis avarijos ir tinklo elemento susiejimas;
- Suformatuotų ataskaitų generavimas Excel ir PDF formatu.

3.10.3.1.2. Projektavimo komandos narių peržiūrų aprašymas

Realizacijos pabaigoje buvo atliktas projektavimo metu naudotų technologijų įvertinimas bei pateiktos rekomendacijos kitų projektų įgyvendinimui:

- Programinės įrangos sprendimus kariamus su *XGBoost* karkasu sudėtingą pritaikyti gamybinėje aplinkoje;
- *ArcGIS API for JavaScript 4.x + Angular + Material Design* technologinis stekas gali būti sėkmingai naudojamas kitų projektų įgyvendinimui;
- Enterprise Architect programinė įranga tinkama ir gali būti naudojama kitų projektų įgyvendinimui.

3.10.3.1.3. Vaidmenys ir atsakomybė

Projekto dalyvių vaidmenys ir atsakomybė:

- Sistemos projektuotojas – Mantas Bukauskas;
- Sistemos programuotojas – Mantas Bukauskas;
- Sistemos testuotojas – Mantas Bukauskas;
- Sistemos analitikas – Mantas Bukauskas.

3.10.3.2. Formalios techninės peržiūros

Formalios techninės peržiūros metu buvo analizuojama kodo struktūra siekiant įvertinti ar programinis kodas parašytas optimaliai. Peržiūros metu buvo nustatyti ir atlikti pakeitimai bei optimizuotas programinis kodas.

3.10.4. Vertinimo rezultatai

Sistema atitiko visus jai keliamus reikalavimus. Taip pat įvertintas sistemos atitikimas žemiau lentelėje pateiktiems kriterijams.

19 lentelė. Sistemos kokybės įvertinimas

| Eil. Nr. | Pavadinimas | Apibūdinimas | Ar atitinka? |
|----------|---------------|--|--------------|
| 1 | Išplečiamumas | Turi būti galimybė sistemą plėsti įtraukiant papildomus modulius. | Taip |
| 2 | Stabilumas | Sistema turi veikti stabiliai nereikalaujama sistemos perkrovimo. | Taip |
| 3 | Patikimumas | Sistema turi veikti be sutrikimų esant geram interneto ryšiui, o sutrikus ryšiui su serveriu – turi apie tai informuoti naudotoją. | Taip |
| 4 | Paprastumas | Sistema turi būti intuityvi. Naudotojai turi suprasti jos veikimo principą be papildomo apmokymo. | Taip |
| 5 | Saugumas | Sistema turi būti sukurta įvertinus tokių sistemų saugumo tendencijas. | Taip |
| 6 | Patrauklumas | Sistema turi būti patraukli naudotis. | Taip |
| 7 | Efektyvumas | Sistema turi efektyviai išnaudoti resursus. | Taip |

Be to kuriant sistemą buvo naudojami statinės analizės įrankiai – kompiliatorius ir kodo tikrinimo priemonės (*Lint*).

3.10.4.1. Reali atlikto darbo kaina

Projektas įgyvendintas neatlygintinai.

3.10.4.2. Darbo našumas

Projektas įgyvendintas pagal numatytą tvarkaraštį.

3.10.5. Išvados

Sukurta sistema atitinka jai keliamus kokybės reikalavimus.

4. Prižiūravimo mokymosi algoritmų palyginamasis tyrimas

4.1. Įžanga

Mašininiam mokyme, siekiant nustatyti, kurį modelį pasirinkti, dažnai atliekamas įvairių modelių tyrimas. Magistro projekto kūrimo metu toks tyrimas nebuvo atliktas įvertinus pasirinkto modelio pranašumus prieš kitus modelius. Todėl šį tyrimą nusprendėme atlikti magistro baigiamąjo darbo metu.

4.2. Tikslas

Šio tyrimo tikslas – nustatyti ar magistro projekto realizacijai buvo pasirinktas geriausias galimas mašininio mokymosi modelis (*XGBoost*) bei ištestuoti kitus mašininio mokymosi klasifikavimo algoritmus panaudojant apmokymo duomenis gautus magistro projekto metu.

Nustačius, ne mažesnę nei 5% modelio ploto po ROC kreive charakteristikos pagerėjimą - magistro projekte naudotas modelis bus pakeistas geresniu.

4.3. Tyrimo eiga

Tyrimui atlikti naudosime magistro projekto metu gautus apmokymo ir testavimo duomenis, kurie sudaryti apjungiant termofikacinio tinklo avarijų, vamzdžio segmentų ir orų duomenis. Žemiau pateikiami rezultatai gauti su testavimo duomenimis.

Šiuos apmokymo duomenis panaudosime apmokant tiriamus modelius bei testuojant jų rezultatus.

Kadangi *scikit-learn* karkase yra realizuoti daugelis populiariausių mašininio mokymosi modelių, tinkamų klasifikavimo uždaviniams spręsti, tyrimas bus atliekamas naudojant *scikit-learn* karkasą.

Modelių palyginimui naudosime taiklumo (angl. *accuracy*), tikslumo (angl. *precision*), atspėjamumo (angl. *recall*) ir ploto žemiau ROC kreivės (toliau AUC) rodiklius.

Kadangi AUC rodiklis geriausiai atspindi mūsų modelio tikslus, be to yra tinkamas modelių tarpusavio palyginimui [21], jis bus naudojamas, kaip lemiamas veiksnys nusprendžiant ar modelis yra geresnis už mūsų naudotą ar ne.

4.4. Klasifikavimo modelių rezultatai

4.4.1. Magistro projekte naudoto modelio rezultatai (*XGBoost*)

Magistro projekto realizacijai buvo naudojamas ekstremalus gradiento stiprinimo metodas (angl. *eXtreme Gradient Boosting*, *XGBoost*). Todėl tyrimo metu tikrinsime ar kiti metodai pranoksta šį modelį.

Žemiau pateiktoje lentelėje pateikti naudojant šį modelį gauti rezultatai.

20 lentelė. XGBoost modelio rezultatai

| | |
|--------------|-------|
| Taiklumas | 0,754 |
| Tikslumas | 0,398 |
| Atspėjamumas | 0,921 |

| | |
|-----|-------|
| AUC | 0,901 |
|-----|-------|

4.4.2. Tiesinės regresijos klasifikatoriaus

Šio klasifikatoriaus pagrindą sudaro tiesinės regresijos modelis, kuris apmokymo metu nustato tinkamiausius tiesinės lygties koeficientus, kad klaidos kvadratas būtų mažiausias. Žemiau pateiktoje lentelėje pateikti naudojant šį modelį gauti rezultatai.

21 lentelė. Tiesinės regresijos modelio rezultatai

| | |
|--------------|-------|
| Taiklumas | 0,733 |
| Tikslumas | 0,38 |
| Atspėjamumas | 0,949 |
| AUC | 0,857 |

4.4.3. Artimiausių kaimynų modelis (kNN)

Artimiausių kaimynų klasifikatoriaus nustato nežinomą įrašo klasę pagal tam tikrą skaičių artimiausių to įrašo kaimynų. Kiek kaimynų naudoti nustatoma bandymo būdu. Gautas optimalus kaimynų skaičius – 24.

22 lentelė. Artimiausių kaimynų modelio rezultatai

| | |
|--------------|-------|
| Taiklumas | 0,653 |
| Tikslumas | 0,316 |
| Atspėjamumas | 0,927 |
| AUC | 0,818 |

4.4.4. Atraminių vektorių modelis (SVM)

Atraminių vektorių klasifikatoriaus modelio principas yra tas, kad apmokymo metu modelis suranda plokštumą, kuri geriausiai atskiria skirtingos klasės įrašus išplėstoje erdvėje su begaliniu dimensijų skaičiumi. Plokštuma brėžiama vienodu atstumu tarp kraštinių skirtingų klasių įrašų. Žemiau pateiktoje lentelėje pateikti šio modelio gauti rezultatai.

23 lentelė. Palaikančių vektorių modelio rezultatai

| | |
|--------------|--------|
| Taiklumas | 0,7922 |
| Tikslumas | 0,431 |
| Atspėjamumas | 0,785 |
| AUC | 0,859 |

4.4.5. Atsitiktinis sprendimų miškas (Random Forest)

Atsitiktinio sprendimų miško klasifikatoriaus modelio principas tas, kad apmokymo metu sudaroma daug atsitiktinių sprendimų medžių, kurių kiekvienas sprendžia kokias klasesi priklauso įrašas. Pagal

gautus rezultatus sukuriamas sprendimų miško ansamblis, kuris pagal įrašo atributus nustato kuriai klasei jis priklauso. Žemiau pateiktoje lentelėje pateikti šio modelio rezultatai.

24 lentelė. Atsitiktinio sprendimų miško modelio rezultatai

| | |
|--------------|-------|
| Taiklumas | 0,693 |
| Tikslumas | 0,333 |
| Atspėjamumas | 0,840 |
| AUC | 0,829 |

4.4.6. Gradiento stiprinimas

Gradiento stiprinimo (angl. *gradient boosting*) klasifikatoriaus modelis detalizuotas 1.4.2.2 skyriuje. Žemiau pateiktoje lentelėje pateikti šio modelio rezultatai.

| | |
|--------------|-------|
| Taiklumas | 0,763 |
| Tikslumas | 0,410 |
| Atspėjamumas | 0,958 |
| AUC | 0,907 |

4.4.7. Daugiasluoksnis perceptrono modelio (MLP)

Daugiasluoksnio perceptrono modelis yra dirbtinių neuroninių tinklų modelis sudarytas iš ne mažiau kaip trijų sluoksnių: įvesties sluoksnio, paslėpto sluoksnio ir išvesties sluoksnio. Paslėptus sluoksnius ir išvesties sluoksnį sudaro neuronai su netiesinėmis aktyvacijos funkcijomis, kurios nustatomos apmokymo metu. Pagal šių funkcijų rezultatus nustatoma, kuriai klasei priklauso nagrinėjamas įrašas. Žemiau pateiktoje lentelėje pateiktas šio modelio rezultatas.

25 lentelė. Daugiasluoksnio perceptrono modelio rezultatai

| | |
|--------------|-------|
| Taiklumas | 0,839 |
| Tikslumas | 0,516 |
| Atspėjamumas | 0,547 |
| AUC | 0,876 |

4.5. Tyrimo rezultatai

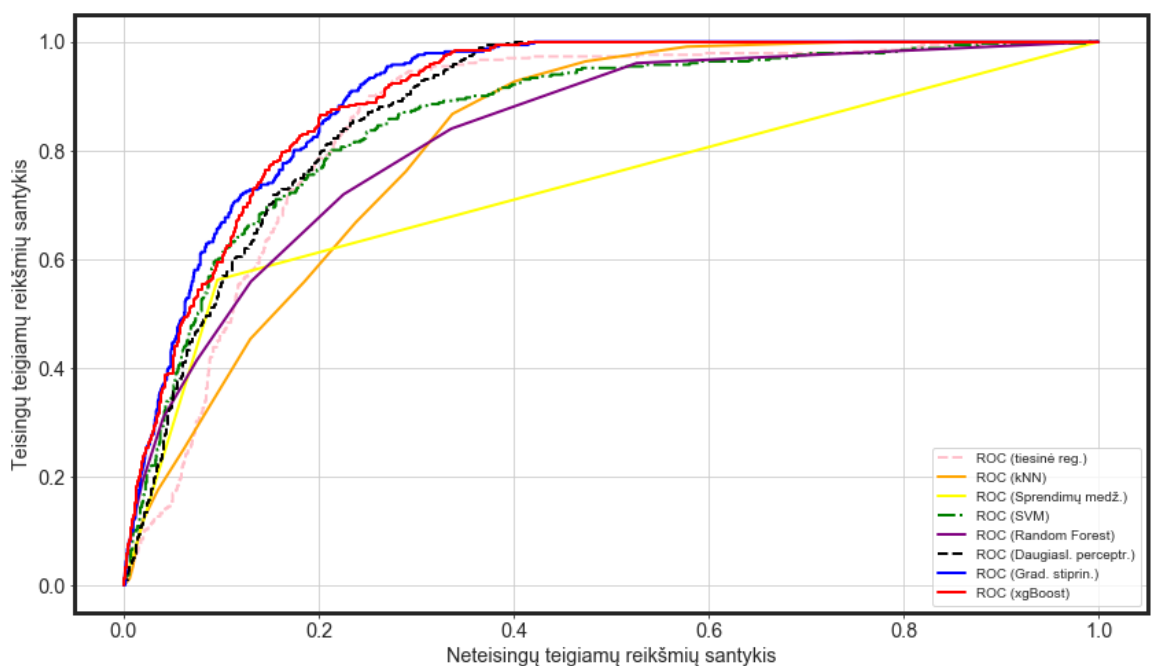
Žemiau pateiktoje lentelėje pateiktas visų tirtų modelių charakteristikų palyginimo rezultatas bei apskaičiuotas modelio charakteristikų pokytis tarp magistro projekto metu naudoto modelio ir tirtu modelio.

26 lentelė. Modelių rezultatų palyginamoji lentelė

| Modelis | Taiklumas (pokytis) | Tikslumas (pokytis) | Atspėjamumas (pokytis) | AUC plotas (pokytis) |
|---------|---------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
|---------|---------------------|---------------------|------------------------|----------------------|

| Magistro projekto metu naudotas modelis (XGBoost) | 0,754 | 0,398 | 0,921 | 0,901 |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tiesinės regresijos (angl. <i>linear regression</i>) | 0,733 (-0,021) | 0,380 (-0,018) | 0,949 (+0,028) | 0,857 (-0,044) |
| K artimiausių kaimynų (angl. <i>k – Nearest Neighbors, kNN</i>) | 0,653 (-0,101) | 0,316 (-0,082) | 0,927 (+0,006) | 0,818 (-0,083) |
| Sprendimų medžių (angl. <i>Decision Trees</i>) | 0,847 (+0,093) | 0,539 (+0,141) | 0,562 (-0,359) | 0,733 (-0,168) |
| Palaikančių vektorių (angl. <i>Supported Vector Machines, SVM</i>) | 0,792 (+0,038) | 0,432 (+0,034) | 0,431 (-0,49) | 0,859 (-0,042) |
| Atsitiktinio sprendimų miško (angl. <i>Random Forest</i>) | 0,693 (-0,061) | 0,333 (-0,065) | 0,840 (-0,081) | 0,829 (-0,072) |
| Gradiento stiprinimo (angl. <i>Gradient Boosting</i>) | 0,763 (+0,09) | 0,410 (+0,012) | 0,958 (+0,037) | 0,907 (+0,006) |
| Daugiasluoksnių perceptrono (angl. <i>Multi-layer Perceptron, MLP</i>) | 0,839 (+0,085) | 0,516 (+0,118) | 0,547 (-0,374) | 0,876 (-0,025) |

Žemiau pateiktame grafike pateiktos visų tirtų modelių ROC kreivės.



57 pav. Tirtų modelių ROC kreivių grafikas

4.6. Tyrimo išvados

Išanalizavus gautus rezultatus nustatėme, kad *scikit-learn* karkase realizuotas gradiento stiprinimo modelis veikia šiek tiek geriau nei magistro projekte naudotas *XGBoost* modelis (AUC plotas padidėjo 0,006). Visgi nustatytas pagerėjimas yra palyginus nedidelis (~0,7%), todėl magistro projekto metu įdiegtas *XGBoost* modelis nebus keičiamas.

5. Eksperimentinė dalis

5.1. Įžanga

Šiame skyriuje aprašomas realiai įvykusių avarijų termofikaciniame tinkle eksperimentas ir jo rezultatai. Eksperimento metu buvo tikrinama ar sukurtam mašininio mokymosi modeliui pavyks aptikti nuo 2019 metų gruodžio mėn. iki 2020 gegužės mėn. įvykusias termofikacinio tinklo avarijas.

5.1.1. Tikslas

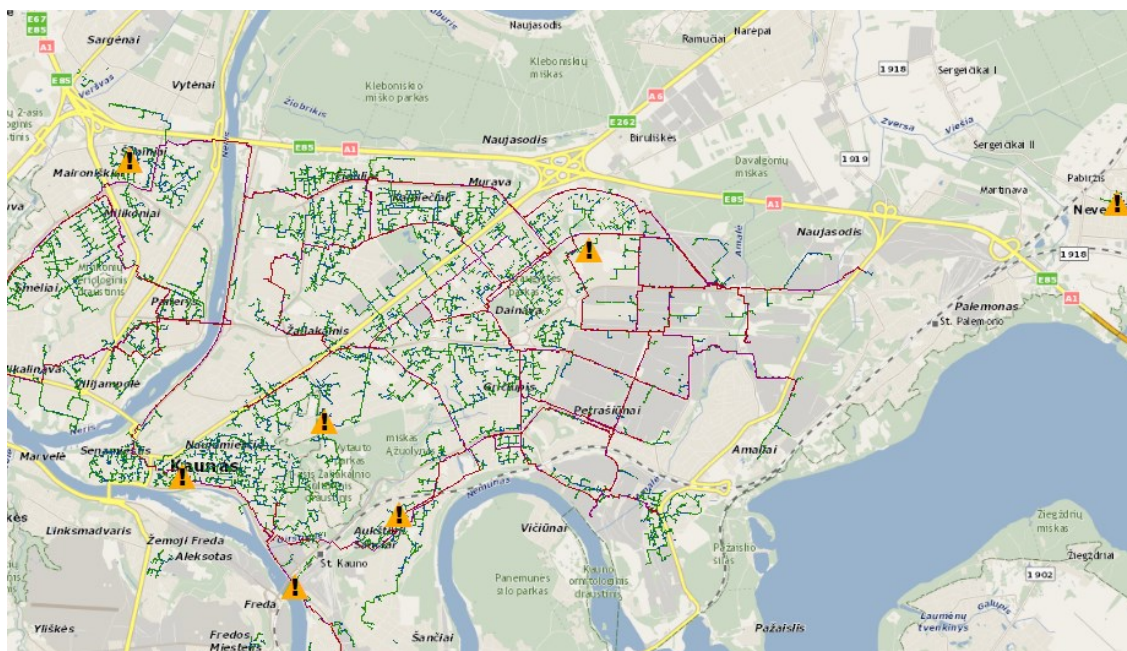
Atliekamo eksperimento tikslas – nustatyti ar gautas termofikacinio tinklo avarijų modelis geba aptikti termofikacinio tinklo vamzdžių segmentus, kuriuose nagrinėjamu laikotarpiu įvyko avarijos.

5.2. Duomenys

Nagrinėjamu laikotarpiu nuo 2019 metų lapkričio mėn. 1 d. iki 2020 metų gegužės mėn. 10 d. įvyko 7 avarijos. Šešios iš jų įvyko Kauno miesto termofikaciniuose tinkluose, o viena Neveronių termofikaciniame tinkle. Pagal registruotą avarijos vietą naudojant geografinę sankirtą buvo identifikuoti vamzdžio segmentai, kuriuose įvyko minėtos avarijos.

Taip pat nagrinėjamu laikotarpiu buvo gauti orų archyviniai duomenys, kurie buvo susieti su avarijos laiku pagal avarijos pastebėjimo laiką. Darant prielaidą, kad avarijos įvyko anksčiau nei jos buvo pastebėtos prognozavimui buvo naudojamas avarijos laikas be minučių.

Žemiau pateiktame paveikslėlyje parodytas nagrinėjamu laikotarpiu įvykusių avarijų žemėlapis. Avarijos pažymėtos oranžiniu trikampiukiu su šauktuku jo viduryje.

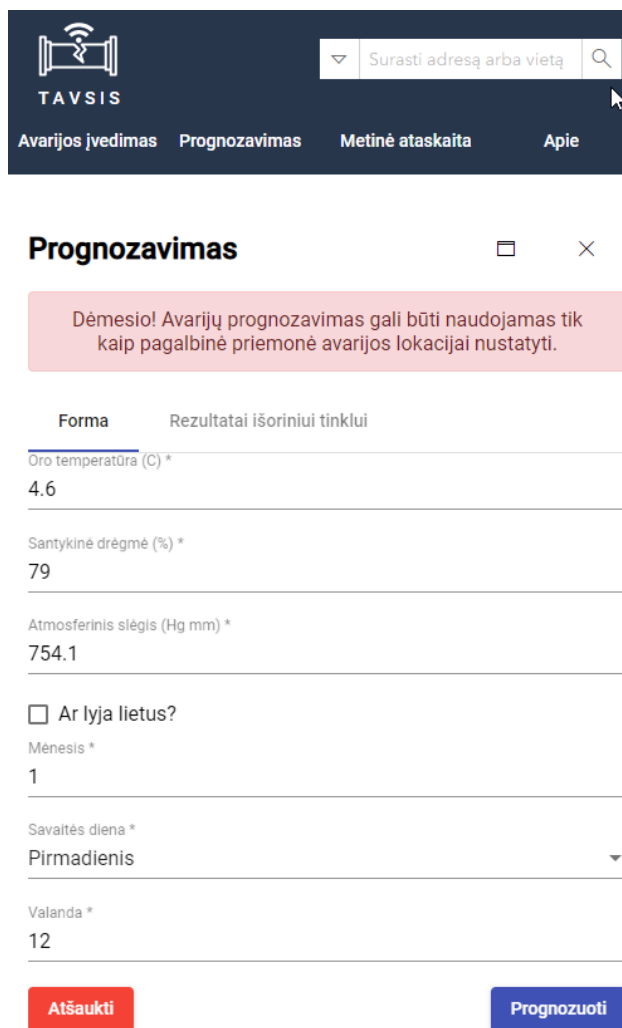


58 pav. Tiriamuoju laikotarpiu įvykusių termofikacinio tinklo avarijų žemėlapis

5.3. Eksperimento eiga

Eksperimento metu į sukurta sistemą „TAVSIS“ buvo įvedami realiai įvykusių avarijų duomenys: avarijos mėnesis, avarijos valanda, savaitės diena, oro temperatūra, santykinė drėgmė, atmosferinis slėgis, ar avarijos metu lijo.

Žemiau pateiktame paveikslėlyje parodyta trūkusių vamzdžių prognozavimo forma „TAVSIS“ sistemoje. Eksperimento metu į šią formą buvo įvedami avarijos prognozavimo duomenys.



TAVSIS

Surasti adresą arba vietą

Avarijos įvedimas Prognozavimas Metinė ataskaita Apie

Prognozavimas

Dėmesio! Avarijų prognozavimas gali būti naudojamas tik kaip pagalbinė priemonė avarijos lokacijai nustatyti.

| Forma | Rezultatai išoriniui tinklui |
|--|------------------------------|
| Oro temperatūra (C) * | 4.6 |
| Santykinė drėgmė (%) * | 79 |
| Atmosferinis slėgis (Hg mm) * | 754.1 |
| <input type="checkbox"/> Ar lyja lietus? | |
| Mėnesis * | 1 |
| Savaitės diena * | Pirmadienis |
| Valanda * | 12 |

Atšaukti Prognozuoti

59 pav. Trūkusių vamzdžio segmentų prognozavimo forma

Gavus prognozės rezultatus buvo nustatoma vamzdžio segmento, kuriame realiai įvyko avarija, pozicija sąrašė, surūšiuotame pagal prognozuojamą avarijos tikimybę. Eksperimento rezultatai buvo fiksuojami lentelėje, kuri pateikta eksperimento rezultatus aprašančiame skyriuje.

5.4. Eksperimento rezultatai

Žemiau pateiktoje lentelėje pateikti eksperimento įvesties duomenys ir gauti rezultatai. Tirtame sąraše iš viso buvo 22 547 išorėje pakloti vamzdžio segmentai.

27 lentelė. Magistro baigiamojo darbo eksperimento rezultatai

| Avarijos data | Avarijos laikas (prognoz. laikas) | Savaitės diena | Oro temperatūra, °C | Santykinė drėgmė, % | Atmosferinis slėgis, Hg mm | Ar lijo? | Trūkusio segmento ID | Segmento eil. Nr. sąraše |
|---------------|--------------------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|----------|-------------------------|-----------------------------|
| 2019-11-27 | 15:57 (15:00) | III | 0,4 | 98 | 755,83 | Ne | 14942 | 6157 |
| 2020-01-15 | 12:48 (12:00) | III | 4,6 | 79 | 754,1 | Ne | 10135 | 12830 |
| 2020-02-03 | 13:51 (13:00) | I | 3,9 | 70 | 748,93 | Ne | 163753 | 6351 |
| 2020-02-10 | 10:21 (10:00) | I | 2,7 | 95 | 738,07 | Taip | 10575 | 10208 |
| 2020-02-10 | 12:53 (12:00) | I | 4,17 | 91 | 737,3 | Taip | 15 | 11557 |
| 2020-05-08 | 12:56 (12:00) | V | 12,1 | 50 | 763 | Ne | 160534 | 13673 |
| 2020-05-08 | 21:32 (21:00) | V | 12,7 | 59 | 760,6 | Ne | 110826 | 21269 |

5.5. Eksperimento išvados

Atlikus eksperimentą su įvykusiomis avarijomis nagrinėjamu laikotarpiu matyti, kad termofikacinio tinklo segmentai, kuriuose įvyko avarija, nepateko tarp segmentų turinčių didžiausią avarijos grėsmės lygį prie duotų prognozavimo sąlygų. Modelio tikslumas trūkusių vamzdžių segmentų lokalizacijai nėra pakankamas, jį reiktų tobulinti.

Pagrindinės tobulinimo kryptys gali būti šios:

- apmokymui naudojamų duomenų apimties didinimas;
- apmokymui naudojamų duomenų kokybės gerinimas;
- modelio parametrų tolimesnis optimizavimas;
- susijusių duomenų rinkinių išplėtimas;
- kitų (dar netirtų) mašininio mokymosi modelių tyrimai;
- naujų duomenų surinkimas ir įtraukimas.

Išvados

1. Magistro projekto metu buvo suprojektuota, sukurta ir Užsakovui – įmonei AB „Kauno energija“ – įdiegta Tinklo avarijų valdymo geografinė informacinė sistema „TAVSIS“, kuri veikia saityno technologijų pagrindu.
2. Sistema buvo realizuota naudojant modernias *Python*, *TypeScript* programavimo kalbas, *scikit-learn*, *XGBoost*, *ArcPy*, *Angular*, *Material Design*, *ArcGIS API for Javascript* programavimo karkasus bei *Esri ArcGIS Enterprise* platformą.
3. Analizės metu apžvelgus mokslines publikacijas bei panašių darbų rezultatus buvo nuspręsta „TAVSIS“ sistemos kūrimo metu iširti galimybes pritaikyti vieną iš prižiūrimo mašininio mokymosi algoritmų siekiant lokalizuoti termofikaciniame tinkle trūkusius vamzdžių segmentus.
4. Magistro baigiamajame darbe atlikto tyrimo metu buvo rasta tikslesnė mašininio mokymosi modelio realizacija. Tačiau dėl nedidelio pagerėjimo (AUC +0,7%) buvo nuspręsta nekeisti magistro projekto sistemos modelio atliekančio trūkusių termofikacinio tinklo vamzdžio segmentų lokalizaciją.
5. Magistro baigiamojo darbo eksperimento metu buvo tirti naujai užfiksuoti termofikacinio tinklo avarijų atvejai. Eksperimento metu nustatyta, kad naudojamo mašininio mokymosi modelio tikslumas nėra pakankamas norint tiksliai lokalizuoti pažeistą termofikacinio tinklo vamzdžio segmentą.
6. Pagrindinės mašininio mokymosi modelio tobulinimo kryptys gali būti šios:
 - apmokymui naudojamų duomenų apimties didinimas;
 - apmokymui naudojamų duomenų kokybės gerinimas;
 - modelio parametrų tolimesnis optimizavimas;
 - susijusių duomenų rinkinių išplėtimas;
 - kitų (dar netirtų) mašininio mokymosi modelių tyrimai;
 - naujų duomenų surinkimas ir įtraukimas.

Literatūros sąrašas

1. DIMENSIONS [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-11-02]. Prieiga per: <https://www.dimensions.ai>.
2. WANG, Rui ir kiti. *Pipe failure prediction: A data mining method*. In: 2013, IEEE 29th International Conference on Data Engineering (ICDE). IEEE, 2013. p. 1208-1218. Prieiga per: doi: <https://doi.org/10.1109/ICDE.2013.6544910>
3. SHI, Fang, Zheng LIU, and Eric LI. *Prediction of pipe performance with ensemble machine learning based approaches*. In: 2017 International Conference on Sensing, Diagnostics, Prognostics, and Control (SDPC). IEEE, 2017. p. 408-414. Prieiga per: doi: <https://doi.org/10.1109/SDPC.2017.84>
4. WINKLER, Daniel ir kiti. *Pipe failure modelling for water distribution networks using boosted decision trees*. Structure and Infrastructure Engineering, 2018, 14.10: 1402-1411. Prieiga per: doi: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15732479.2018.1443145?needAccess=true>
5. MÅNSSON, Sara ir kiti. *A machine learning approach to fault detection in district heating substations*. Energy Procedia, 2018, 149: 226-235. Prieiga per: Science Direct.
6. VALINČIUS, Mindaugas ir kiti. *Integrated assessment of failure probability of the district heating network*. Reliability Engineering & System Safety, 2015, 133: 314-322. Prieiga per: Science Direct.
7. WILSON, Daniel. *Using Machine Learning to Predict Car Accident Risk* [interaktyvus]. 2018, [žiūrėta 2018-10-01]. Prieiga per: <https://medium.com/geoai/using-machine-learning-to-predict-car-accident-risk-4d92c91a7d57>
8. YUAN, Zhuoning ir kt. *Predicting traffic accidents through heterogeneous urban data: A case study*. In: Proceedings of the 6th International Workshop on Urban Computing (UrbComp 2017), Halifax, NS, Canada. 2017. Prieiga per: <http://urbcomp.ist.psu.edu/2017/papers/Predicting.pdf>
9. BISHOP, Christopher M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer-Verlag New York. Inc. Secaucus, NJ, USA, 2006.
10. VAN LOON, Ronald. *Machine Learning Explained: Understanding Supervised, Unsupervised, and Reinforcement Learning* [interaktyvus]. 2018, [žiūrėta 2018-11-03]. Prieiga per: <https://datafloq.com/read/machine-learning-explained-understanding-learning/4478>
11. FRIEDMAN, Jerome; HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert. *The elements of statistical learning*. New York: Springer series in statistics, 2001.
12. KUMAR, Niraj. *Random Forest Algorithm, An Interactive Discussion* [interaktyvus]. 2016, [žiūrėta 2018-11-30]. Prieiga per: <https://www.linkedin.com/pulse/random-forest-algorithm-interactive-discussion-niraj-kumar/>
13. McDONALD, Conor. *Machine learning fundamentals (I): Cost functions and gradient descent* [interaktyvus]. 2017, [žiūrėta 2018-11-30]. Prieiga per: <https://towardsdatascience.com/machine-learning-fundamentals-via-linear-regression-41a5d11f5220>
14. JOHANSSON, Richard. *Applied Machine Learning. Boosting* [interaktyvus]. 2018, [žiūrėta 2018-11-30]. Prieiga per: http://www.cse.chalmers.se/~richajo/dit866/lectures/16/16_1.pdf
15. KOJOUHAROV, Stefan. *Cheat Sheets for AI, Neural Networks, Machine Learning, Deep Learning & Big Data* [interaktyvus]. 2017, [žiūrėta 2018-11-27]. Prieiga per: <https://becominghuman.ai/cheat-sheets-for-ai-neural-networks-machine-learning-deep-learning-big-data-678c51b4b463>

16. *XGBoost Documentation* [interaktyvus]. 2018, [žiūrėta 2018-11-11]. Prieiga per: <https://xgboost.readthedocs.io/en/latest/>
17. *ArcGIS Pro* [interaktyvus]. 2018, [žiūrėta 2018-12-01]. Prieiga per: <https://www.hnit-baltic.lt/arcgis-pro/>
18. *Jupyter Notebook* [interaktyvus]. 2018, [žiūrėta 2018-12-01]. Prieiga per: <http://jupyter.org/>
19. *What is ArcPy?* [interaktyvus]. 2018, [žiūrėta 2018-12-01]. Prieiga per: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/arcpy/get-started/what-is-arcpy-.htm>
20. BARBER, David. *Machine Learning. A Probabilistic Approach* [interaktyvus]. 2006. Prieiga per: http://files.is.tue.mpg.de/hjhuang/ebook/mlgm_epfl_book.pdf
21. POWERS, David Martin. *Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation*. J. Mach. Learn. Technol, vol. 2, pp. 2229–3981, 01 2011. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.9735/2229-3981>

Informacijos šaltinių sąrašas

1. Archyviniai orų duomenys iš orų stotelės Kauno mieste, *Reliable Prognosis*, prieiga internete: https://rp5.ru/Weather_archive_in_Kaunas

Priedai

1 Programų sistemos perdavimo – priėmimo aktas

PROGRAMŲ SISTEMOS PERDAVIMO-PRIĖMIMO AKTAS

201 9 m. gruodžio 30 d.

| UŽSAKOVAS | VYKDYTOJAS |
|--|--|
| AB „Kauno energija“ Įmonės kodas: 235014830 PVM mok. kodas: LT350148314 Adresas: Raudondvario pl. 84, Kaunas | Mantas Bukauskas El. pašto adresas: ingenium3@gmail.com Tel.: +370 673 07823 |

1. Vykdytojas perduoda, o Užsakovas priima šią programinę įrangą:

| Pavadinimas | Mat. vien. | Kiekis | Kaina, Eur | Suma, Eur |
|---|------------|--------|------------|-----------|
| Tinklo avarijų valdymo sistema „TAVSIS“ (https://gis.kaunoenergija.lt/tavsis) | vnt. | 1 | 0,0 | 0,0 |

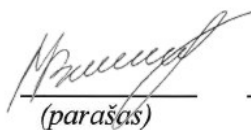
- Šiuo aktu sutarties šalys patvirtina, kad neturi viena kitai pretenzijų dėl šiame programų sistemos perdavimo – priėmimo akte nurodytų paslaugų kokybės.
- Aktas sudarytas dviem egzemplioriais – po vieną egzempliorių Vykdytojui ir Užsakovui.

VYKDYTOJAS:

UŽSAKOVAS:

Mantas Bukauskas

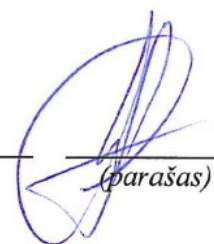
(vardas, pavardė)



(parašas)

AB „Kauno energija“
Tinklo valdymo skyriaus vadovas
Andrius Pupininkas

(vardas, pavardė)



(parašas)

Accident localization at the district heating network of Kaunas region using machine learning

Mantas Bukauskas
Faculty of Informatics
Kaunas University of Technology
Kaunas, Lithuania
mantas.bukauskas@ktu.edu

Mantas Lukoševičius
Faculty of Informatics
Kaunas University of Technology
Kaunas, Lithuania
mantas.lukosevicius@ktu.edu

Abstract—Machine learning is constantly gaining popularity in real life applications. And one of them is prediction of various real-life events that depend on a huge number of factors that are hard to evaluate. In this article we describe the process of applying XGBoost — one of supervised machine learning methods — to help in prediction and localization of accidents in the district heating network of Kaunas region. We also investigate the importance of the different factors for these events.

Index Terms—supervised machine learning, xgboost, district heating, accident localization

I. INTRODUCTION

In everyday operation centralised district heating company “Kauno energija” is supervising more than 900 kilometers of district heating networks that provide heating and hot water to 118 891 customers (as of the end of 2017) in Kaunas region.

Every year pipe breakages in the district heating network occur. In most of these times the district heating services must be stopped for the customers. And due to the aged infrastructure, it is difficult to determine where did the accident happen. The only sign of accident is often a critical pressure drop or a frequent refill of the heating water in the system. There are a lot of cases when repair teams are excavating the area but do not find the accident and sometimes small accidents cannot be found and are compensated by system refill.

When an accident happens any information that would help to determine its location is helpful. Due to the amount and complexity of factors that cause accidents it is difficult to predict them. There are some complex solutions with thermodynamic and hydro-mechanics models in the market, which allow to calculate pipe breakage, but they are hard to use in everyday work and require a lot of investments and learning efforts.

Also, a Web application for network accident management TAVSIS was developed and it seemed like a good idea to integrate accident localization algorithms within that system. All things considered, it was decided to create a tool for the heating network supervising personal. And supervised machine learning algorithms seemed as an inexpensive and valid option to help in the process of pipe breakage localization.

II. RELATED WORK ON ACCIDENT LOCALIZATION USING MACHINE LEARNING METHODS

We were able to find some similar studies where pipe break accidents were predicted using machine learning methods. In article [1] pipe breaks were predicted for water distribution network using pipe attributes and climatic data. The goal of the authors was to find pipes that can break soon to prioritize pipe replacements and repairs. Also different models are tested for best performance: RankBoost.B, Cox proportional hazard model, Naive Bayes, Logistic Regression and Artificial Neural Network. The provided results show that RankBoost.B is the most successful with AUC score of more than 0.85. In article [2] an ensemble of models are used to predict water utility pipeline condition. As input the authors use physical pipe attributes, environmental data, and operational factors. Another article [3] describes pipe failure modelling for water distribution networks using boosted decision trees. To predict pipe failures authors use AdaBoost, RUSBoost, Random Forest, and Decision Tree models.

Although the mentioned articles describe similar methodology there are some major differences to our approach. First of all, we are targeting a district heating network. Secondly, we are using historic weather data as one of the inputs. And finally, we have a different goal - to locate pipe segment that have failed rather than analyse which pipes are most likely to fail in future.

As for a district heating network we were unable to find any related work. In article [4] authors use machine learning approach to detect faults by analysing temperature readings and some additional data from district heating substations. In article [5] authors use a completely different methodology - a deterministic-probabilistic structural integrity analysis to predict pipeline lifetime and probability of failure.

Our approach is more similar to real-time traffic accident localization approach described in articles: traffic accident prediction in the state of Utah (USA) [6]; predicting traffic accidents through heterogeneous urban data [7].

III. THE DATA

A. Accident records

In this study we analyze pipe breakage accidents (see Fig. 1) that happened from the January 2013 to September

3 **Sertifikatas patvirtinantis dalyvavimą konferencijoje**



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

This is to certify that

Mantas Bukauskas

delivered a presentation

„Accident Localization at Centralized District Heating
Network of Kaunas Region Using Machine Learning Methods“

in conference IVUS 2020, which took place in Kaunas,
on 23 April 2020.

Dean of Informatics Faculty



Rita Butkienė

Head of the Programme Committee



Audrius Lopata

23/04/2020

Kaunas

a

b