



Kauno technologijos universitetas
Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas

**Skubios pagalbos skyriaus proceso tyryba ir išvalgos jo
patobulinimui**
Baigiamasis magistro studijų projektas

Gabrielė Grabauskaitė
Projekto autorė

Prof. dr. Mantas VILKAS
Dr. Paulius DANĖNAS
Vadovai

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas
Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas

Skubios pagalbos skyriaus proceso tyryba ir išvalgos jo patobulinimui

Baigiamasis magistro studijų projektas
Didžiųjų verslo duomenų analitika (6213AX001)

Gabrielė Grabauskaitė
Projekto autorė

Prof. dr. Mantas VILKAS
Vadovas

Dr. Paulius DANĖNAS
Vadovas

Doc. dr. Egidijus Rybakovas
Recenzentas

**Prof. dr. Evaldas
VAIČIUKYNAS**
Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas
Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas
Gabrielė Grabauskaitė

Skubios pagalbos skyriaus proceso tyryba ir išvalgos jo patobulinimui

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektualinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Gabrielė Grabauskaitė

Patvirtinta elektroniniu būdu

Grabauskaitė, Gabrielė. Skubios pagalbos skyriaus proceso tyryba ir įžvalgos jo patobulinimui. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovai dr. Paulius Danėnas ir prof. dr. Mantas Vilkas; Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų kryptių grupė): Taikomoji matematika.

Reikšminiai žodžiai: skubios pagalbos skyrius, procesų tyryba, modelių atitikties patikra, svarbiausi našumo rodikliai, įžvalgos.

Kaunas, 2022. 89 p.

Santrauka

Didžiųjų duomenų tyrybos kontekste, vis daugiau veiklų yra nagrinėjamos, siekiant rasti įžvalgų, priimti duomenimis grįstas išvadas. Procesų tyryba paskutiniuosius 5 metus buvo vis labiau orientuota į procesų tobulinimą ir įžvalgų proceso optimizavimui paiešką [1]. Procesų aprašymas ir modeliavimas padeda apibūdinti veiksmus, reikalingus atlikti norint pasiekti konkretų rezultatą, jį atkartoti, nagrinėti ir tobulinti. Atitikties tyrimas leidžia rasti proceso atvejus, kai veiksmai yra atliekami efektyviau nei įprasta arba nukrypsta nuo proceso eigos ir vykdomas procesas nėra greitas ar kokybiškas. Proceso tobulinimo fazėje yra ieškoma svarbiausių našumo faktorių bei įžvalgų, kurios padėtų atsakyti į veiksmų seką apibūdinančius klausimus. Šie leidžia sudaryti įžvalgas, kurios padeda tobulinti procesą, suprasti jo veikimo principus ir priimti sprendimus, kurie yra paremti duomenimis.

Darbe yra siekiama aprašyti skubiosios pagalbos skyriuje vykstančius procesus, juos palyginti dviejų ligoninių kontekste. Taip pat, sudėtingame, nestruktūruotame procese išskiriami veiklos scenarijai, aprašomi svarbiausi našumo rodikliai. Tyrimui naudoti dviejų ligoninių skubiosios pagalbos skyrių duomenys nuo 2017 metų vasario, iki rugpjūčio mėnesio.

Atlikus tyrimą buvo nustatytos pagrindinės proceso veiklos įvykių registro duomenų savybės. Naudojantis euristiciniu bei neapibrėžtuoju proceso tyrybos algoritmas, veiksmų atlikimo tvarka buvo aprašyta, naudojantis proceso modeliui. Atitikties tikrinimo metodų pagalba, buvo nagrinėjami dažniausi bei rečiausiai įvykstantys veiklos scenarijai. Taip pat, atkreipiamas dėmesys į trumpiausius bei ilgiausius atvejus. Pastebima, jog didelis tyrimų kiekis gali būti perteklinis, siekiant nustatyti paciento diagnozę. Ilgiausiai trunkantys vizitai pasižymi tyrimų gausa, veiklos įvykių sekos neapibrėžtumu. Skubiosios pagalbos skyriuose vykstantys procesai kiekvienoje ligoninėje buvo klasterizuojami į 8 klasterius. Pirmojoje ligoninėje, daugiausiai atvejų atitinkantis klasteris parodo nesudėtingos būklės pacientų veiklas. Beveik 90% šių pacientų buvo rekomenduojamas gydymas namuose. Antrojoje ligoninėje, daugiausiai atvejų atitinkantis klasteris taip pat apibūdina nesudėtingos būklės pacientų veiklas. Šie atvejai buvo trumpesnės trukmės – vidutinis jų atlikimo laikas buvo 2,3 valandos. Remiantis modelių palyginimu, buvo nustatyti svarbiausi našumo rodikliai. Jie apibūdino: į skubiosios pagalbos skyrių grįžtančių pacientų procentą, vidutinį atliekamų tyrimų kiekį ir trukmę, mirusiųjų skaičių, procentą atvejų, kurie vyksta ilgiau nei parą. Taip pat buvo nagrinėjamas pacientų, palikusių ligoninę nepasibaigus gydymui kiekis, vidutinė apsilankymo ir nuo apžiūros iki gydymo rekomendacijų praėjusio laiko trukmė.

Grabauskaitė, Gabrielė. Emergency department process mining and insights for improvement. Master's Final Degree Project / supervisors dr. Paulius Danėnas and prof. dr. Mantas Vilkas; Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Applied Mathematics.

Keywords: emergency department, process mining, conformance checking, key performance indicators, insights.

Kaunas, 2022. 89 p.

Summary

Nowadays, more and more activities are being explored in the context of big data mining to gain insights and draw data-driven conclusions. Over the last 5 years, process mining has increasingly focused on operations improvement and the search of insights for process optimization [1]. Action description and modeling is helping to describe the steps required to achieve a specific result, replicate it, analyze it, and improve it. Conformance checking allows finding instances of a process, where the actions are performed more efficiently than usual or deviate from the procedure turning it into not as fast or of good quality. In the process improvement phase, key performance factors and insights are derived to help answer the questions that describe the actions. These provide insights that allow you to improve the process, understand how it works, and make data-driven decisions.

The aim of this work is to describe the processes taking place in the emergency department and compare them in the context of two hospitals. Also, in a complex and unstructured process, different scenarios are clustered and key performance indicators are described. Two hospital emergency departments data from February 2017 to August 2017 were used for the study.

Study identified the main features of the process activity event log. Using a heuristic and fuzzy miner algorithms, the order of events was described using a process model. With the help of conformance checking methods, the most and least common business scenarios were examined. Also, attention is paid to the most effective and longest cases. It is observed that many of laboratory or radiological tests may be redundant to establish a diagnosis of a patient. The longest visits are characterized by an excessive amount of research and uncertainty of the sequence of events. The processes taking place in the emergency departments in each hospital were clustered into 8 clusters. In the first hospital, the cluster with the highest number of cases shows the activities of patients with uncomplicated conditions. Nearly 90% of these patients were recommended for treatment at home. In the second hospital, the cluster with the highest incidence describes the activities of patients with uncomplicated conditions also. These cases were of shorter duration, with an average process time of 2.3 hours. Based on the comparison of the models, the key performance indicators were identified. They described: the percentage of patients returning to the emergency department, average number and duration of laboratory or radiological examinations performed, the number of deaths, the percentage of cases with a duration of more than a day. The average number of patients who left the hospital before the end of treatment and the average time between triage and discharge recommendations were also examined.

Turinys

Paveikslų sąrašas	7
Lentelių sąrašas.....	9
Įvadas.....	10
1. Literatūros apžvalga.....	12
1.1. Procesų tyryba	12
1.2. Procesų ir duomenų tyrybos sąsajos.....	13
1.3. Procesų tyrybos panaudojimo sritys.....	14
1.4. Verslo procesų modeliavimo notacija ir Petri tinklai	15
1.5. Našumo analizė.....	17
1.6. Svarbiausi našumo rodikliai	18
1.7. Procesų tyrybos iššūkiai	18
2. Metodų apžvalga.....	20
2.1. Alfa algoritmas	20
2.2. Euristinis procesų tyrimo algoritmas.....	22
2.3. Neapibrėžtas procesų tyrimo algoritmas	23
2.4. Priežastinių pėdsakų klasterizacija	24
2.5. Sprendimo taškų analizė.....	24
2.6. Butelio kaklelių tyryba	25
2.7. Metodų kokybės įvertinimo metodai.....	25
2.8. Metodų kokybės įvertinimo matai.....	27
3. Rezultatai.....	30
3.1. Duomenų aprašymas.....	30
3.2. Pagrindinės proceso statistikos.....	33
3.3. Modeliai.....	39
3.4. Modelių atitiktis.....	43
3.5. Veiklos proceso atvejų klasifikacija	52
3.6. Svarbiausi proceso našumo rodikliai.....	68
Išvados	70
Literatūros sąrašas	72
Priedai.....	76
1 priedas. Programos kodas.....	76

Paveikslų sąrašas

1 pav. Modelio sudarymo ir įvykių istorinių duomenų sąsajų tipai	12
2 pav. Procesų ir duomenų tyrybos sąsajos	13
3 pav. Proceso modelio kūrimo ciklas.....	14
4 pav. Procesų tyrybos panaudojimas.....	15
5 pav. Petri tinklas	16
6 pav. BPMN proceso modelis	17
7 pav. Procesų tyrybos etapai	21
8 pav. Mažos apimties ciklų identifikacija alfa algoritmu.....	21
9 pav. Priežastingumo grafikas.....	23
10 pav. Proceso modelio sudarymas.....	26
11 pav. Pėdsakų palyginimas.....	28
12 pav. Paciento amžiaus kintamojo histograma pirmojoje ir antrojoje ligoninėje	30
13 pav. Pacientų tolimesnės gydymo eigos skyrimas pirmojoje ligoninėje	31
14 pav. Pacientų tolimesnės gydymo eigos skyrimas antrojoje ligoninėje	32
15 pav. Skubiosios pagalbos skyriaus veiklų dažniai pirmojoje ligoninėje	33
16 pav. Skubiosios pagalbos skyriaus veiklų dažniai antrojoje ligoninėje.....	33
17 pav. Vidutinis veiklų kiekis skirtingais amžiaus tarpsniais pirmoje ligoninėje	34
18 pav. Vidutinis veiklų kiekis skirtingais amžiaus tarpsniais antroje ligoninėje.....	34
19 pav. Pacientų amžiaus ir atliekamų veiklų kiekio sklaidos diagrama pirmoje ligoninėje	35
20 pav. Pacientų amžiaus ir atliekamų veiklų kiekio sklaidos diagrama antroje ligoninėje	35
21 pav. Pacientų atliekamų veiklų kiekis pagal atvejų kiekį pirmoje ligoninėje	36
22 pav. Pacientų atliekamų veiklų kiekis pagal atvejų kiekį antroje ligoninėje.....	36
23 pav. Pacientų atliekamų skirtingų veiklų kiekis pirmoje ligoninėje.....	37
24 pav. Pacientų atliekamų skirtingų veiklų kiekis antroje ligoninėje	37
25 pav. Veiksmų pasiskirstymas pirmosios ligoninės skubios pagalbos skyriuje.....	38
26 pav. Veiksmų pasiskirstymas antros ligoninės skubios pagalbos skyriuje.....	38
27 pav. Skubios pagalbos teikimo procesas pirmojoje ligoninėje.....	40
28 pav. Supaprastintas skubios pagalbos teikimo procesas pirmojoje ligoninėje	41
29 pav. Skubios pagalbos teikimo procesas antrojoje ligoninėje	42
30 pav. Supaprastintas skubios pagalbos teikimo procesas antrojoje ligoninėje	43
31 pav. Veiklos pirmojoje ligoninėje, trukusios daugiau nei 30 dienų	44
32 pav. Veiklos antrojoje ligoninėje, trukusios daugiau nei 30 dienų.....	45
33 pav. Veiklos pirmojoje ligoninėje, truncančios mažiau nei 10 minučių	45
34 pav. Veiklos antrojoje ligoninėje, truncančios mažiau nei 10 minučių.....	46
35 pav. Rečiausiai atliekami procesai pirmojoje ligoninėje	47
36 pav. Rečiausiai atliekami procesai antrojoje ligoninėje	47
37 pav. Dažniausiai atliekami procesai pirmojoje ligoninėje.....	48
38 pav. Dažniausiai atliekami procesai antrojoje ligoninėje	49
43 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 50,78% veiklų	53
44 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 13,76% veiklų	54

45 pav. Pirmosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 10,05% veiklų	55
46 pav. Pirmosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 2,26% veiklų	56
47 pav. Pirmosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 2,06% veiklų	57
48 pav. Pirmosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 5,53% veiklų	58
49 pav. Pirmosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 4,09% veiklų	59
50 pav. Pirmosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 11,43% veiklų	60
51 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 35,43% veiklų.....	61
52 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 26,53% veiklų.....	62
53 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 4,1% veiklų.....	63
54 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 1,48% veiklų.....	64
55 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 0,56% veiklų.....	65
56 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 8,76% veiklų.....	66
57 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 1,64% veiklų.....	67
58 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 21,46% veiklų.....	68

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Pirmosios liginės veiklos įvykių registro priežastingumo pėdsakas.....	49
2 lentelė. Pirmosios liginės atliekamų veiklos įvykių modelio priežastingumo pėdsakas	50
3 lentelė. Antrosios liginės veiklos įvykių registro priežastingumo pėdsakas	51
4 lentelė. Antrosios liginės atliekamų veiklos įvykių modelio priežastingumo pėdsakas.....	51
5 lentelė. Svarbiausi proceso našumo rodikliai	69

Ivadas

Daugybė procesų yra pastebima tiek gamtos reiškiniuose, tiek ir žmogaus veikloje. Šie procesai apibrėžia nuo kasdienės ir įprastos veiklos atlikimo, iki sudėtingų rezultatų siekimo veiksmų grandinės. Jų aprašymas ir sistemizavimas padeda apibūdinti veiksmus, reikalingus atlikti norint pasiekti konkretų rezultatą, jį atkartoti, nagrinėti ir tobulinti. Tik nagrinėjant procesus, jų veikimą ir patobulinimo variantus, buvo pasiekti didieji pramonės išradimai. Jie leido pasidalyti darbus, juos atlikti greičiau, sunaudoti kuo mažiau žaliavų ir laiko. Visgi, procesai ne visados yra aiškiai struktūruoti. Didelę dalį vykstančių procesų yra sunku aiškiai apibūdinti, jų apibrėžimas yra komplikotas, atskiros veiksmų dalys yra persipynę. Šių procesų aprašymas yra nevienareikšmis, atskiras jų dalis kartais yra sunku išskirti ir apibūdinti. Veiksmų aprašymas, jų nagrinėjimas ir imliausių laikui dalių identifikavimas gali atnešti didelę naudą ne tik kasdieniame gyvenime, tačiau ir nagrinėjant verslo procesus. Veiksmų analizė padeda sutaupyti laiko, sumažintas krūvis darbuotojams leidžia jiems užsiimti veikla, kuri generuoja daugiau naudos ar pasitenkinimo. Šis verslo procesų identifikavimas, aprašymas ir jų optimizavimas bei panaudojimo galimybės yra nagrinėjamos tiek žmonių kasdienėje veikloje, tiek ir mokslininkų. Jie kuria metodus, kaip tiksliai įvardyti procesus, galimus ryšius tarp veiksmų ir jų generuojamą naudą. Šie metodai dažnai leidžia sutaupyti įmonės resursų, išauginti įmonės pelną, optimizuoti veiklą.

Procesų tyryba (angl. process mining) – pastaruojų metu besiformuojanti kiekybinė procesų tobulinimo perspektyva. Procesų tyryba apima metodus leidžiančius identifikuoti, analizuoti ir tobulinti procesus remiantis jų skaitmeniniais pėdsakais [2]. Veiksmų analizė šiuo metu yra taikoma aprašant įvykių sekas [3], užtikrinant procesų kokybę [4], priimant sprendimus, grįstus duomenimis [5] ir formuojant išvalgas apie procesą [6]. Būtent išvalgų formavimui yra skiriamas vis didesnis dėmesys [1]. Šios gali būti formuluojamos nagrinėjant pagrindines veiksmų statistikas, lyginant organizacijų procesų modelius ir pagrindinius jų našumo rodiklius.

Darbo tikslas: identifikuoti dviejų organizacijų veiklos procesų modelius, juos palyginti ir, išskyrus svarbiausius našumo rodiklius, pateikti išvalgas galimam proceso optimizavimui.

Šiam tikslui pasiekti buvo išsikelti uždaviniai:

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę, ištirti procesų paiešką ir jų eigos apibrėžimą naudojantis Petri tinklais, priklausomybės ir priešastingumo diagramomis.
2. Atlikus mokslinės literatūros analizę, susisteminti galimus procesų paieškos ir palyginimo metodus, apžvelgti jų privalumus bei trūkumus.
3. Atlikti empirinį tyrimą, siekiant nustatyti dviejų organizacijų procesų modelius pasitelkiant procesų tyrybos priėgą.
4. Išskirti dviejų organizacijų proceso tipus, naudojantis pėdsakų klasterizavimo algoritmais.
5. Palyginti dviejų organizacijų procesų veiklą, naudojantis sudarytais procesų šablonais, jų pagrindinėmis charakteristikomis.

Darbe pasitelkti dviejų skubios pagalbos ligoninių atvejai. Nagrinėjamų duomenų periodas apėmė nuo 2017 metų vasario iki rugpjūčio mėnesio. Pirmojoje ligoninėje buvo atlikta 30 046 proceso atvejų, antrojoje ligoninėje – 35 394. Darbe tiriami ligoninės kasdienėje aplinkoje vykstantys veiksmai -

skubiosios pagalbos teikimo pacientams procesas. Juose nustatomi įvykiai, kurie aprašomi naudojantis Petri tinklais, priklausomybės ir priežastingumo diagramomis. Tiriama veiksnių tarpusavio ryšiai, naudojantis neapibrėžtuju ir euristiniu proceso tyrimo algoritmais, ieškoma pagrindinių charakteristikų. Skubios pagalbos teikimo procesas yra lyginamas tarp dviejų ligoninių. Taip pat, nagrinėjamas veiksnių sekų kitimas, išskiriami veiksnių scenarijai, naudojantis priežastingumo pėdsakų klasterizacija. Yra gilinama į būdus aprašyti vykstančias veiklas ir jų eigos nagrinėjimo algoritmus, naudojantis atitikties tikrinimo algoritmais išskiriami tipiškiausi bei rečiausi proceso atvejai. Modeliuotas procesas detaliam nagrinėjimui, įvertinamos jo optimizavimo galimybės, gaunama nauda ir tinkamumas turimiems duomenims. Identifikuojamos pagrindinės modelio charakteristikos, jos naudojamos įžvalgoms apie modelį formuluoti. Aptariamas galutinis veiksnių modelis, jo galimybės pritaikyti realioje aplinkoje, galima nauda, trūkumai ir būdai, kaip šis modelis gali būti patobulintas.

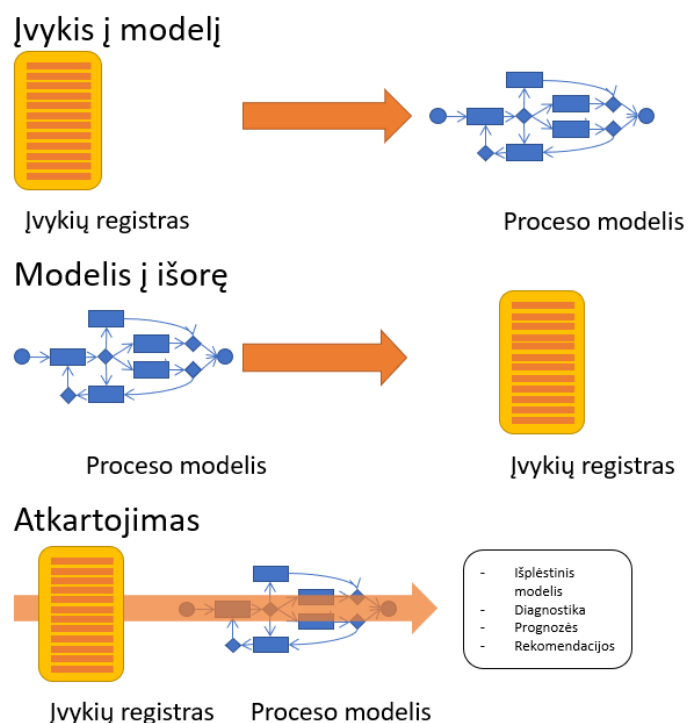
Pirmojoje darbo dalyje apžvelgiama literatūra bei egzistuojantys požiūriai, naudojami procesų tyrimoje, jų paieškoje. Taip pat, tiriama analizės būdai procesams atrasti, jiems aprašyti ir pritaikomumui kasdienėje veikloje studijuoti. Nagrinėjami pagrindiniai įvykių analizės tikslai, jų įgyvendinimo būdai, nauda bei iššūkiai pritaikant šiuos algoritmus realioje veikloje. Antrojoje darbo dalyje aprašomas tyrimo metodologinis pagrindimas – aptariama tyrimo problema, objektas bei hipotezė. Taip pat, aprašomi tyrimo etapai, tyrimo imtis, teoriniai ir empiriniai tyrimo metodai bei jų naudojimo pagrindimas. Trečioje darbo dalyje atliktas procesų nustatymo tyrimas, vertinamas jo tikslumas, nauda kasdienėje veikloje. Procesai lyginami atliekant juos skirtingomis aplinkybėmis ir tarp skirtingų ligoninių, vertinamas jų efektyvumas. Aptariamos proceso optimizavimo galimybės, nauda ligoninei ir galimi iššūkiai veiklos eigoje.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Procesų tyryba

Procesų tyryba (angl. process mining) Gartner įmonės yra apibrėžiami metodai, kurie skirti atrasti, tirti ir pagerinti realius procesus, nagrinėjant prieinamus informacinių sistemų duomenis, iš įvykių istorijos informacijos [2]. Šis veiksmų apibendrinimas leidžia suprasti resursus, reikalingus veiklai atlikti, galimus trūkumus bei privalumus visos veiksmų eigos. Metodai dažnai yra siejami su duomenų tyrybos (angl. data mining) metodais. Nors tiek procesų, tiek ir duomenų tyrybos metodai naudoja panašius algoritmus analizei, procesų tyryboje duomenys yra orientuoti į atliekamus veiksmus ir jų eigą. Šiems duomenims yra svarbios laiko žymos (angl. timestamp). Jos leidžia identifikuoti, kada prasidėjo ir kada pasibaigė procesas, kurios jo dalys užėmė ilgiausią ar trumpiausią laiką. Tai yra svarbu, norint išnagrinėti veiksmų sąsajas, priimti sprendimus, kurie bus svarbūs verslo raidai.

Yra trys santykių tarp modelio sudarymo ir įvykių istorinių duomenų sąsajų tipai (1 pav.): modelio į išorę (angl. play – out), įvykio į modelį (angl. play – in) ir atkartojimo (angl. replay). Modelio į išorę tyrimo metu, pirmiausia yra sudaromas modelis, vėliau yra nagrinėjami įvykiai, kurie gali įvykti šio modelio atlikimo metu. Įvykio į modelį tyrimo metu yra nagrinėjami jau įvykę veiksmai ir jų sekos. Iš atliekamų veiksmų sekos ir galimybių veiksmams atlikti yra sudaromas modelis, apibrėžiantis įvykių galimybes ir jų seką. Atkartojimo tyrimo metodai yra skirti atkurti modeliuotą procesą realiuose įvykiuose, iširti modelio ir realių įvykių sekas ir jų nukrypimą nuo modelio. Šie metodai dažnai yra naudojami, siekiant nustatyti realaus proceso nukrypimus nuo modelio [7]. Jie padeda diagnozuoti atitikties problemas bei galimus proceso variantus.



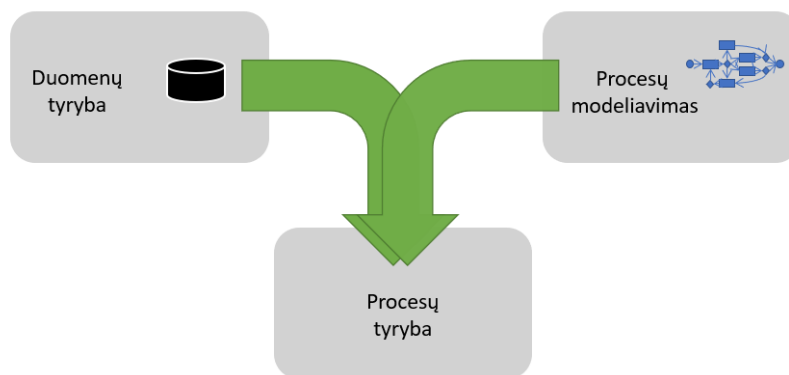
1 pav. Modelio sudarymo ir įvykių istorinių duomenų sąsajų tipai

1.2. Procesų ir duomenų tyrybos sąsajos

Tiek duomenų tyrybos, tiek ir procesų tyrybos metodai dažnai yra pritaikomi verslo aplinkoje. Dėl to, šios dvi sritys dažnai yra prilyginamos viena kitai (2 pav.). Metodų panašumas, kartais netgi procesų nagrinėjimo objektas, šias dvi sritis susieja viena su kita. Kaip teigia A. Tiwari ir C. J. Turner, daugelis duomenų tyrybos metodų yra taikoma ir procesų tyryboje [8]. Šie mokslininkai išskiria, jog procesų tyryboje dažniausiai yra naudojami:

- genetiniai algoritmai;
- specifiniai algoritmų požiūriai;
- Markovo algoritmai;
- neuroniniai tinklai;
- klasterinė analizė.

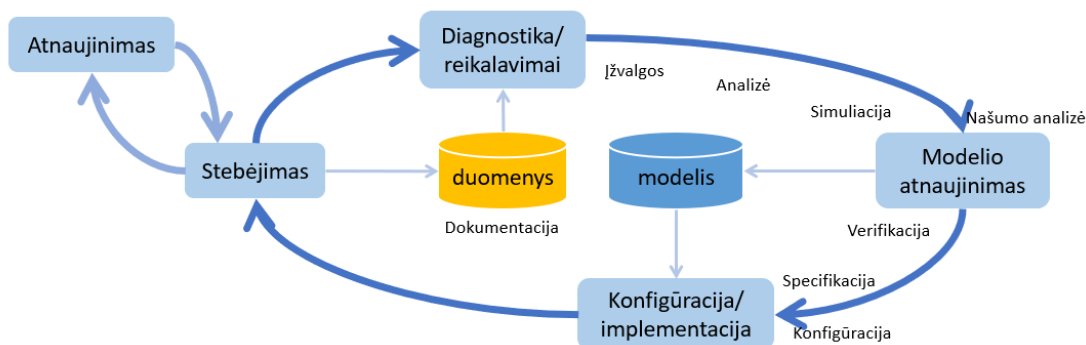
Visgi, vienas iš ryškiausių skirtumų yra metodų, naudojamų duomenų ir procesų analizei, tiriamų duomenų skirtis [9]. Duomenų tyryboje naudojami duomenys, apibūdinantys analizuojamo proceso parametrus. Šie parametrai dažnai yra nekintantys laike arba į jų kitimą nėra atsižvelgiama. Procesų tyryboje pagrindinis tyrimo objektas yra veikla, kuri kinta laike [10]. Yra atskiriamos jos dalys, identifikuojamas laikas, skirtas šioms veiklos dalims atlikti.



2 pav. Procesų ir duomenų tyrybos sąsajos

Norint sudaryti procesų tyrybos modelį pirmiausia reikia suprasti verslo proceso valdymo ciklą (3 pav.). Šis ciklas yra aprašytas ir Will M. P. van der Aalst [11]. Jis apibūdina skirtingas proceso valdymo fazes, kurios yra atliekamos versle. Dizaino fazėje yra sukuriamas modelis. Šis yra perkeliamas į realias verslo sąlygas konfigūravimo/implementavimo fazėje. Kai sistemoje veikia sukurtas procesas, stebėjimo fazė gali būti pradėta. Šiuo metu yra stebimi sistemos parametrai, norint išsiaiškinti, ar procesas veikia sklandžiai, ar tolimesni pataisymai yra reikalingi. Jei reikalingi nedideli pataisymai, jie gali būti įvykdyti pataisymų fazėje. Šioje fazėje modelis nėra keičiamas, gali būti pakeistos tik detalės, kurios nereikalauja daug laiko ar pastangų. Diagnostikos/reikalavimų tikslinimo dalyje yra įvertinamas procesas, jo trūkumai ir atsiradę nauji reikalavimai dėl kintančios programinės įrangos, įstatymų kaitos ar kt. Radus trūkumų

proceso modelyje, yra pradamas naujas ciklas, kuris prasideda naujo modelio kūrimu ar atliekamais struktūriniais pokyčiais esamame.



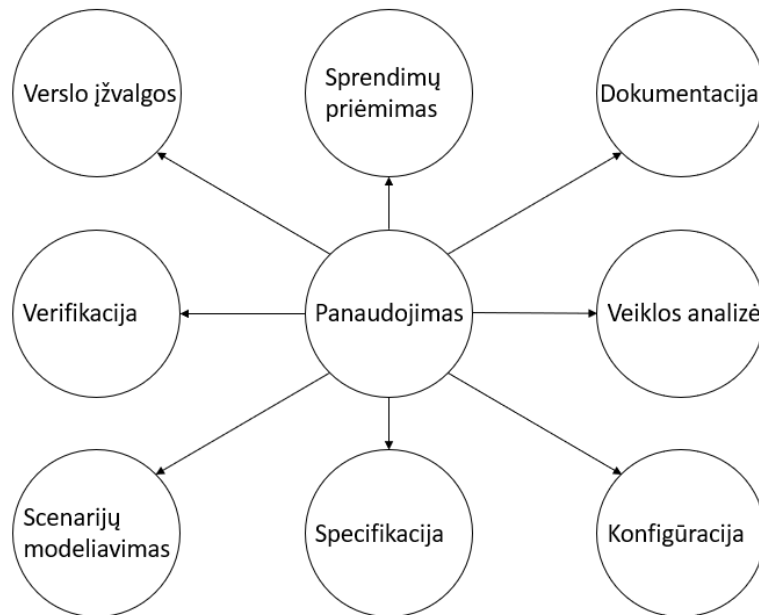
3 pav. Proceso modelio kūrimo ciklas

1.3. Procesų tyrybos panaudojimo sritys

Procesų tyryba yra naudojama ne tik norint apibūdinti veiklos eigą, tai yra naudinga ir siekiant pagreitinti procesus, juos optimizuoti, rasti butelio kakliukus esamose veiksmų sekose [12]. Tyrimų sritys gali padėti pagerinti pardavimus, užtikrinti paslaugų kokybę, padėti suprasti informacinių technologijų sistemų reikalavimus ir kt. Šie privalumai skatina stebėti, suprasti ir nuolat gerinti veiksmus įmonės veikloje. Pasak Wil M. P. van der Aalst [11], yra išskiriamos aštuonios pagrindinės procesų tyrybos naudos sritys (4 pav.). Procesų tyrybos metodų privalumai gali būti pritaikyti tiek informacinių sistemų analizei, tiek finansų ar darbo jėgos optimizavimui, tiek ir paslaugų kokybei užtikrinti. Šios pagrindinės procesų tyrybos naudos yra:

- verslo išvalgų identifikacija: kuriant ir nagrinėjant proceso medelį analitikai apžvelgia vykstančius veiksmus, jų įtaką verslui. Taip gali būti rastos ekspertinės išvalgos, leidžiančios atlikti procesus optimaliau laiko, žaliavų ir darbo jėgos prasme [6].
- Sprendimų priėmimas: procesų tyrybos modeliai yra naudojami įmonės valdybos, priimti sprendimams susijusiems su pagrindine įmonės veikla [5].
- Dokumentacija: procesų dokumentacija leidžia sutrumpinti darbuotojų apmokymo laiką. Ji gali būti sukurta naudojantis aprašomais proceso modeliais. Tai leidžia sumažinti mokymosi sąnaudas, taip pat, žmogiškųjų resursų, reikalingų apmokymui kiekį, gali padėti numatyti netikėtas situacijas [3]. Gerai apibūdinti modeliai dažnai leidžia darbuotojui pačiam apsimokyti atlikti procesą. Taip pat, veiklų dokumentacijos dažnai yra reikalingos norint atitikti verslo sertifikatų sąlygas. Tuomet, yra siekiama aukščiausių profesionalumo standartų ir proceso dokumentacija yra reikalinga aukštai paslaugos kokybei suteikti.
- Verifikacija: procesų modeliai yra analizuojami, norint rasti galimas klaidas ar akligatvius, t.y. būsenas, kuriose atsidūrę modeliai negali pasiekti galutinio tikslo. Taip pat, yra tikrinami reikalavimai, kuriuos turi pasiekti veiksmai, jų įgyvendinamumas [4].

- Veiklos analizė: simuliuojamos veiksmų eigos, gali padėti analizuoti atliekamų procedūrų trukmę. Atliekant šį tyrimą, galima išsiaiškinti veiksnius, kurie lemia proceso trūkumus, ilgą įvykių trukmę ar paslaugos kokybę [13]. Tai padeda identifikuoti butelio kakliukus, kurie sulėtina veiksmų eigą, neleidžia sklandžiai vykdyti proceso.
- Scenarijų modeliavimas: proceso aprašymas įgalina išskirti veikimo scenarijus. Detalesnė jų analizė leidžia procesų modeliotojui priimti sprendimus dėl veiklos ar jos detalių pakeitimo.
- Specifikacija: modeliai gali padėti apibūdinti sąlygas, būtinas procesui įvykti. Tai gali būti reikalavimai paslaugai, pasiruošimui ar programinės įrangos poreikiai.
- Konfigūracija: proceso modelis gali padėti nustatyti proceso formą. Taip konfigūruoti procesai gali veikti sklandžiau, yra sumažinami laukimo laikai tarp atskirų sistemos dalių [14].



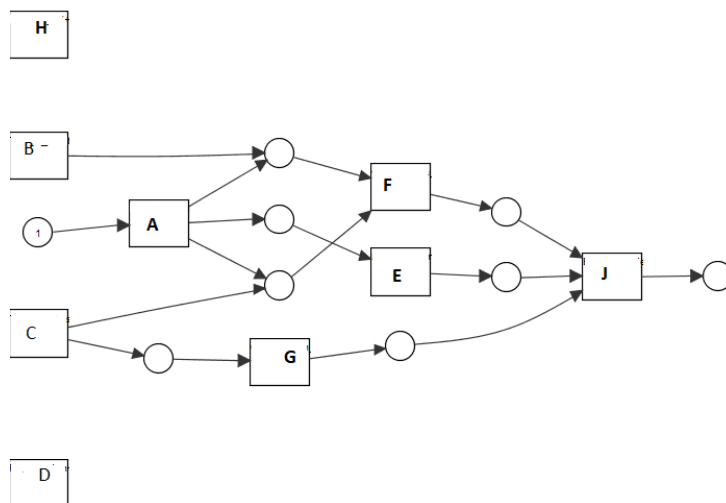
4 pav. Procesų tyrybos panaudojimas

1.4. Verslo procesų modeliavimo notacija ir Petri tinklai

Procesų tyryboje ir jų aprašyme dažniausiai yra naudojami du notacijos metodai: verslo procesų modeliavimo notacija (angl. business process mining notation (BPMN)) [15] ir Petri tinklai [16]. Abu šie modeliai gali atvaizduoti veiksmų eigą ir suteikti žinių apie veiklas ir subprocesus. Jie gali nurodyti, kas atlieka veiksmus, koks yra resursų poreikis jiems atlikti, kokie yra eigos prioritetai. Modeliuojamos skirtingos situacijos ir scenarijai gali parodyti atsirandančias proceso aklavietes, trūkumus bei privalumus esančios situacijos. Tai yra ypač naudinga proceso atsiradimo stadijoje, kai įvairios praktikos dar nėra išbandytos ir realios procedūros dar nėra prasidėjusios. Aprašyti veiksmų atvaizdavimo būdai gali padėti priimti sprendimus, naudingus įmonei, leidžiančius paskirstyti darbo krūvį optimaliai ir užtikrinančius paslaugų kokybę.

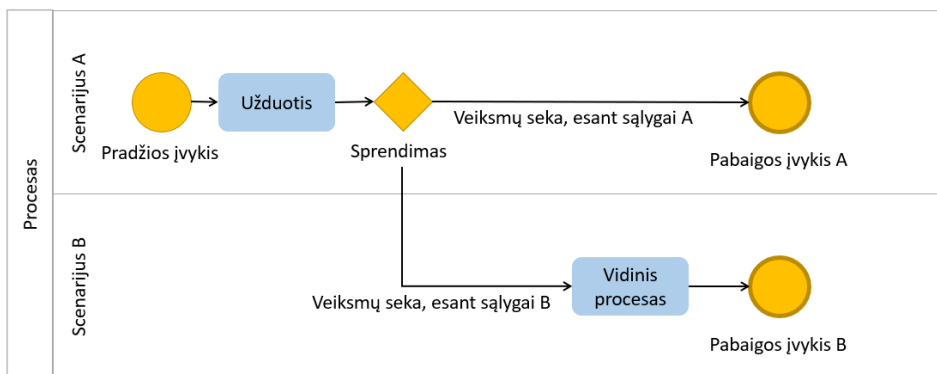
Petri tinklai (5 pav.) šiuo metu yra naudojami norint atvaizduoti procesus, jų dalis ir kompleksiškas sistemas, nagrinėti sistemų našumą bei resursų poreikį. Procesas prasideda nuo pradinės būsenos (starto pozicijos). Kiekvienas būsenos pasikeitimas yra nurodomas stačiakampyje. Šie pokyčiai yra sujungti

apskritimais, kurie nurodo proceso būseną konkrečiu metu. Tinkle būsenos pokytis yra vadinamas įgalintuoju, jei kiekviena įeinančioji būseną turi žymę, reikalingą būsenos pokyčiui įvykdyti. Šiuo atveju, būsenos pokytis A yra įgalintasis, nes pradinė būseną turi žymę. Šis veiksmas taip pat gali būti vadinamas ir būsenos sužadinimu. Kai būsenos pokytis yra sužadinamas, pašalinamos visos žymos, esančios įvesties būsenose ir sukuriama po žymę kiekvienoje išvesties būsenoje. Šiuo atveju, A būsenos sužadinimas pašalintų pradinę žymę ir sukurtų tris naujas būsenų žymas. Įvykus šiam pokyčiui, būsenos pokyčiai F ir E tampa įgalintieji. Abiem šiems pokyčiams įvykus, sunaudojamos buvusios būsenų žymos ir sukuriamos dvi naujos. Visgi, šių būsenų žymių nepakanka, jog būtų įgalintas J būsenos pokytis.



5 pav. Petri tinklas

Kitas proceso atvaizdavimo būdas yra verslo procesų modelių notacija (BPMN) (6 pav.). Šis veiksmų eigis apibūdinimas yra dažniau naudojamas verslo, ypač vadybos, lygmenyje. BPMN modeliai yra kuriami siekiant, jog vartotojas juos suprastų natūraliai, jiems nereikėtų daug paaiškinimų. Šiuo atveju vietoje būsenų ir jų žymių procesų pokyčiai yra sujungti tinklų sąsajomis (4 elementas). Šiuo atveju tik pradžios ir pabaigos būsenos yra žymimos apskritimais. Rombo figūra reiškia, kad galimos kelios proceso judėjimo kryptys. Ji gali žymėti, jog kelios sąlygos turi įvykti prieš būsenos pasikeitimą arba kelios sąlygos yra galimos po būsenos pokyčio. Šios tinklo sąsajos dažnai būna pažymėtos X ženklu, kuris reiškia XOR tipo loginę jungtį (t.y. vienas iš dviejų būsenos pokyčių gali įvykti) arba + ženklu, kuris reiškia AND tipo loginę jungtį (t.y. abu būsenos pokyčiai turi įvykti).



6 pav. BPMN proceso modelis

1.5. Našumo analizė

Modelių našumą įmonės skaičiuoja skirtingai. Vienoms, našiausias sprendimas yra apibūdinamas kaip pigiausias sprendimas. Kitos įmonės, našiausiu apibūdina sprendimą, geriausiai atitinkantį nustatytus kokybės kriterijus. Dažniausiai yra įvardijami trys našumo kriterijai, tai yra laikas, kaina ir kokybė. Kainos ir kokybės kriterijai dažnai yra apibūdinami nevienareikšmiškai. Norint sužinoti jų vertes, yra skaičiuojami parametrai visam veikimo procesui. Visgi, dažnai yra rodiklių, kurie gali išskirti proceso dalis, parodančias detalesnę kokybės rodiklių sandarą Will M. P. van der Aalst išskiria šiuos pagrindinius modelių našumo indikatorius (angl. key performance indicators (KPI)) susijusius su laiko kriterijumi [11]:

- veikimo laikas: tai yra laikas, praėjęs nuo atvejo sukūrimo iki nustatytos veiklos užbaigimo. Nuo to, kokią našumo kriterijų strategiją pasirenka įmonė, gali būti matuojamas veikimo laiko vidurkis, jo maksimumas arba minimali reikšmė. Visgi, šio rodiklio analizėje yra labai svarbi ir veikimo laiko dispersija. Dėl to dažnai yra skaičiuojamas ir išvestinis parametras – aptarnavimo lygis. Jis parodo, kiek procentų atvejų buvo išspręsta greičiau nei per nustatytą laiką.
- Problemos sprendimo laikas: tai yra laikas, kurio reikėjo įvykdyti atvejui. Šis laikas gali būti skaičiuojamas tiek visam procesui, tiek dažnai ir tik atskiroms jo dalims ar subprocesams. Kaip ir veikimo laiko atveju, įmonės strategija lemia, ar bus skaičiuojamas šio laiko vidurkis, minimumas ar maksimumas. Taip pat dažnai yra skaičiuojama ir kiek procentų veikimo laiko sudaro problemos sprendimo trukmė. Tai leidžia nustatyti laiko kriterijus, būtinus atlikti veiksams.
- Laukimo laikas: tai yra laikas, kurį atvejis turi laukti resursų, reikalingų įvykdyti atvejį. Ši trukmė gali būti tiek vieno veiksmo laukimo laikas, tiek ir veiksmų laukimo laiko suma visam procesui. Kadangi šie laikai atskiriems atvejams gali smarkiai skirtis, dažnai yra skaičiuojamas laukimo laiko vidurkis, jo didžiausia ar mažiausia reikšmė. Taip pat, šiuo atveju yra svarbi proceso trukmės dispersija. Dažnai yra nagrinėjamas ir dydis, kuris parodo, kiek procentų atvejų yra išsprendžiama per nustatytą laiko tarpą.
- Sinchronizacijos laikas: šis rodiklis parodo, kiek laiko veiksmai negali būti įvykdyti dėl laukiamo impulso iš kito proceso ar išorinio veiksmo. Kitaip nei laukimo trukmės atveju, šis laikas parodo,

ne resursų trūkumą, tačiau laukimą išorinio stimulo. Šis impulsas gali būti tiek kitos veiklos padarinys, tiek ir kito proceso rezultatas ar sprendimas, reikalingas vėlesniam veikimui.

1.6. Svarbiausi našumo rodikliai

Norint tobulinti veiklą ir procesus, daugelis organizacijų seka veiklos procesą naudodami svarbiausius našumo rodiklius ir jų kitimą laike. Šie rodikliai padeda nustatyti proceso būklę ir priimti sprendimus, paremtus duomenimis. Henry T. Stelfox ir Sharon E. Straus efektyvumo rodiklių sudarymo procesą apibūdina naudodamiesi 5 klausimais [17]:

- kokie yra pagrindiniai aspektai, nagrinėjami veiklos srityje;
- kaip sukurti indikatorius, naudojantis prieinamais duomenimis;
- kokie svarbiausi aspektai turi būti įvertinti naudojantis rodikliais;
- kaip ir kada rodikliai turi būti atnaujinti;
- kaip įtraukti sprendimo priėmėjus į svarbiausių našumo rodiklių naudojimo procesą?

Šie mokslininkai taip pat apibūdina ir svarbiausių našumo rodiklių sudarymo procesą. Pagrindiniai našumo rodikliai yra sudaromi, nagrinėjant procesą konkrečioje įmonėje. Taip pat, yra tiriami pagrindiniai veiklos aspektai pramonės srityje. Tuomet yra sudaromi preliminarūs proceso kokybės matai. Šie matai yra tobulinami skirtingais algoritmais, išskiriami rodikliai, kurie gali būti svarbūs veikloje. Galiausiai, nustatomi našumo rodikliai, kurie indikuos veiklos kokybę, optimalumą ir kitus svarbius parametrus. Jiems yra nustatomi slenksčiai, kuriuos reikia atitikti, ilgalaikiai tikslai ir atnaujinimo būdai. Taip sudaryti rodikliai gali padėti priimti svarbius veiklos sprendimus, remiantis duomenimis. Šie sprendimai visuomet yra pagrįsti veiklos rezultatais ir leidžia pagerinti norimus veiklos aspektus.

1.7. Procesų tyrybos iššūkiai

Kaip ir kiekvienoje srityje, procesų tyryboje kyla nemažai iššūkių, norint sukurti kokybišką modelį. Sophie Trommler mini penkis didžiausius sunkumus [4], kylančius modelių sudarymo procese. Daug sunkumų kyla norint rasti procesą, tinkamą nagrinėjimui. Dažnai versle atliekami veiksmai yra painūs, nėra vienos įvykių tėkmės. Tokie procesai dažnai turi daugybę būsenų, jos įvyksta retai. Tai neleidžia sudaryti modelio, kuris būtų suprantamas ir tinkamas priimti sprendimams. Programinės įrangos klausimas taip pat dažnai yra problematiškas. Kadangi technologija yra ganėtinai nauja, o programinė įranga brangi, nauda daugeliui įmonių nėra aiški. Visgi, vieni pagrindinių procesų tyrybos iššūkių yra susiję su įvykiu registravimu ir jų failais. Programinė įranga, kurioje vykdomi procesai dažnai nėra pritaikyta generuoti įvykių registravimo failų. Taip pat, net ir sukūrus šiuos veiklos registrus, norimą struktūrą pasiekti dažnai yra sunku. Galiausiai, net ir turint įvykių registravimo failus Will M. P. van der Aalst išskiria penkis iššūkius, susijusius su duomenų struktūra [3]:

- 1) koreliacija: įvykiai yra grupuojami pagal atvejus. Tai gali kelti sunkumų, kai yra ieškoma koreliacijos tarp kelių įvykių. Tuomet nėra aišku, kaip galima rasti koreliaciją tarp kelių įvykių, vykstančių skirtingu metu. Jei procesas apima kelias programinės įrangos sistemas, tuomet atvejai gali būti aprašyti skirtingai. Tai sukelia sunkumų, norint apibrėžti įvykių ar

procesų koreliaciją. Taip pat, jei proceso metu yra keičiamasi informacija tarp kelių įmonių, ją sunku registruoti, priskirti tinkamiems procesams.

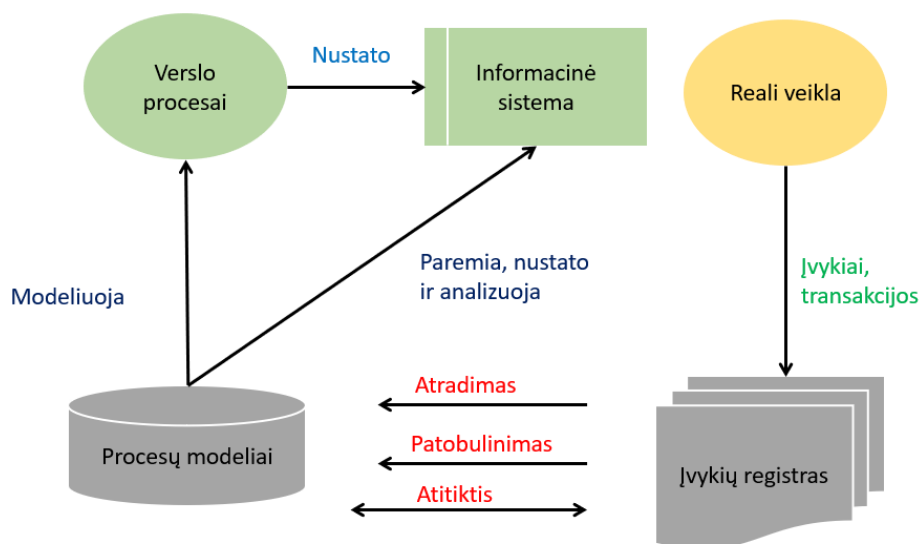
- 2) Laiko žymos: kadangi įvykiai proceso metu dažnai vyksta keliose sistemose, jų laiko registravimas gali tapti iššūkiu. Trumpą laiką vykstantys įvykiai dėl laiko fiksavimo skirtumo gali neatspindėti tikrosios situacijos. Dėl to, gali susidaryti ryškūs laiko neatitikimai, pvz. pabaigos įvykis įvykęs anksčiau už pradžios įvykį. Taip pat, sistemose dažnai būna registruojama tik įvykio data. Tuomet, dažnai nėra atsižvelgiama į įvykių trukmę, o jų eiliškumas nustatinėjamas pagal modelį, o ne pagal įvykio laiką.
- 3) Momentinė situacija: kadangi įvykių registravimas vyksta tik nustatytą laiko tarpą, dažnai jis neatspindi tikrosios situacijos. Tai ypač dažnai nutinka, nagrinėjant ilgai trunkančius procesus. Tuomet, kartais gali būti užfiksuota tik dalis veiksmo, kuris trunka ilgesnį laiką. Jei nagrinėjamas procesas, kuris truko panašų į fiksavimo laikotarpį, tuomet gali būti sunku išskirti apibrėžtą procesą.
- 4) Mastas: dažnai įvairios sistemos registruoja skirtingą informaciją apie įvykius. Tuomet kyla problema, kaip gauti visus reikiamus duomenis, modeliui sudaryti. Taip pat, informacijos gausa gali klaidinti. Nėra aišku, kurie duomenys yra reikalingi, įtraukus per daug informacijos modelis gali tapti labai lėtas.
- 5) Fragmentiškumas: skirtingoms programinėms priemonėms fiksuojant skirtingą informaciją, ji yra gaunama nevienodo detalumo. Taip, reikia derinti modelyje tiek detalią, tiek ir labai abstrakčią informaciją apie procesą. Šią problemą bando spręsti B. F. Van Dongen ir W. M. P. van der Aalst straipsnyje „A Meta Model for Process Mining Data“ [18]. Straipsnyje yra aprašomos idėjos, leidžiančios sistemoms aprašyti įvykių duomenis vienodu formatu. Tai leistų įvairioms programinėms įrangoms tiksliai aprašyti procesus vienu, aiškiai apibrėžtu, formatu.

2. Metodų apžvalga

2.1. Alfa algoritmas

Procesų tyryboje, vienas pirmųjų žingsnių po sistemos supratimo ir analizės, yra proceso modelio sudarymas (7 pav.). Jis gali padėti nagrinėti versle vykstančius procesus, jų dalis bei įvykių rezultatus. Vienas iš procesą galinčių identifikuoti algoritmų, yra alfa algoritmas. Jis remiasi veiksmų sekomis, užfiksuotomis veiklos įvykių registre, jų atlikimo tvarka. Nagrinėjant tai, galima išskirti pradžios ir pabaigos įvykius, galimas veiksmų sekas, norint atlikti procesą. Tai padeda apibūdinti įvykių sekas. Jį išnagrinėjus, galima pateikti proceso schemą, pasitelkiant verslo proceso modelių notaciją ar Petri tinklus. Alfa algoritmą sudaro 8 dalys [19]:

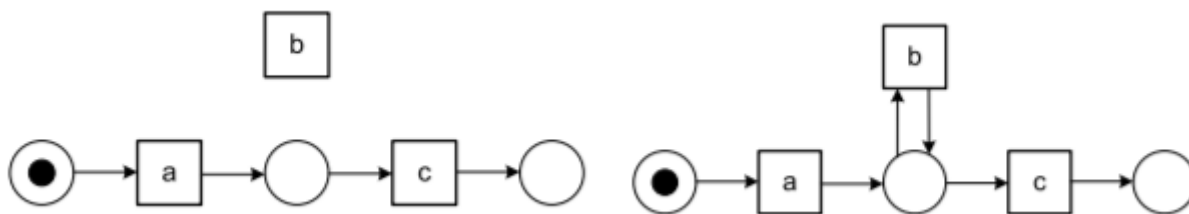
- 1) identifikuojami unikalūs įvykiai L , esantys veiklos įvykių registre T_L :
$$T_L = \{t \in T \mid \exists \sigma \in L \ t \in \sigma\};$$
- 2) randami proceso pradžios įvykiai:
$$T_I = \{t \in T \mid \exists \sigma \in L \ t = first(\sigma)\};$$
- 3) randami proceso pabaigos įvykiai:
$$T_O = \{t \in T \mid \exists \sigma \in L \ t = last(\sigma)\};$$
- 4) randamos tokios poros (A, B) , kur A elementai visuomet turi būti priešastiniai B elementams. Taip pat, A arba B elementai niekad neturi sekti vienas kito toje pačioje aibėje.
$$X_L = \{(A, B) \mid A \subseteq T_L \wedge A \neq \emptyset \wedge B \subseteq T_L \wedge B \neq \emptyset \wedge \forall a \in A \forall b \in B \ a \rightarrow_L b \wedge \forall a_1, a_2 \in A \ a_1 \#_L a_2 \wedge \forall b_1, b_2 \in B \ b_1 \#_L b_2\};$$
- 5) aibės A ir B yra sumažinamos iki minimalių įvykių aibių (pašalinami įvykių pasikartojimai):
$$Y_L = \{(A, B) \in X_L \mid \forall (A', B') \in X_L \ A \subseteq A' \wedge B \subseteq B' \Rightarrow (A, B) = (A', B')\};$$
- 6) randamos įvykių įvesties bei išvesties padėties (identifikuojama, kokie įvykiai turi įvykti prieš ir po nagrinėjamo veiksmo):
$$P_L = \{p_{A,B} \mid (A, B) \in Y_L\} \cup \{i_L, o_L\};$$
- 7) įvykiai susiejami su jų išvesties ir įvesties galimybėmis:
$$F_L = \{(a, p_{(A,B)}) \mid (A, B) \in Y_L \wedge a \in A\} \cup \{(p_{(A,B)}, b) \mid (A, B) \in Y_L \wedge b \in B\} \cup \{(i_L, t) \mid t \in T_I\} \cup \{(t, o_L) \mid t \in T_O\};$$
- 8) algoritmo rezultatas – Petri tinklas, apibūdinantis procesą:
$$\alpha(L) = (P_L, T_L, F_L).$$



7 pav. Procesų tyrybos etapai

Šis algoritmas yra tinkamas norint nustatyti procesus, kurie yra užfiksuoti veiklos įvykių registre. Toks įvykių registras turi būti pilnas [11], t.y. procesas turi būti užfiksuotas nuo pradžios iki galo, jis negali nutrūkti viename iš įvykių. Taip pat, veiklos įvykiai turėtų būti nesikartojantys cikliškai. Tai užtikrinus, šiuo algoritmu gaunamas rezultatas efektyviai atvaizduoja proceso schemą Petri tinklu. Pasinaudojus algoritmu, galima apdoroti netgi daug elementų turinčius veiklos įvykių registrus. Šią schemą dažnai yra nesunku interpretuoti, atlikus nedidelį kiekį skaičiavimų, gaunami rezultatai yra tikslūs ir paprastai suprantami.

Visgi, alfa algoritmas turi ir trūkumų [20]. Visų pirma, šiam algoritmui yra būtina, jog veiklos įvykių registras būtų pilnas. Procesas nebus identifikuotas tinkamai, jei bus pateiktos ne visos proceso dalys ar dalis veiksmų nebus atspindėti veiklos įvykių registre. Taip pat, kartais, gaunami Petri tinklai yra neoptimalūs. Juos sunku skaityti, pateikiama informacija yra perteklinė. Šis algoritmas taip pat nėra pritaikytas mažos apimties ciklų identifikacijai (8 pav.). Veiklos įvykių registre, atsiradus vieno ar dviejų žingsnių ciklams, jie nėra identifikuojami kaip proceso dalis. Tuomet, šie įvykiai atvaizduojami atskirai nuo proceso. Taip pat, šis algoritmas nenagrinėja įvykių pasikartojimo dažnių. Tai neleidžia rasti butelio kaklelių, algoritmas yra jautrus triukšmui duomenyse.



8 pav. Mažos apimties ciklų identifikacija alfa algoritmu

2.2. Euristinis procesų tyrimo algoritmas

Euristinis procesų tyrimo algoritmas savo esme yra panašus į alfa algoritmą. Turimo veiklos įvykių registro pagalba yra sukuriamas priešastingumo tinklas, kuris parodo galimas veiklos įvykių sekas. Lyginant su alfa algoritmu, šis metodas yra atsparus triukšmui duomenyse. Iš turimo veiklos registro galima sukurti verslo proceso modelį nesudėtingu būdu. Šis metodas dažnai naudojamas, kai turima nedaug įvykių procese, jiems reikalingas greitas ir lankstus modeliavimo būdas.

Euristinis procesų tyrimo algoritmas dažnai yra vienas pirmųjų, kuris yra pritaikomas nagrinėjamiems duomenims. Jis remiasi įvykių dažnių lentelėmis ir priklausomumo grafikais [21]. Metodas nėra jautrus triukšmui duomenyse. Juo sudaromi procesų modeliai gali aptikti duomenyse atsiradusius ciklus, net jei jie yra sudaryti iš 1 ar 2 įvykių. Šį algoritmą sudaro 6 dalys [22]:

- 1) apskaičiuojamas dažnis veiklos registre esantiems įvykiams:

tiesioginės sekos dažnis:

$$|a >_L b| = \sum_{\sigma \in L} L(\sigma) \{1 \leq i < |\sigma| \mid \sigma(i) = a \wedge \sigma(i+1) = b\}$$

Čia a ir b – įvykiai, kurių tiesioginės sekos dažnis yra skaičiuojamas;

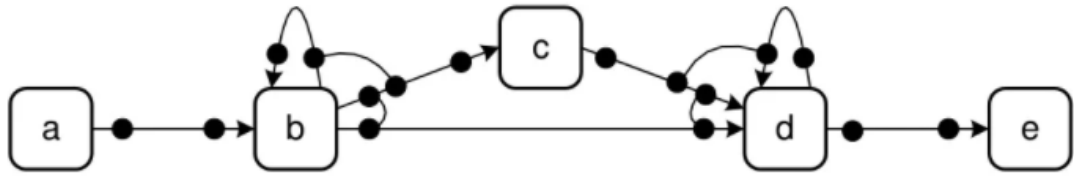
- 2) apskaičiuojamas priešastingumas tarp veiklos registre esančių įvykių: priešastingumo matas:

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a >_L b| - |b >_L a|}{|a >_L b| + |b >_L a| + 1} \\ \frac{|a >_L a|}{|a >_L a| + 1} \end{cases}$$

Čia a ir b – įvykiai, kurių priešastingumas yra skaičiuojamas;

- 3) nustatoma riba minimaliam norimam įvykių pasikartojimo dažniui bei priešastingumo mato reikšmei;
- 4) nubraižomas priešastingumo grafikas, kuris atitinka nustatytus įvykių dažnio ir priešastingumo mato slenksčius;
- 5) išskiriamos OR, XOR ir AND tipo jungtys tarp nagrinėjamų įvykių;
- 6) sudaromas veiklos įvykių priešastinis tinklas. Jis gali būti atvaizduojamas naudojantis Petri tinklais ar verslo procesų modelių notacija (BPMN).

Dažnai Euristinis tyrimo metodas yra skaidomas į dvi dalis: priešastingumo grafiko sudarymą ir veiklos įvykių priešastinio tinklo sudarymą [11]. Priešastingumo grafikui (9 pav.) sudaryti, pirmiausia reikia apskaičiuoti dažnius veiklos registre esantiems įvykiams, t.y. nustatyti, kiek kartų pasitaikė atskiri įvykiai, nagrinėjant veiklos procesą. Tuomet, yra tiriamas priešastingumas tarp nagrinėjamų veiklų. Įvykių poroms yra apskaičiuojamas priešastingumo matas, jo pagalba galime matyti, ar tarp veiklų yra nustatytas priešastingumas, ar tai yra tik atsitiktinai susidariusios veiksmų sekos. Tuomet, yra nustatomos ribinės dažnio bei priešastingumo mato reikšmės. Veiksmų poras, kurios neatitiks dažnio, ar priešastingumo mato reikalavimų (bus mažesnės nei nustatyta riba) laikysime triukšmu. Jos nebus vaizduojamos kaip proceso dalis. Tai leidžia nevertinti retai pasitaikančių įvykių, modelis netampa pernelyg sudėtingas.



9 pav. Priežastingumo grafikas

Norint sudaryti veiklos įvykių priežastinį tinklą, svarbu išskirti OR, XOR ir AND jungtis. Jos yra nustatomos tiriant prieš nagrinėjamą įvykį k nutikusius įvykius ir po jo k nutikusių įvykių. Yra tiriama, kiek kartų įvyko kiekvienas iš pasirodžiusių įvykių. Taip galima matyti, ar nagrinėjami veiksmai būtinai turi pasirodyti kartu prieš analizuojamą įvykį (AND jungtis) ar gali įvykti tik vienas iš jų (XOR jungtis), ar gali įvykti tiek vienas, tiek keli iš įvykių ar jie kartu (OR jungtis). Kitas būdas sudaryti veiklos įvykių priežastinį tinklą yra registruoti visus galimus perėjimus iš pradžios įvykio į pabaigos įvykį. Jei yra nagrinėjama nedidelė sistema ar tik jos dalis, šis požiūris gali leisti įvertinti geriausius variantus bei skirtingų veiklos įvykių priežastinių tinklų privalumus ir trūkumus. Gavus veiklos įvykių priežastinį tinklą, jis dažnai yra atvaizduojamas Petri tinklais ar naudojantis BPMN notacija. Tai leidžia suprantamai apibūdinti sudarytą tinklą.

2.3. Neapibrėžtas procesų tyrimo algoritmas

Neapibrėžtas procesų tyrimo metodas (angl. fuzzy miner) leidžia nagrinėti procesus, kurie yra didelės apimties [23]. Šis algoritmas suteikia galimybę tirti kompleksinius ir nestruktūruotus veiksmus [24]. Jis naudoja svarbos ir koreliacijos metrikas, kurios padeda lanksčiai sudaryti modelį [25]. Kai veiksmų yra daug, svarbos metrikos leidžia įvertinti, kurie iš įvykių yra svarbiausi ir naudingi vėlesniam tyrimui. Taip pat, šis modelis padeda lengvai simuliuoti vykusių įvykius ir taip tikrinti įvykių registro atitiktį. Šis algoritmas taip pat gali atpažinti hierarchinius modelius [11]. Šiuo metodu rasti proceso modeliai yra lengvai valdomi, juose galima pašalinti triukšmą ar sudaryti sub-modelius.

Šis algoritmas yra aprašytas A. Esmita [26], jis yra paremtas neapibrėžtomis asociacijų taisyklėmis ir jų grupėmis. Procesas vyksta 4 fazėmis:

- 1) yra sujungiami panašūs įvykiai, t.y. tokie, kurie yra vykdomi prieš ar po nagrinėjamo įvykio;
- 2) generuojamos meta – taisyklės, kurios apibrėžia ryšius tarp įvykių;
- 3) sudaromi dažnai pasikartojančių įvykių neapibrėžtos struktūros duomenų rinkiniai, jie nusako procesą, vykstantį atliekant veiklas;
- 4) sudaromos neapibrėžtos asociacijos taisyklės, kurios yra apjungiamos į neapibrėžtą procesų tyrimo modelį.

Šis algoritmas yra lankstus ir leidžiantis efektyviai apdoroti didelius duomenų rinkinius. Dėl paprasto šio algoritmo konfigūravimo, jis yra plačiai taikomas verslo veikloje. Metodas nėra jautrus triukšmui, gali identifikuoti ciklus ir dėl greitos algoritmo veiklos, yra tinkamas veiklos įvykių registro simuliacijai naudojant sudarytą modelį.

2.4. Priežastinių pėdsakų klasterizacija

Nestruktūruotiems procesams apibūdinti yra naudojama proceso pėdsakų klasterizacija [27]. Šio metodo esmė yra veiksmų sekų suskirstymas į homogeniškas grupes, kurios apibūdina skirtingus procedūrų scenarijus. Ši analizė yra atliekama, kai procesas gali turėti daug skirtingų variacijų. Ji padeda išskirti, kokiomis sąlygomis nutinka vieni ar kiti įvykiai. Paslaugų teikimo metu, tai padeda identifikuoti, kokios operacijos turi būti įvykdytos, jog klientas gautų kokybiškas ir efektyviai atliktas paslaugas.

Nagrinėjamam veiklos įvykių registruui papildomi reikalavimai nėra keliami. Algoritmas gali apdoroti duomenis, kuriuose yra apibrėžiami atvejai, jų proceso veiklos ir laikas. Aprašydami metodo žingsnius, mokslininkai J. Weerd, S. Broucke ir kiti apibūdina tris fazes [28]:

- 1) atvejų pasirinkimas;
- 2) vėlesnių įvykių paieška;
- 3) likusiųjų pėdsakų apdorojimas.

Atvejų pasirinkimas yra apibūdinamas, kaip atskirų proceso atvejų apibrėžimas iš nei vienam kitam klasteriui nepriklausančių atvejų. Taip pat, yra pasirenkamas procentas veiklų sekų, kurios yra dažniausiai nutinkančios nagrinėjamame veiklos įvykių registre. Tarp dažniausiai pasikartojančių procese įvykių yra skaičiuojamas Euklido ar kitas atstumo matas [29]. Mažiausią atstumą tarpusavyje turinčios veiklos yra grupuojamos į klasterius. Tuomet, kitos nagrinėjamos veiklos, yra pridamos prie klasterio, jei Euklido atstumas yra mažesnis už nustatytąjį. Jei šis atstumas yra didesnis – veiklos nėra priskiriamos prie klasterio ir yra nagrinėjamos kitose iteracijose. Likusios veiklos yra nagrinėjamos vėlesnėse iteracijose, kol galiausiai veiklos yra suskirstomos į nustatytą klasterių kiekį arba kol visi įvykiai yra suskirstomi į klasterius, neviršijantys nustatyto Euklido atstumo.

2.5. Sprendimo taškų analizė

Sudarius modelį, jis turi būti įvertinamas. Ši proceso šablono sudarymo dalis dažnai atskleidžia, jog modelis turi trūkumų ir gali būti tobulinamas. Dėl to, po įvertinimo, jis yra atnaujinamas, papildomas. Vienas iš šiam tikslui naudojamų metodų – sprendimo taškų analizė. Šiam algoritmui yra reikalingas veiklos įvykių registras bei sudarytasis proceso modelis (dažniausiai šiai daliai yra naudojamas Petri tinklas). Sprendimo taškų analizei yra naudojamos prielaidos, jog veiklos įvykių registras ir proceso modelis yra lygiuoti. Tai reiškia, jog yra naudojami tie patys įvykiai, tiek veiklos įvykių registre, tiek proceso modelyje. Taip pat, kiekvienas veiklos įrašas gali būti susietas su modelyje vaizduojamomis veiklomis [30].

Šis analizės metodas, leidžia išsiaiškinti, kodėl buvo priimti skirtingi sprendimai atliekant veiklas. Šiuos sprendimus modelyje nurodo XOR ir OR jungtys proceso modelyje. Analizei yra naudojama kontekstinė informacija – tai tokios žinios, kurios nėra tiesiogiai susijusios su įvykiu. Tam gali padėti įvairūs duomenų tyrybos metodai, tiriantys klasterizacijos problemas. Konteksto informacija dažniausiai yra naudojama sudarant sprendimų medį. Jis padeda nustatyti, kodėl yra pasirinktas vienas ar kitas veiksmas. Šiuo atveju, atsako kintamasis yra veiksmas, kurį tiriamo, o konteksto kintamieji padedantys nustatyti, kuris sprendimas buvo pasirinktas. Taip pat, sprendimų taškų analizei yra vietoje prediktorių, naudojami

ir prieš sprendimą įvykę įvykiai. Jie gali parodyti tipinius elgsenos šablonus ir galimą veiksmų klasifikavimą [31].

2.6. Butelio kaklelių tyryba

Vienas svarbiausių procesų tyrybos uždavinių yra išvalgų apie nagrinėjamą veiksmų seką generavimas ir jo efektyvumo gerinimas, naudojantis gautąja informacija. Dažnai šiai informacijai gauti yra naudojama butelio kaklelių analizė bei socialinių tinklų procese generavimas [32]. Ši informacija padeda atskleisti stadijas, kuriose procesas praleidžia daugiausiai laiko. Taip pat, yra matomas laikas, kuomet procesas yra laukimo būsenoje. Tokių laikų identifikavimas ir laukimo laiko sumažinimas gali padėti klientams jausti didesnę pasitenkinimą paslaugomis. Taip pat, efektyvesnis darbo paskirstymas gali padėti sumažinti laukimo laiką. Galbūt darbo perskirstymas gali padėti greičiau atlikti užduotis. Darbų perskirstymo analizei gali padėti socialinių tinklų paieška procese. Ji gali padėti ir nagrinėjant asmenų ar skyrių pareigybes.

Tiriant procese esančius butelio kaklelius, yra svarbu, jog veiklos įvykių registre būtų užfiksuota tiek veiklos pradžios, tiek ir jos pabaigos laikas. Turint šią informaciją, nėra sudėtinga gauti veiklos atlikimo trukmę. Taip pat, laiką, kurį veikla praleido laukimo stadijoje. Vienas dažniausių ir paprasčiausių proceso tyrimų, turint šią informaciją, yra veiklos įvykių registro simuliacija, naudojant sudarytą proceso modelį [33]. Tai parodo, kiek laiko buvo truko veiklos, kurios iš jų buvo atliekamos ilgiausiai ar trumpiausiai. Galima matyti vidutinį jų atlikimo laiką, standartinį nuokrypį nuo vidutinės veiklos trukmės. Taip pat, matoma, kurios veiklos atliekamos daugiausiai kartų.

Kitas vizualinis procesų nagrinėjimo būdas yra veiklos atlikimo laiko atvaizdavimas. Ganto diagrama parodo, kiek laiko veiklos buvo atliekamos, kokia laukimo būsenos trukmė [34]. Ši vizualizacija gali būti braižoma tiek iš įvykio perspektyvos, tiek ir iš resursų perspektyvos. Nagrinėjant įvykio perspektyvą matomas visas proceso įvykdymas ir jo probleminės dalys. Kai yra tiriama resursų perspektyva, yra lengviau pastebėti, kurie žmonės ar veiklos skyriai veiklą atlieka ilgiausiai, kurie iš jų trumpiausiai. Taip pat, matyti, kuriuose resursų vienetuose veiklos turi ilgiausius laukimo laikus.

Analizuojant informaciją, kas atliko konkrečias veiklas, galima nustatyti socialinio tinklo priklausomybes. Turint veiklą atlikusio žmogaus informaciją (ar jo pareigas), galima nustatyti, kaip dažnai šis žmogus atlieka tokio tipo veiklas. Taip veiklą atlikę žmonės gali būti sugrupuoti į funkcines grupes [35]. Norint nustatyti ryšius tarp šių grupių, yra skaičiuojama, kaip dažnai veiklos yra perduodamos vieno žmogaus kitam. Taip sudaroma matrica, kuri parodo ryšius tarp žmogiškųjų išteklių. Socialiniai tinklai gali padėti išnagrinėti procesą, atsižvelgiant į konkrečius, juos atlikusius resursus. Tai padeda optimizuoti procesus, efektyviai paskirstyti veiklas. Taip pat, šio tinklo pagalba galima nagrinėti, kaip priklauso žmonių efektyvumas, kintant jų darbo krūviui.

2.7. Metodų kokybės įvertinimo metodai

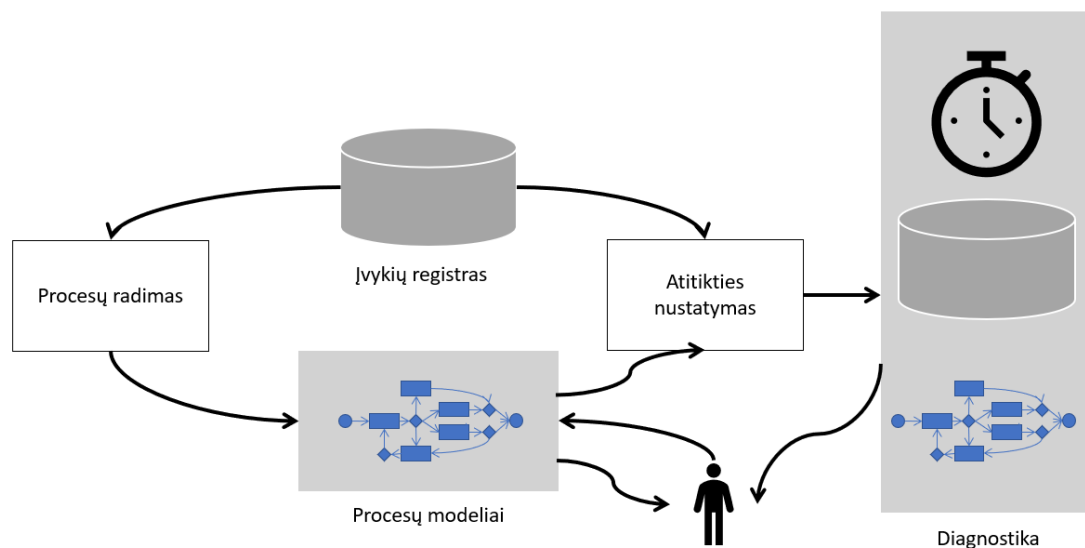
Duomenims pritaikius procesų tyrybos metodus ir reikalingus algoritmus rezultatams gauti, svarbu įvertinti gautų išvesčių kokybę ir jų tinkamumą kasdiniame naudojime. Visgi, procesų modelius yra sunku įvertinti, nes nėra universalaus kriterijaus, kurį turi atitikti gaunami rezultatai. Taip yra todėl, jog

nagrinėjamos veiksmų sekos dažnai nėra apibrėžtos, kai kurios proceso aplinkybės negali būti nustatytos. Tiriant šią sritį buvo išskirti keturi svarbiausi aspektai, kurie turi būti atspindėti modelio vertinime [36]:

- tikslumas;
- apibendrinamumas;
- paprastumas;
- tinkamumas.

Tikslumas atspindi tai, kaip tiksliai yra atvaizduojamos galimos proceso būsenos ir veiksmai. Apibendrinamumas – modelio savybė apibrėžti bendrąjį veiklos procesą, persimokymo situacijos vengimas. Paprastumas – šis modelio kokybės kriterijus apibūdina galimybę suprasti gautąją veiklos schemą, jos paprastumą naudoti. Tinkamumas šiuo atveju yra apibūdinamas kaip modelio gebėjimas atitikti nagrinėjamų duomenų aibę.

Svarbu suprasti, kaip sudarytasis proceso modelis atitinka realybę (10 pav.). Tam dažnai yra atliekamos veiklos įvykių registro simuliacijos, naudojant modelio sudarytą Petri tinklą. Taip yra žiūrima, kokie nukrypimai nuo proceso yra dažniausi, kodėl įvyksta nukrypimai nuo jo, ar galima numatyti netikslumus. Kiekvienas nukrypimas nuo proceso gali įvykti dėl dviejų priežasčių: sudarytas modelis nėra tinkamas veiklos įvykiams apibrėžti arba veiklos įvykiai nėra teisingi ir neatitinka numatytojo proceso [37]. Visgi, ne visi nukrypimai nuo apibrėžto proceso yra laikytini klaidomis. Kartais, modelio neatitinkantys reiškiniai, gali padėti rasti būdų optimizuoti veiklą, atsisakyti nereikalingų įvykių. Šie sėkmingi pavyzdžiai leidžia rasti proceso trūkumus, jį tobulinti, optimizuoti, gauti geresnius rezultatus nei buvo tikėtasi. Dėl to, procesų atitikimas realybėje yra svarbi sritis, kuri gali leisti pastebėti metodų trūkumus, juos tobulinti arba įvesti papildomų patikrinimo mechanizmų, norint išvengti nepageidaujamų nukrypimų nuo apibrėžtų veiksmų.



10 pav. Proceso modelio sudarymas

2.8. Metodų kokybės įvertinimo matai

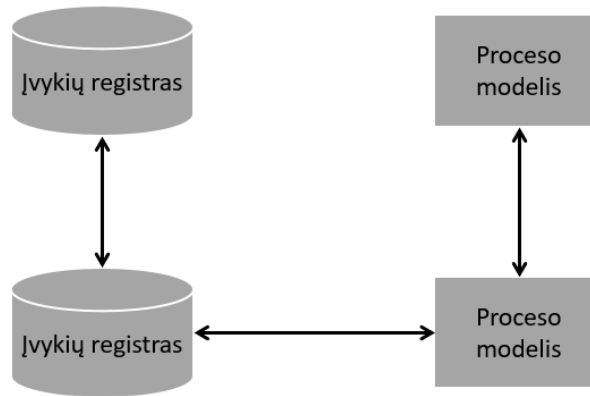
Norint sužinoti, ar metodai atitinka įvykius, stebimus veiklos įvykių registre, yra naudojami įvairūs metodų kokybės įvertinimo matai. Šie naudojami norint patikrinti modelių atitikimą realioms veiklos duomenims ir jų patikimumą. Taip pat, norint įvertinti, ar naudojami procesų identifikavimo algoritmai ir jų parametrai yra parinkti teisingai. Galiausiai, yra įvertinamas atitikimas specifikacijoms. Tai yra svarbu, norint nustatyti ir įvertinti ne tik rezultatų kokybę, bet ir pasirinktų metodų tinkamumą duomenims. Metodų tinkamumui įvertinti yra naudojami trys tipai atitikimo vertinimų [38]:

- atitikimo vertinimas, tiriant priežastinius pėdsakus;
- atitikimo vertinimas, naudojantis žetonais paremtais veiklos atkartojimais;
- lygiuote paremtas atitikimo patikrinimas.

Vienas iš atitikimo vertinimų tipų yra atitikimo vertinimas, naudojant priežastinius pėdsakus. Šie pėdsakai gali būti sukurti tiek sudarytam proceso modeliui, tiek ir veiklos įvykių registriui. Proceso modelio pėdsaku vadinsime matricą, kurioje yra užfiksuoti keturi įvykių sąveikos tipai [11]:

- tiesioginė seka tarp įvykių x ir y yra žymima $x > y$, yra sakoma, jog x tiesiogiai seka y , jei įvykių veiklos registre x yra prieš y einantis įvykis;
- priešastingumas tarp įvykių x ir y yra žymimas $x \rightarrow y$, ši sąlyga galioja, kai $x > y$ ir nėra teisinga sąlyga $y > x$;
- paraleliškumas tarp įvykių x ir y yra žymimas $x \parallel y$, ši sąlyga galioja, kai $x > y$ ir $y > x$;
- pasirinkimas tarp įvykių x ir y yra žymimas $x \# y$ ši sąlyga galioja, kai nėra teisinga nei $x > y$, nei $y > x$.

Atitikimo matas yra vertinamas verte tarp 0 ir 1, kai 0 yra prasčiausias galimas modelis, o 1 – geriausias galimas modelis [31]. Veiklos įvykių registro priežastinis pėdsakas gali būti lyginamas su proceso modeliu, kurį pavyko sudaryti, naudojantis procesų radimo metodais. Įvykiai, kurių sąveika nėra to paties tipo, yra registruojami ir jų kiekis yra lyginamas su bendru įvykių kiekiu $1 - \frac{k}{n}$. Čia k – nesutampančių sąveikų kiekis, n – bendras sąveikų kiekis. Taip gali būti lyginamas veiklos įvykių registro pėdsakas su kito veiklos įvykių registro pėdsaku, veiklos įvykių registras su proceso radimo metodu sudarytu modelio pėdsaku ir proceso radimo metodu sudarytas modelio pėdsakas su kitu proceso radimo metodu sudaryto modelio pėdsaku (11 pav.). Visgi, šis atitikimo matas turi ir trūkumų. Jis neatsižvelgia į bendrą veiklos įvykių kitimo dinamiką. Taip pat, nėra atsižvelgiama ir į įvykių pasikartojimo dažnius, tad matas yra neatsparus triukšmui duomenyse. Galiausiai, tiek tikslumą, tiek apibendrinamumą, tiek tinkamumą duomenims yra bandoma atvaizduoti viena metrika. Todėl šis matas parodo tik bendrą metodų ar veiklos įvykių registrų atitikimą procesui.



11 pav. Pėdsakų palyginimas

Atitikimo matai, paremti žetonais grįšto atkartojimo būdu, gali įvertinti modelį detaliau. Šis metodas remiasi žetono atitikimo principu Petri tinkluose [39]. Vykdamas metodą yra simuliuojamas veiklos įvykių registras. Kai nagrinėjamas vienas įvykis, yra skaičiuojama, kiek žetonų sunaudojama atlikti procesui ir kiek jų trūksta. Tai įvertinus yra išvedamas tinkamumo matas $fitness(\sigma, N) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{m}{c}\right) + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{r}{p}\right)$. Čia m – trūkstamų žetonų kiekis, c – sunaudotų žetonų kiekis, r – po proceso likusių žetonų kiekis, p – pagamintų žetonų kiekis. Procesui inicijuoti yra pagaminamas žetonas, o jam pasibaigus žetonas sunaudojamas. Nagrinėjant visą procesą, ši formulė yra generalizuojama $fitness(L, N) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\sum_{\sigma \in L} L(\sigma) m_{N, \sigma}}{\sum_{\sigma \in L} L(\sigma) c_{N, \sigma}}\right) + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\sum_{\sigma \in L} L(\sigma) r_{N, \sigma}}{\sum_{\sigma \in L} L(\sigma) p_{N, \sigma}}\right)$. Vykdamas šį kokybės įvertinimo metodą, nėra sunku nustatyti, kurioje proceso vietoje yra proceso modelio neatitikimai. Modelio panaudojimas leidžia matyti, kurios veiklos sudaro daugiausiai trūkstamų žetonų, kur jų lieka daugiausiai. Tai leidžia daryti daug detalesnes išvadas apie modelį ir jo tinkamumą.

Galiausiai, lygiavimu paremtas atitikimo matas gali atsižvelgti į bet kokią proceso modelio notaciją (tiek veiklos įvykių registrą, tiek Petri tinklus ar kitus proceso modelio tipus). Šis metodas leidžia matyti veiksmų sekas, panašias į sumodeliuotąjį procesą. Tai yra reikalinga, norint atlikti butelio kaklelių analizę, tikslumo matams ir gilesnėms išvargoms apie metodą. Lygiuotės principas yra paaiškinamas veiklos įvykių registre fiksuojamos sekos bei proceso modelyje suformuotos sekos palyginimu [40]. Tai leidžia matyti veiksmų sekas, kurios gali įvykti realybėje, bet nėra leidžiamos proceso modelyje arba atvirkščiai. Kadangi modelyje sekų gali būti daug, o jų visų lyginti su realybėje įvykusia veiksmų seka nėra prasmės, modelyje yra ieškoma optimali lygiuotė. Ji nustatoma tokia, kad baudos kaina būtų mažiausia. Baudos kaina yra įvertinama naudojantis baudos funkcija. Ši funkcija gali būti sudaryta laisvai ir vertinti atskirus įvykius ar jų sekas.

Skaičiuojant tinkamumą, vertinamas blogiausias scenarijus. Šis scenarijus yra apibrėžiamas, kaip veiksmų sekos atkartojimas proceso modelyje taip, kad į veiksmų seką būtų įtraukiami tik veiklos įvykių registre stebimi įvykiai, jei reikia iš modelio įtraukiant įvykius, kurie sudarytų trumpiausią kelią iki kito veiklos įvykių registre stebimo įvykio. Taip sudaryti metodų kokybės vertinimo matai atspindi veiklą,

kuri yra tiesiogiai susijusi su realybėje vykstančiais įvykiais. Taip pat, šie matai yra labai lankstūs, jais galima apibrėžti ir tikslumą, ir tinkamumą duomenims. Rodikliai leidžia atlikti detalią modelio diagnostiką, jos pagalba daryti išvalgas apie modelio veikimą.

3. Rezultatai

3.1. Duomenų aprašymas

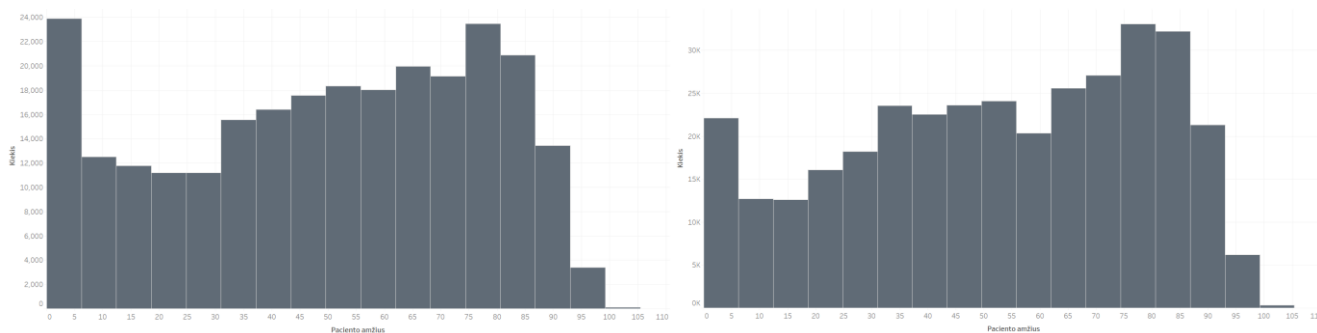
Vykdam įvairias veiklas vis didesnis dėmesys kreipiamas į patį veiklos procesą. Viena iš sričių, kur optimalus proceso laikas ir eiga gali būti kritiškai svarbi yra ligoninėse vykstantys procesai. Dar svarbesni šie elementai tampa nagrinėjant atvejus, kai skubi pagalba yra būtina pacientui, tokių atvejų dažnai pasitaiko ligoninių greitosios pagalbos skyriuose. Analizei buvo naudoti skubiosios pagalbos teikimo skyriaus duomenys iš dviejų rajono ligoninių, surinkti Alessandro Stefanini kartu su kitais Italijos Pisa universiteto tyrėjais [41]. Jie apėmė laikotarpį tarp 2017 metų vasario ir rugpjūčio. Šie duomenys apibrėžia pagalbos pacientui procesą – nuo atvykimo į skubios pagalbos centrą, iki išvykimo iš gydymo įstaigos. Pacientų apžiūros atvejai yra apibrėžiami veiklomis, kurios leidžia identifikuoti paciento diagnozę, būklės kritiškumą bei tolimesnį gydymo bei priežiūros būdą.

Duomenų failą sudaro devyni kintamieji:

- atvejo identifikacinis numeris;
- paciento amžius;
- priėmimo data;
- diagnozė;
- tolimesnio gydymo vieta;
- veikla;
- veiksmo laikas;
- antrasis veiksmo laikas;
- veiklos atributai.

Atvejo identifikacinis numeris apibrėžia pacientus bei jų veiklas priėmimo metu. Šis numeris yra unikalus paciento vizitui ir leidžia tiksliai nustatyti unikalų vizitą. Pirmojoje ligoninėje unikalų vizitų buvo 30 046, antrojoje – 35 394.

Paciento amžiaus kintamasis apibrėžia skubiąją pagalbą gavusio žmogaus amžių priėmimo metu. Šio kintamojo pasiskirstymas abiejose ligoninėse yra panašus (12 pav.). Pirmojoje ligoninėje jauniausias pacientas neturėjo metų, o vyriausiasis buvo 103 metų. Antrojoje ligoninėje jauniausias pacientas neturėjo metų, o vyriausiasis buvo 105 metų.



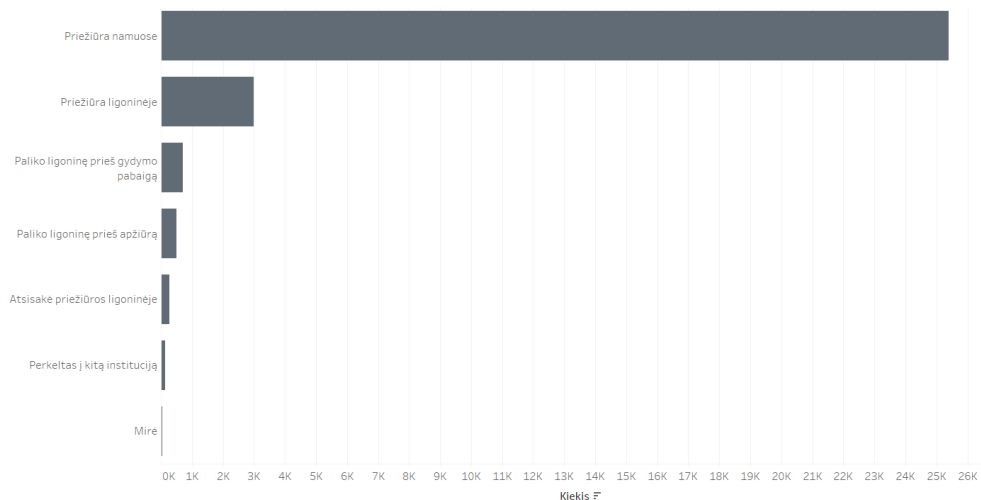
12 pav. Paciento amžiaus kintamojo histograma pirmojoje ir antrojoje ligoninėje

Priėmimo datos kintamasis parodo, kada pacientui buvo suteikta skubi pagalba. Šis kintamasis taip pat apibrėžia ir nagrinėjamų duomenų laikotarpį. Pirmojoje ligoninėje priėmimo data yra nuo 2017 metų vasario 1 dienos, iki rugpjūčio 1 dienos. Antrojoje ligoninėje šis laikotarpis yra nuo 2017 metų vasario 2 dienos, iki rugpjūčio 31 dienos.

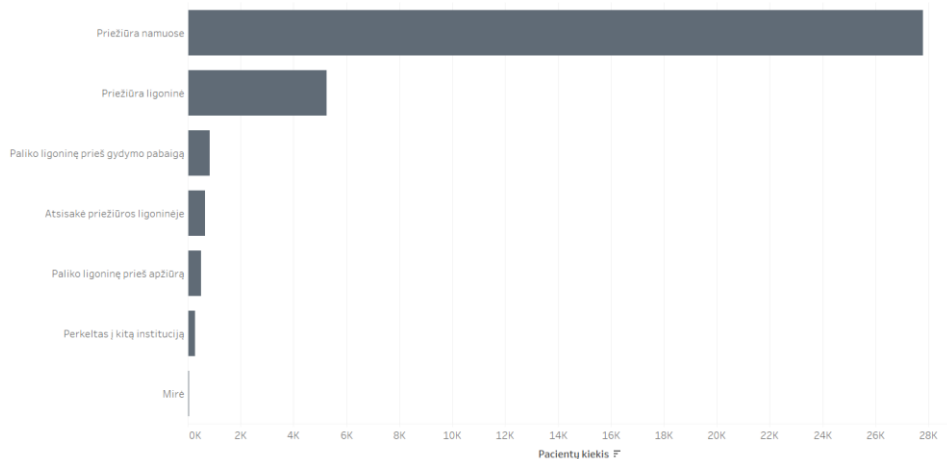
Diagnozė apibrėžia gydytojo nustatytą būklę pacientui. Ji yra apibrėžiama kodu ir ligos pavadinimu.

Tolimesnio gydymo vieta apibrėžia, kaip pacientas paliko skubios pagalbos skyrių. Tiek pirmojoje, tiek ir antrojoje ligoninėje pacientai gali palikti skubiosios pagalbos skyrių tais pačiais būdais. Jų pasiskirstymas yra panašus. Pirmojoje ligoninėje (13 pav.) pacientai dažniau yra išleidžiami gydytis namuose, o antrojoje (14 pav.) jiems yra dažniau skiriamas gydymas ligoninėje. Šis kintamasis gali įgyti 7 skirtingas reikšmes:

- skirtas gydymas namuose;
- skirtas gydymas ligoninėje;
- pacientas išvyko nepasibaigus apžiūrai;
- pacientas atsisakė gydymo ligoninėje;
- pacientas išvyko prieš apžiūrą;
- pacientas perkeltas į kitą gydymo įstaigą;
- pacientas mirė skubiosios pagalbos skyriuje.



13 pav. Pacientų tolimesnės gydymo eigos skyrimas pirmojoje ligoninėje

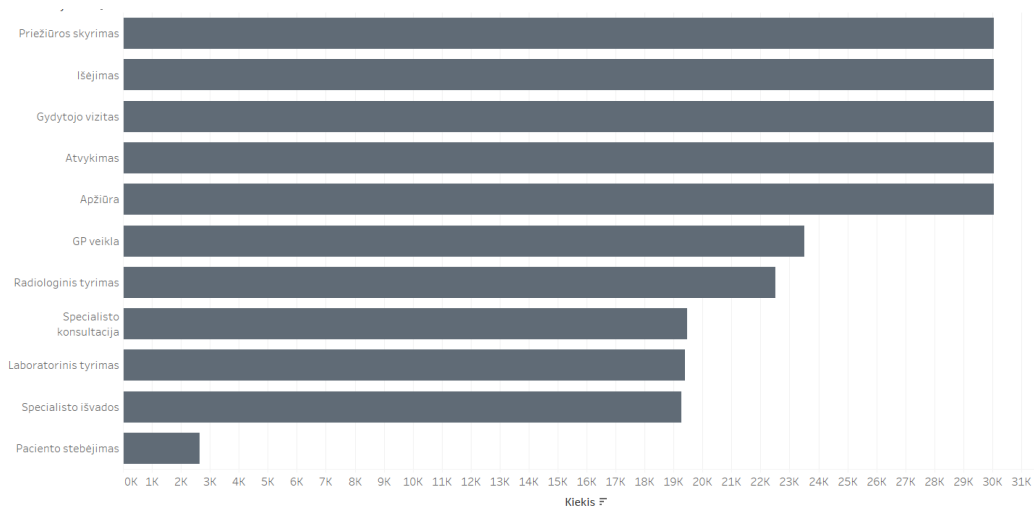


14 pav. Pacientų tolimesnės gydymo eigos skyrimas antrojoje ligoninėje

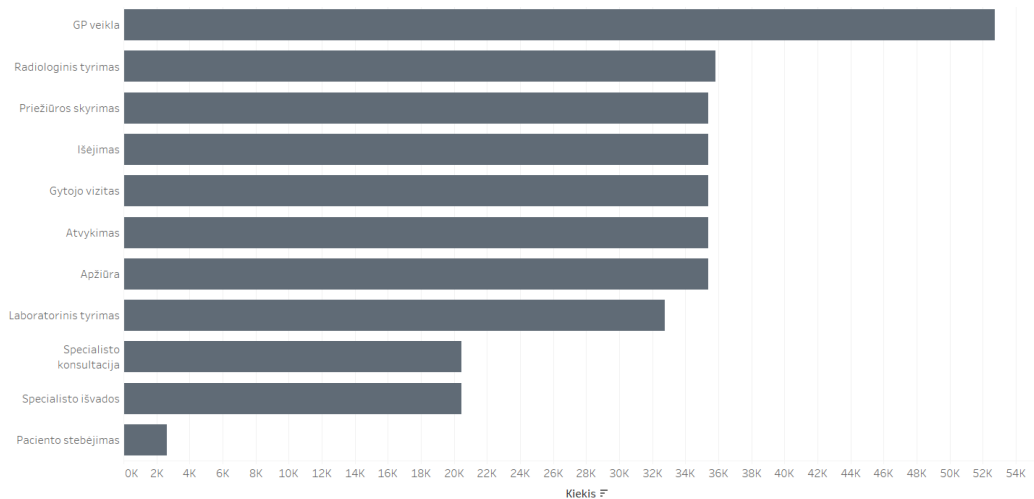
Veiklos kintamasis apibrėžia veiksmus, kuriuos pacientas atliko būdamas skubiosios pagalbos skyriuje. Šie veiksmai gali būti:

- pirminė apžiūra;
- pirmasis gydytojo vizitas;
- skubios pagalbos skyriaus palikimas;
- tolimesnės paciento priežiūros priskyrimas;
- atvykimas;
- greitosios pagalbos veikla;
- radiologiniai tyrimai;
- specialisto konsultacija;
- laboratoriniai tyrimai;
- specialisto apžiūra;
- stebėjimas ligoninės patalpoje.

Pirmojoje ligoninėje dažniausiai atliekamos veiklos yra: pirminė apžiūra, pirmasis gydytojo vizitas, skubios pagalbos skyriaus palikimas, tolimesnės paciento priežiūros priskyrimas, atvykimas (15 pav.). Antrojoje ligoninėje dažniausiai yra atliekamos įvairios skubios pagalbos veiklos (16 pav.). Šis neatitikimas gali būti susijęs su tuo, jog daug skirtingų veiklų gali būti apibrėžtos kaip skubiosios pagalbos veiklos. Dėl to, šių veiklų kiekis pacientams gali būti didesnis nei aiškiai apibrėžtų veiklų.



15 pav. Skubiosios pagalbos skyriaus veiklų dažniai pirmojoje ligoninėje



16 pav. Skubiosios pagalbos skyriaus veiklų dažniai antrojoje ligoninėje

Veiksmo laikas nusako, kada įvyko veikla. Šis laikas yra matuojamas sekundžių tikslumu. Antrasis veiksmo laikas nusako, kada buvo baigta veikla. Šis laikas taip pat yra matuojamas sekundžių tikslumu.

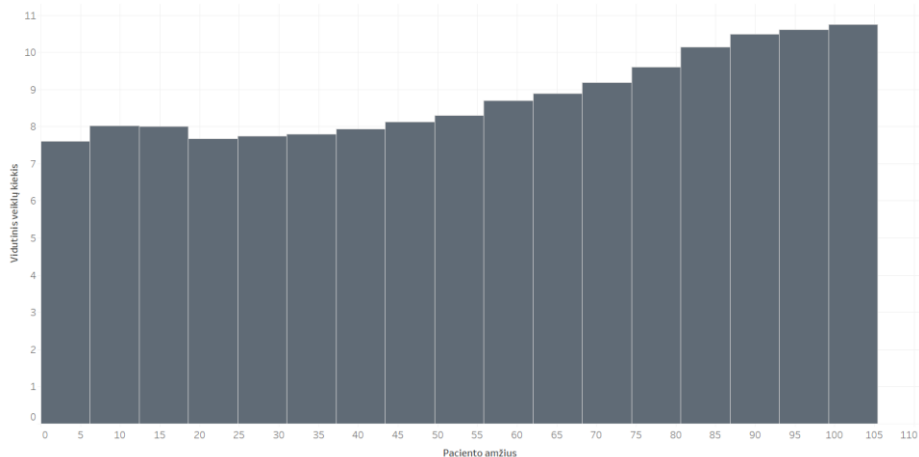
Veiklos atributai nusako papildomą informaciją apie veiksmą. Ši informacija gali būti susijusi su tyrimų išvadomis, diagnoze ar paciento būkle. Tai yra laisvai įvedamas teksto laukas.

3.2. Pagrindinės proceso statistikos

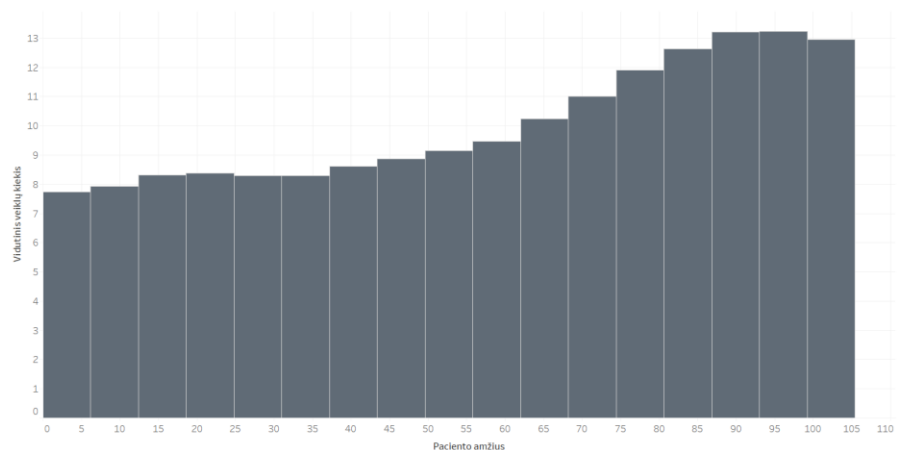
Norint geriau suprasti skubios pagalbos skyriuje vykstančius procesus, buvo tiriamos statistinės proceso statistikos. Šios metrikos gali padėti geriau suprasti vykstantį procesą, jo niuansus. Šie niuansai gali drastiškai keisti proceso atlikimą ar atskiras jo dalis. Rodiklių analizė leidžia išskirti atvejus, kuomet keičiasi proceso trukmė ar atliekamų veiksmų kiekis. Tai gali daryti įtaką paciento pasitenkinimui teikiamomis paslaugomis arba, skubios pagalbos skyriaus atveju, atliekamų veiksmų kiekis ir trukmė gali nulemti, ar pacientas gaus laiku pagalbą, kuri padės jo sveikatos būklei. Šios statistikos ir proceso

priklausomybė nuo jų buvo nagrinėjamos abiejuose skirtingų skubios pagalbos skyrių duomenų rinkiniuose. Jos yra lyginamos su paciento būkle, proceso trukme ir atliekamų veiklų kiekiu.

Žvelgiant į tai, kaip priklauso skirtingų veiklų kiekis ligoninėje nuo amžiaus, matyti, jog veiklų kiekis didėja, didėjant paciento amžiui. Pacientai iki 45 metų dažnai atlieka tarp 7 ir 8 veiklų proceso metu (17 pav.). Vyriausi pacientai atlieka vidutiniškai 11 veiklų apsilankymo skubiosios pagalbos skyriuje metu. Antrojoje ligoninėje pacientai iki 15 metų atlieka vidutiniškai apie 8 veiklas vizito metu (18 pav.). Šioje ligoninėje daugiausiai veiklų vidutiniškai atlieka pacientai tarp 85 ir 100 metų. Jie vidutiniškai turi 13 procedūrų apsilankymo skubios pagalbos skyriuje metu.



17 pav. Vidutinis veiklų kiekis skirtingais amžiaus tarpsniais pirmoje ligoninėje



18 pav. Vidutinis veiklų kiekis skirtingais amžiaus tarpsniais antroje ligoninėje

Pacientų amžiaus ir veiklos kiekio sklaidos diagrama rodo, kaip yra pasiskirstęs veiklų kiekis tarp skirtingų pacientų amžiaus grupių. Pirmojoje ligoninėje matome (19 pav.), jog visose amžiaus grupėse daugiausiai pacientų skyriuje dalyvauja nuo 5 iki 15 veiklų. Visgi, matyti, jog daugiausiai veiklų atlikę pacientai yra ir vyriausieji iš tiriamųjų. Antrojoje ligoninėje matome (20 pav.), jog visose amžiaus grupėse daugiausiai pacientų skyriuje dalyvauja nuo 5 iki 15 veiklų. Visgi, didėjant paciento amžiui, matyti, jog veiklų skaičius smarkiai išauga. Didžiausi veiklų kiekiai matomi vyriausiose amžiaus grupėse.

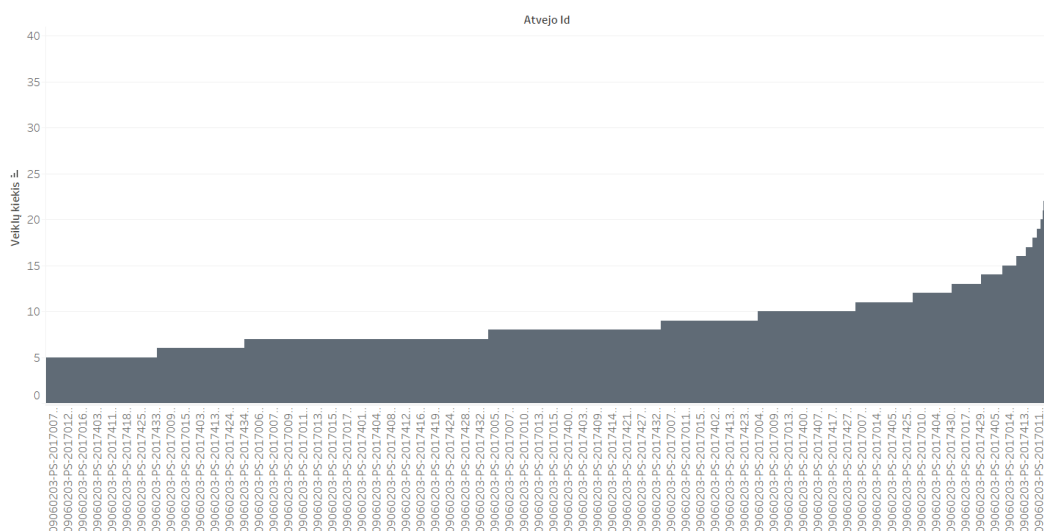


19 pav. Pacientų amžiaus ir atliekamų veiklų kiekio sklaidos diagrama pirmoje ligoninėje

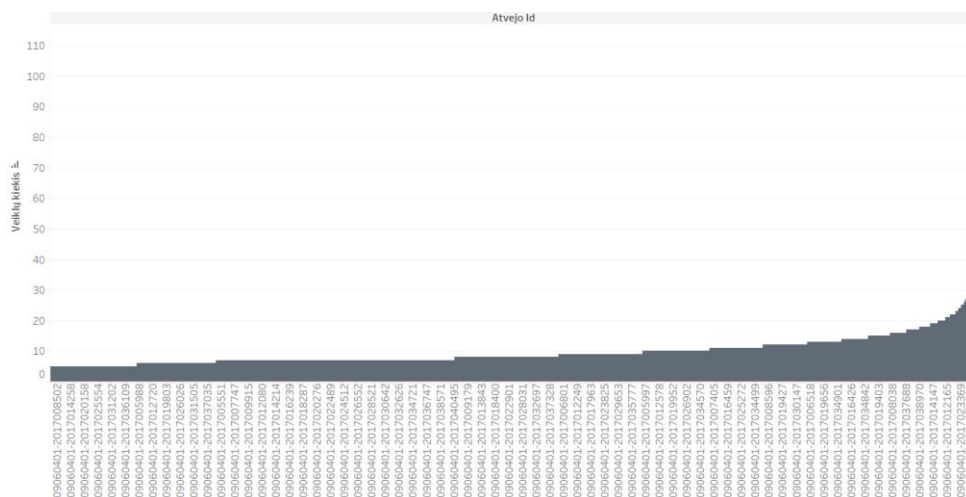


20 pav. Pacientų amžiaus ir atliekamų veiklų kiekio sklaidos diagrama antroje ligoninėje

Stulpelinė diagrama, parodanti atskirų atvejų veiklų skaičių, rodo, jog tik maža dalis atvejų yra sudaryti iš daug veiklų. Didžiausia dalis atvejų apima (įvykdo) iki dešimties veiklų per apsilankymą skubios pagalbos skyriuje. Pirmoje ligoninėje mažiausiai yra įvykdomos 5 veiklos, o daugiausiai 39 (21 pav.). Antroje ligoninėje pacientų veiklų skaičius skubiosios pagalbos skyriuje svyruoja tarp 5 ir 110 (22 pav.).

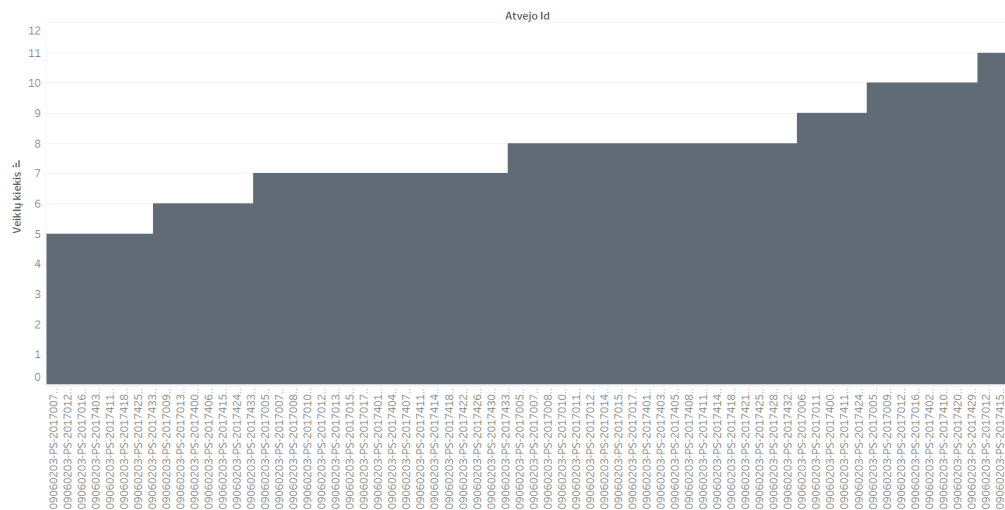


21 pav. Pacientų atliekamų veiklų kiekis pagal atvejų kiekį pirmoje ligoninėje

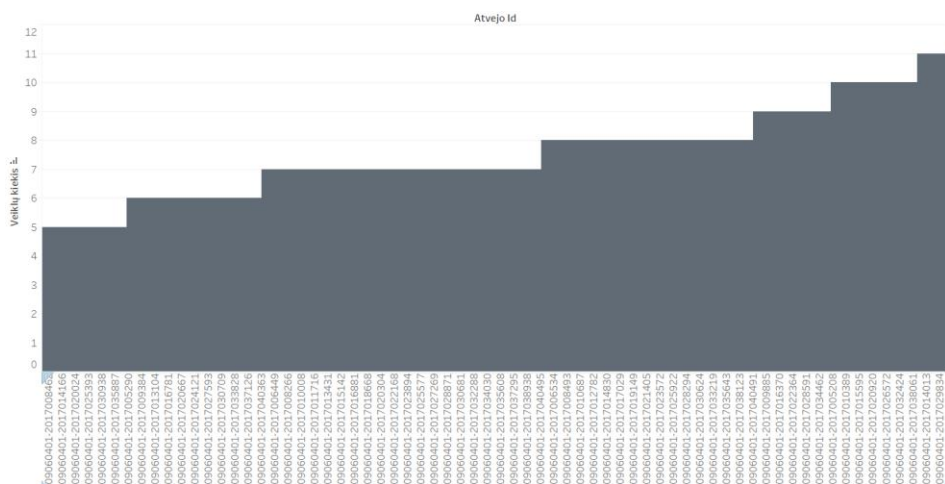


22 pav. Pacientų atliekamų veiklų kiekis pagal atvejų kiekį antroje ligoninėje

Diagrama, parodanti atskirų atvejų skirtingų veiklų skaičių taip pat patvirtina, jog tik maža dalis atvejų yra sudarytų iš daug veiklų. Didžiausia dalis pacientų įvykdo 7 ar 8 skirtingas veiklas per apsilankymą skubios pagalbos skyriuje. Pirmoje ligoninėje mažiausiai yra įvykdomos 5 skirtingos veiklos, o daugiausiai 11 (23 pav.). Antroje ligoninėje pacientų skirtingų veiklų skaičius skubiosios pagalbos skyriuje svyruoja tarp 5 ir 11 (24 pav.).

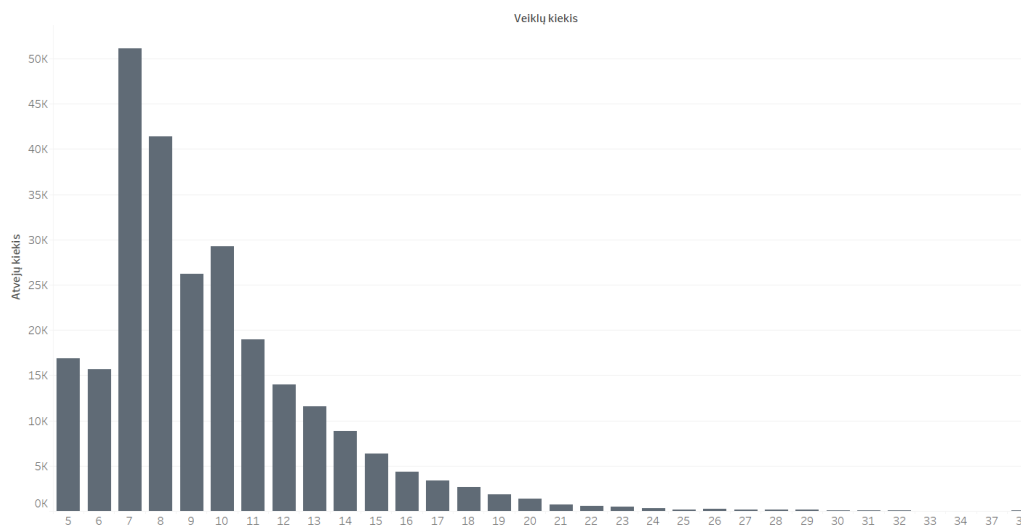


23 pav. Pacientų atliekamų skirtingų veiklų kiekis pirmoje ligoninėje

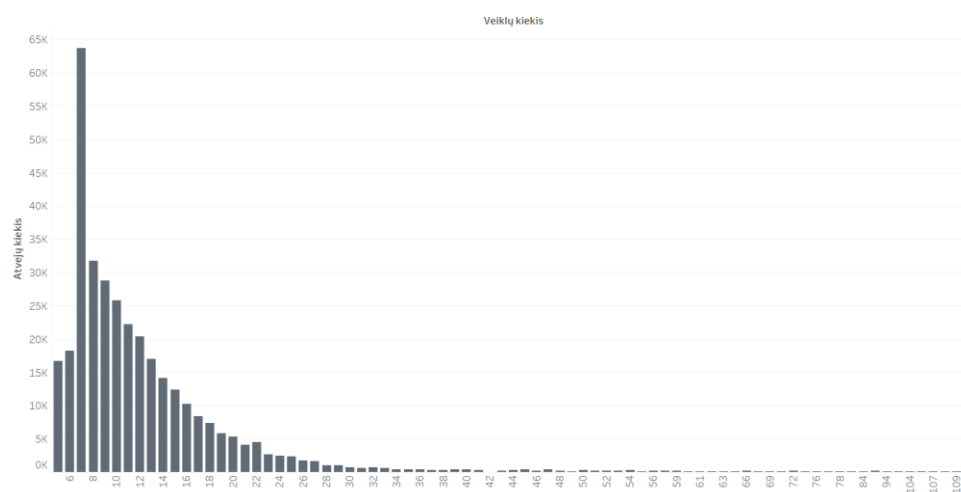


24 pav. Pacientų atliekamų skirtingų veiklų kiekis antroje ligoninėje

Veiklų pasiskirstymas patvirtina aptartą dinamiką. Matyti, jog tiek pirmojoje (25 pav.), tiek antrojoje (26 pav.) ligoninėse skubios pagalbos skyriuose didelei daliai žmonių tenka atlikti mažą veiksmų kiekį. Veiklų skirstiniai nėra simetriški. Pirmuoju atveju veiksmų mediana yra lygi 8, o atliekamų veiksmų vidurkis – 8,55. Antruoju atveju veiksmų mediana yra lygi 8, o atliekamų veiksmų vidurkis – 9,66. Laiko atžvilgiu pasiskirstymas atitinka tą pačią dinamiką. Pirmojoje ligoninėje vizito trukmės mediana yra 2,9 valandos, o vidurkis 8,4 valandos. Antrojoje ligoninėje vizito trukmės mediana yra 3,8 valandos, o vidurkis 4,5 dienos.



25 pav. Veiksmų pasiskirstymas pirmosios ligoninės skubios pagalbos skyriuje



26 pav. Veiksmų pasiskirstymas antros ligoninės skubios pagalbos skyriuje

Dažniausiai įvykstančios veiksmų sekos apibūdina šabloninę proceso eigą ligoninėje. Tai padeda nustatyti ir svarbiausius veiksmus skubios pagalbos skyriuje. Šie veiksmai pasikartoja reikšmingoje dalyje atvejų ir sudaro pagrindą teorinei proceso eigai. Jie yra įvardijami kaip privalomosios proceso dalys, jo pagrindas. Dažniausiai atliekami proceso variantai yra identiški abiejose ligoninėse:

- atvykimas;
- pirminė apžiūra;
- pirmasis gydytojo vizitas;
- tolimesnės paciento priežiūros priskyrimas;
- skubios pagalbos skyriaus palikimas.

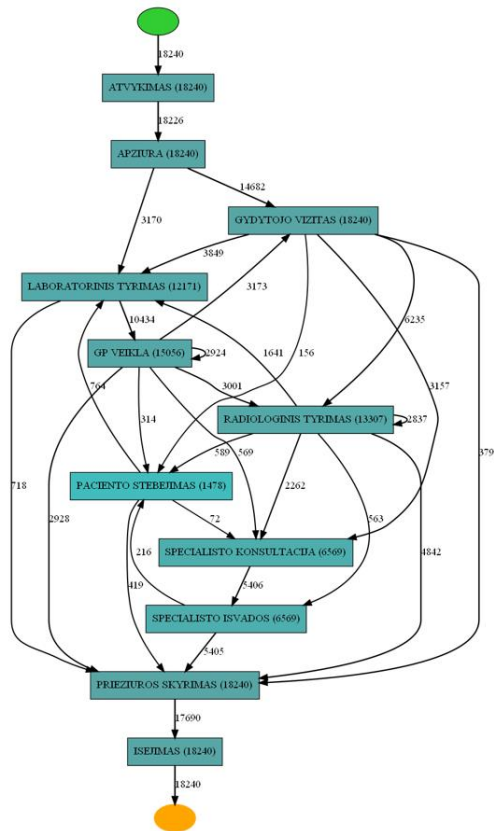
3.3. Modeliai

Siekiant suprasti ir apibrėžti skubios pagalbos skyriuje vykstančius procesus, iš veiklos įvykių registro buvo sudaromos šabloninės proceso schemos (1 priedas). Jos padeda suprasti, kaip vyksta atskiri veiksmai proceso metu, kas daro įtaką jų pasirodymui ar nebuvimui procese, koks jų pasirodymo dažnis bei eiliškumas. Šios informacijos pagalba įprastai yra vykdoma butelio kaklelių analizė, priežastingumo tyrimai. Pasitelkus papildomą informaciją apie įvykius, galima vykdyti socialinių tinklų ar sprendimo taškų analizę. Taip pat, šių schemų pagalba, galima išskirti dažniausiai vykstančias veiksmų sekas, nagrinėti retai pasitaikančius atvejus. Supaprastintos proceso veiksmų diagramos yra naudingos norint paaiškinti proceso prasmę ir apmokyti jį atliekantį personalą. Dėl šių savybių, proceso modeliai yra svarbus procesų tyrybos aspektas ir gali padėti atlikti išsamią veiksmų analizę, siekiant pateikti naudingas išvagas.

Pirmosios nagrinėjamos ligoninės atveju, matyti, jog iš veiklos įvykių registro gaunama proceso schema yra sudėtinga (27 pav.). Dėl painios struktūros, šią veiksmų seką galima vadinti spagečių (angl. spaghetti) tipo procesu. Jis nėra struktūruotas, veiksmų tvarka ir kiekis daugeliu atvejų skiriasi. Procesas gali prasidėti bet kuria iš 11 skirtingų veiklų. Baigiamieji veiksmai taip pat gali būti bet kurie iš esančiųjų. Visos veiklos gali įvykti bet kuria eilės tvarka, nepriklausomai, nuo anksčiau įvykusių veiksmų. Visgi, matyti, jog kai kurie scenarijai yra retai pasitaikantys. Tik 48 skubios pagalbos teikimo atvejai prasidėjo bendrine skubiosios pagalbos veikla, didžioji dalis atvejų – 18 488, prasidėjo paciento atvykimu į skubiosios pagalbos skyrių, kitos pradžios veiklos taip pat nėra dažnos, jų yra įvykę mažiau nei 1000 atvejų. Panaši dinamika yra stebima ir paskutinės veiklos procese. 19 492 atvejų baigiasi skubiosios pagalbos skyriaus palikimo veiksmu, 20 atvejų skyrių palieka po paciento stebėjimo ligoninės patalpoje. Kitos veiklos yra galutinės mažiau nei 1000 atvejų.

Sudaryto proceso modelio kokybės parametrai yra lygūs:

- *tinkamumas* = 0,9;
- *tikslumas* = 0,99;
- *apibendrinamumas* = 0,92;
- *paprastumas* = 0,47.

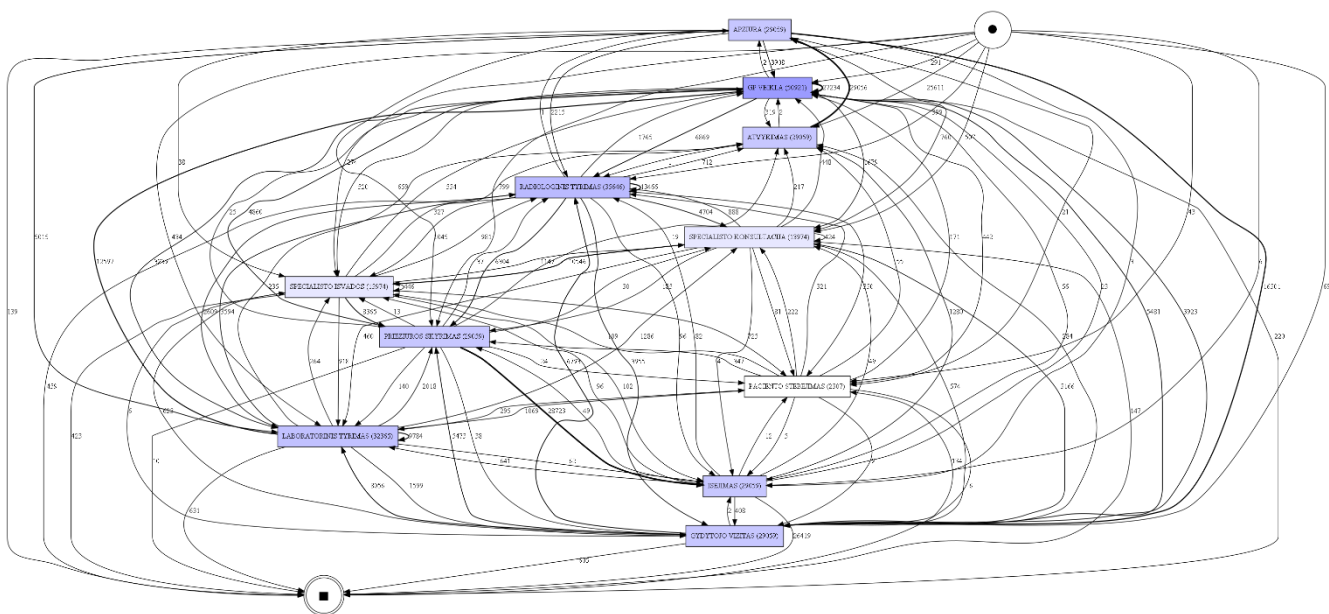


28 pav. Supaprastintas skubios pagalbos teikimo procesas pirmojoje ligoninėje

Nagrinėjant procesą, vykstantį antroje ligoninėje, stebimas iš pažiūros labai panašus procesas kaip ir pirmojoje ligoninėje (29 pav.). Šį procesą dėl painios struktūros taip pat galima vadinti spagečių tipo procesu. Procesas gali prasidėti bet kuria iš 10 skirtingų veiklų. Vienintelė veikla, kuria procesas nėra prasidėjęs nei vienu atveju – pirminė paciento apžiūra. Vienintelė veikla, kuria procesas negali baigtis – paciento atvykimas į skubiosios pagalbos skyrių. Veiklos gali įvykti įvairia eilės tvarka, nepriklausomai, nuo anksčiau įvykusių veiksmų. Visgi, matyti, jog kai kurie scenarijai yra retai pasitaikantys. Tik 6 skubios pagalbos teikimo atvejai prasidėjo paciento išėjimu iš skubiosios pagalbos skyriaus, didžioji dalis atvejų – 25 611 prasidėjo paciento atvykimu į skubiosios pagalbos skyrių, kitos pradžios veiklos taip pat nėra dažnos, jų yra įvykę mažiau nei 1000 atvejų. Panaši dinamika yra stebima ir paskutinės veiklos procese. 26 419 atvejų baigiasi skubiosios pagalbos skyriaus palikimo veiksmu, tik 6 pacientai skyrių paliko po paciento stebėjimo ligoninės patalpoje. Kitos veiklos yra galutinės veiklos procese mažiau nei 1000 atvejų.

Sudaryto proceso modelio kokybės parametrai yra lygūs:

- *tinkamumas* = 0,93;
- *tikslumas* = 0,72;
- *apibendrinamumas* = 0,91;
- *paprastumas* = 0,46.

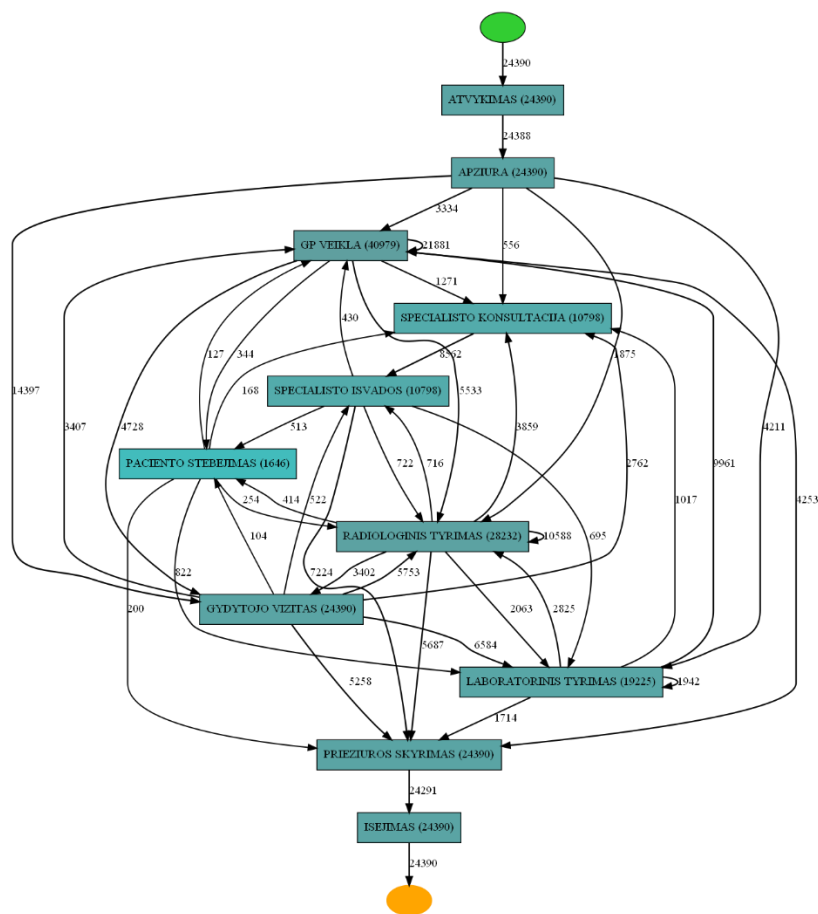


29 pav. Skubios pagalbos teikimo procesas antrojoje ligoninėje

Kaip ir pirmosios ligoninės atveju, siekiant pavaizduoti supaprastintą proceso schemą, įvykiai kurie neprasideda paciento atvykimu į skubiosios pagalbos skyrių ar nesibaigia išėjimu iš skyriaus buvo laikomi išskirtimis ir toliau nebuvo nagrinėjami sudarant proceso modelį. Šiuo atveju, skubiosios pagalbos teikimui apibūdinti taip pat buvo naudojamas euristinis procesų tyrybos algoritmas. Ligoninės skubios pagalbos teikimo procesas yra pradedamas paciento atvykimu į skyrių (30 pav.). Atvykus į ligoninę, pacientas yra apžiūrimas. Po to, pacientui yra atliekami laboratoriniai tyrimai arba jį apžiūri gydytojas. Pažymėtina, jog antrosios ligoninės atveju, dažnai yra atliekamos įvairios skubiosios pagalbos skyriausi veiklos, kurios nėra apibrėžtos. Jos dažnai yra kartojamos. Dėl to, šių veiklų dažnis yra pastebimai didesnis nei pirmosios ligoninės atveju. Taip pat, matyti, jog antrosios ligoninės atveju, skubios pagalbos skyriuje pirmasis gydytojo vizitas yra atliekamas prieš skiriamus tyrimus. Tik radiologiniai tyrimai gali būti atliekami prieš gydytojo vizitą. Taip pat, atliekant įvairius tyrimus ar esant neaiškiai paciento situacijai gydytojo apžiūros metu, gali būti kreiptasi į kitą specialistą, siekiant suteikti nuodugnesnę apžiūrą. Šis specialistas apžiūri pacientą ir pateikia išvadas apie jo sveikatą. Nustatius pagrindinę diagnozę, po tyrimų ar gydytojo apžiūros, pacientui yra pateikiamos gydymo rekomendacijos ir jis gali palikti skubios pagalbos skyrių.

Sudaryto proceso modelio kokybės parametrai yra lygūs:

- *tinkamumas* = 0,9;
- *tikslumas* = 0,73;
- *apibendrinamumas* = 0,93;
- *paprastumas* = 0,49.



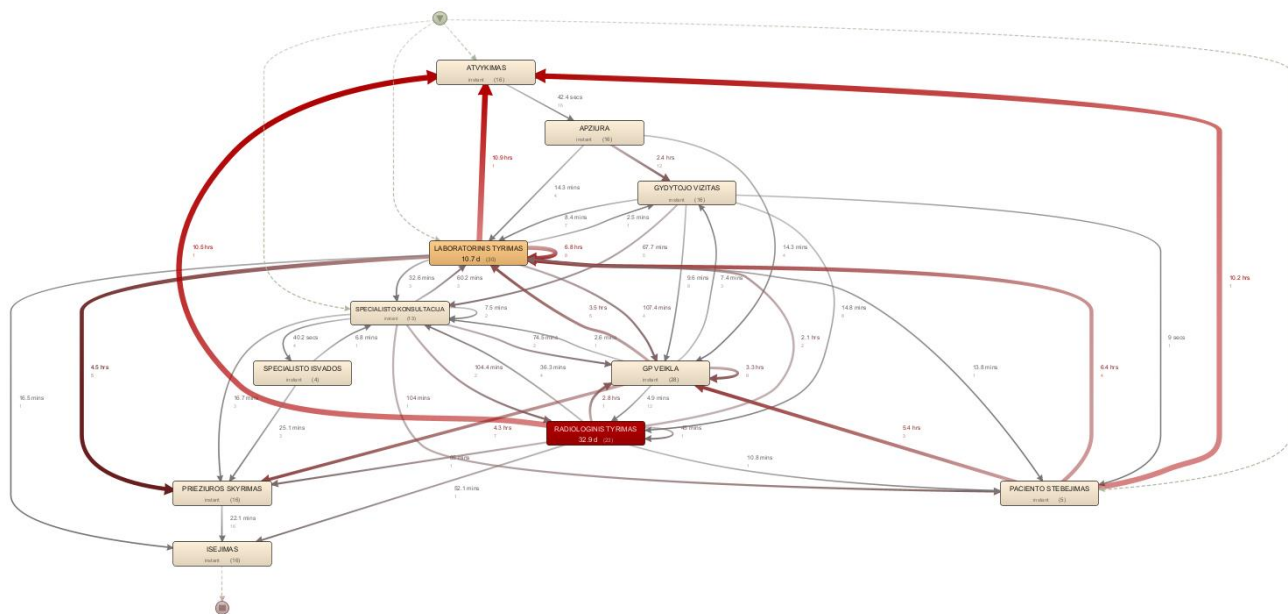
30 pav. Supaprastintas skubios pagalbos teikimo procesas antrojoje ligoninėje

3.4. Modelių atitiktis

Sudarius šabloninį proceso modelį, jo atitikimas realybėje yra tiriamas naudojant atitikties analizę. Norint nustatyti proceso metu vykstančius retus įvykius, yra naudojami modelių atitikties analizės rezultatai, kurie apibūdina nešabloninius proceso atvejus. Yra apibūdinami retai pasitaikantys įvykiai procese, jų pasirodymo aplinkybės, užimama dalis, trukmė. Šios išvalgos leidžia apibrėžti įvykius, kurie neatitinka bendrosios eigos. Šių įvykių analizė gali padėti nustatyti, dėl kokių priežasčių jis neatitinka sudarytojo proceso modelio. Taip pat, skubiosios pagalbos skyriaus atveju, ji padeda nustatyti pacientus, kuriems gali būti reikalinga netipinė pagalba. Tokių pacientų identifikacija gali padėti nustatyti skirtingus pacientų tipus, reikalingiausius resursus suteikti pagalbai. Tai, savo ruožtu, gali sumažinti krūvį gydytojams ir užtikrinti pacientus, kurie yra patenkinti skubiosios pagalbos skyriaus paslaugomis.

Pirmiausia, buvo krepiamas dėmesys į įvykius, kurie vyksta kitaip nei šabloniniai proceso atvejai. Vienas svarbiausių elementų, kuris lemia sėkmingą paciento gydymą skubios pagalbos skyriuje yra laikas. Vidutinė trukmė, kurią pacientas praleidžia skubiosios pagalbos skyriuje pirmojoje ligoninėje yra lygus 8,4 valandos. Antrojoje ligoninėje šis laikas yra lygus 20,9 valandos. Šio periodo sutrumpinimas gali padėti nustatyti pacientams diagnozę, laiku pašalinti neigiamas pasekmes. Norint išsiaiškinti, kurios iš veiklų trunka ilgiausiai, buvo nagrinėjamos veiklos, kurios buvo atliekamos ilgiau nei 30 dienų pirmojoje ligoninėje (31 pav.). Matyti, jog pacientams ilgiausiai trukusi veikla yra radiologiniai tyrimai.

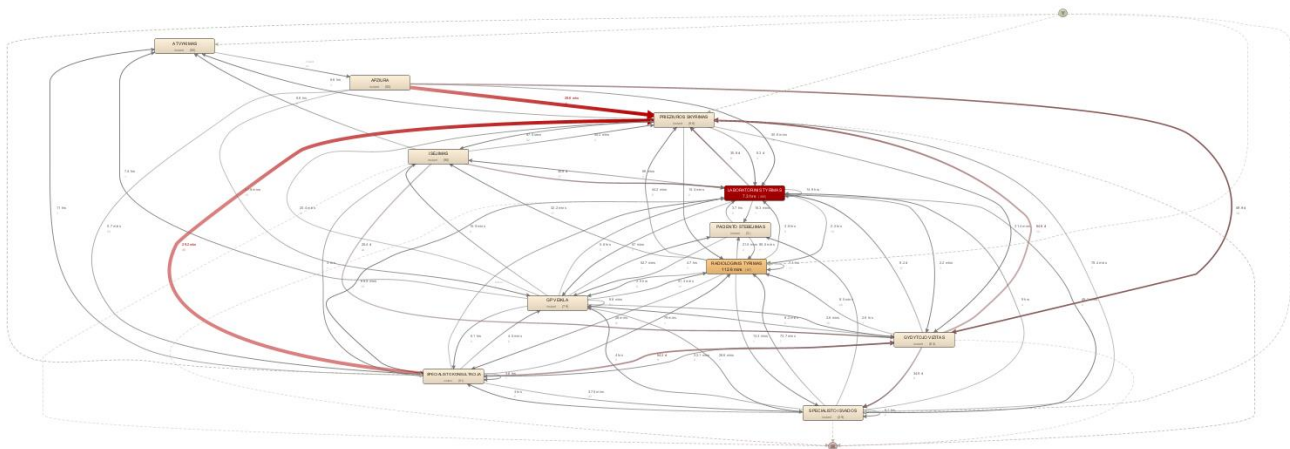
Kadangi šių tyrimų atlikimo laikas yra ilgas, pacientams tai tampa didžiąją proceso dalį užimanti veikla. Tyrimų rezultatų vidutiniškai tenka laukti 32,9 dienos ilgiausiai trunkančių atvejų metu. Kadangi, nagrinėjant visų pacientų duomenis, vidutinis radiologinių tyrimų laikas yra lygus 3,8 valandos, o jo mediana lygi 38 minutėms, galima manyti, jog šis laikas gali būti sutrumpintas. Tai padėtų pacientams gauti tikslią diagnozę greičiau. Dėl to, kad radiologiniai tyrimai vyksta ilgai, jų rezultatų tenka laukti, pacientai turi vėl atvykti į skubiosios pagalbos skyrių. Tai taip pat vienas iš daugiausiai laiko užimančių elementų procese. 4 dienos ir 9 valandos vidutiniškai praeina nuo tyrimų rezultato gavimo, iki paciento atvykimo į skubiosios pagalbos skyrių. To dažniausiai yra išvengiama, kai tyrimai yra atliekami greitai ir pacientas neturi palikti ligoninės. Ilgiausiai procese dalyvavę pacientai taip pat ilgai praleidžia stebėjimo patalpoje (vidutiniškai 10,2 valandos). Visgi, stebėjimo laiką sumažinti yra sudėtinga. Stebėjimas nėra atliekamas dažnai, tik norint atidžiau prižiūrėti pacientą, išsiaiškinti jo diagnozę.



31 pav. Veiklos pirmojoje ligoninėje, trukusios daugiau nei 30 dienų

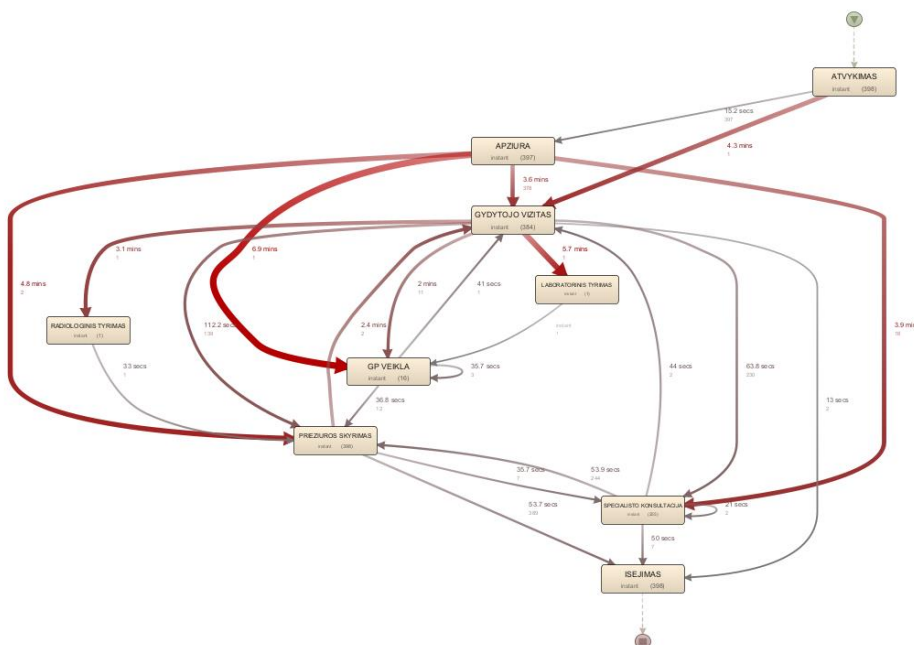
Ilgiausiai trunkančios veiklos taip pat buvo nagrinėjamos ir antrojoje ligoninėje. Šiuo atveju taip pat buvo tiriamos veiklos, kurios truko ilgiau nei 30 dienų (32 pav.). Antrosios ligoninės atveju, pacientams ilgiausiai trukusi veikla yra laboratoriniai tyrimai. Šių tyrimų atlikimo laikas yra nulemtas ne tik proceso neefektyvumo, bet ir įrangos darbo laiko. Tyrimai yra atliekami kelis kartus vienam pacientui. Tai prailgina vizito laiką. Reikšmingai didesnis laboratorinių tyrimų kiekis (vidutiniškai 5 tyrimai vienam pacientui) gali indikuoti netikslingai atliekamus tyrimus, jų perteklių. Kita ilgai trunkanti veikla yra paciento apžiūra, prieš jam paliekant ligoninę. Šie pacientai po pirminės apžiūros gauna rekomendacijas gydymui ir tik vėliau yra atliekamos gydytojo konsultacijos. Dėl mažo įvykių dažnio (10 pacientų) galima manyti, jog šios veiklos buvo registruotos iškilus sistemos klaidoms ar sistemoje vėliau atsiradus informacijai apie paciento gydymą. Panaši situacija yra stebima, kai pacientui yra skiriamas gydymas po specialisto rekomendacijų. Šiuo atveju 10 pacientų buvo skiriami vėlesnio gydymo nurodymai tik po vidutiniškai 29,2 savaičių. Kadangi šios veiklos yra dažnos bendrajame skubios pagalbos skyriaus

procesu, tikėtina, jog jos nėra klaidingos. Visgi, gali būti įsivėlususi žmogiškoji klaida, kai duomenys sistemoje yra įrašomi vėliau nei buvo atliekama konsultacija.



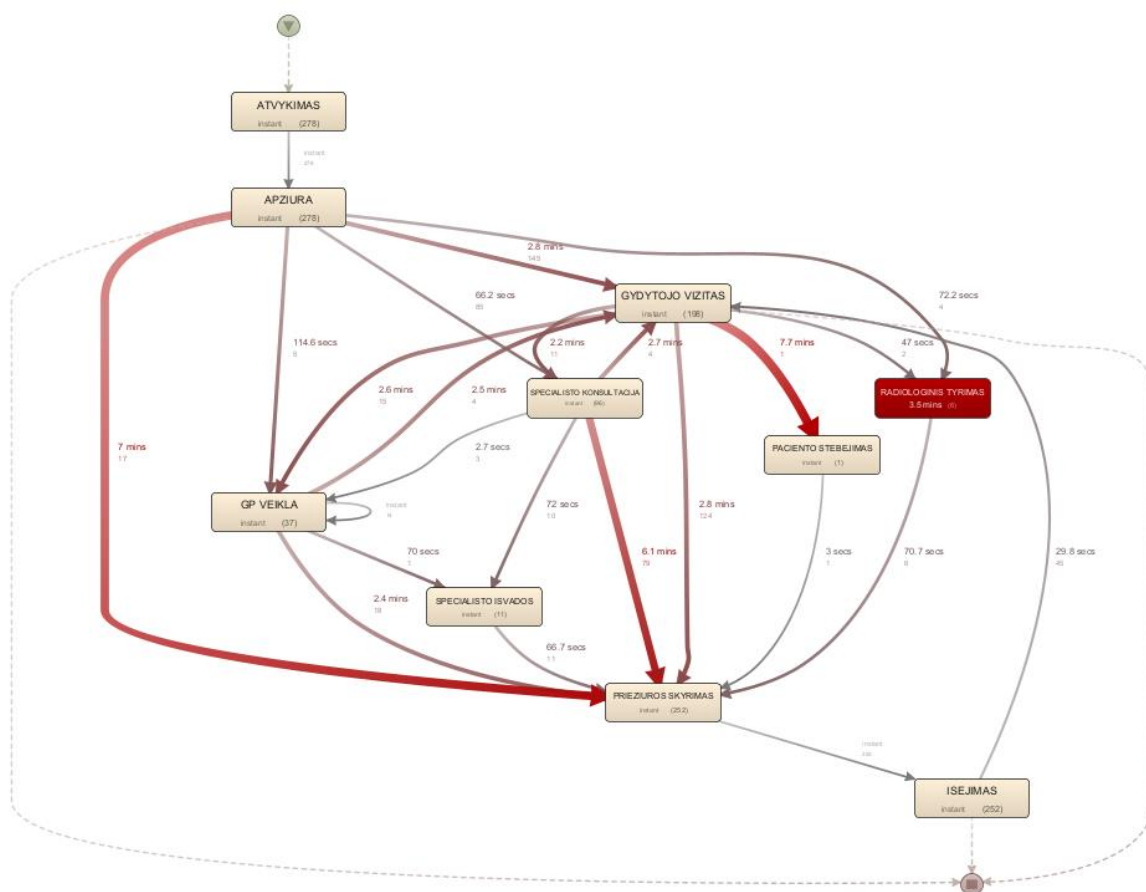
32 pav. Veiklos antrojejoje ligoninėje, trukusios daugiau nei 30 dienų

Trumpai vykstančiomis veiklomis buvo apibrėžiami įvykiai, kurie truko iki 10 minučių. Pirmojoje ligoninėje tokių atvejų buvo 398, tai sudaro 1,3% visų vizitų skubiosios pagalbos skyriuje (33 pav.). Šiuo atveju, tyrimai yra atliekami retai: 1 kartą atlikti laboratoriniai ar radiologiniai tyrimai. Trumpos trukmės vizitai seka būtinašias proceso veiklas: atvykimą, pirminę apžiūrą, gydytojo vizitą, priežiūros skyrimą, skubiosios pagalbos skyriaus palikimą. Veiklos šiais atvejais atliekamos greitai. Ilgiausiai trunka pirminės apžiūros atlikimas. Tai gali būti susiję su laukimo trukme. Visgi, pacientai yra apžiūrimi per trumpą laiką, šiems pacientams nėra reikalinga atlikti tyrimų, todėl diagnozė ir gydymas gali būti skiriami operatyviai.



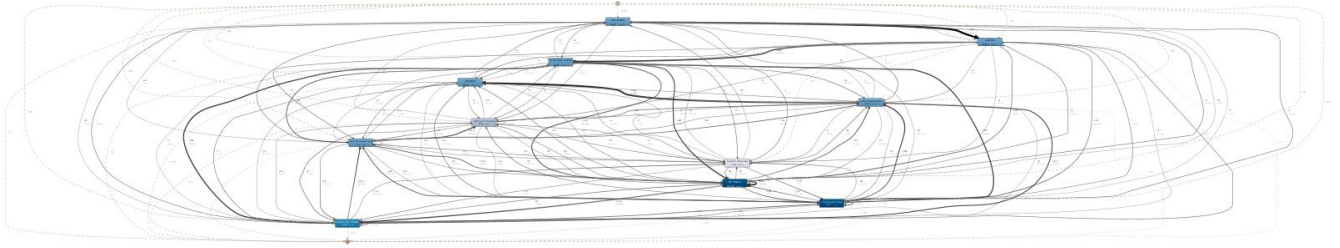
33 pav. Veiklos pirmojoje ligoninėje, trunkančios mažiau nei 10 minučių

Trumpos veiklos (trunkančios iki 10 minučių) buvo antroje ligoninėje buvo atliktos 275 kartus, tai sudaro apie 0,78% visų pacientų šiame skubiosios pagalbos skyriuje (34 pav.). Kaip ir pirmoje ligoninėje, greitai aptarnaujamų pacientų atveju, tyrimai yra atliekami retai. Šioje ligoninėje, trumpų apsilankymų atveju, radiologiniai tyrimai buvo atlikti 8 kartus. Jų atlikimo vidutinė trukmė yra 3,5 minutės. Šie proceso atvejai seka privalomąsias proceso veiklas: atvykimą, pirminę apžiūrą, pirmąjį gydytojo vizitą, gydymo skyrimą ir diagnozės nustatymą bei išėjimą iš ligoninės. Šiuo atveju, ilgiausiai trunka specialisto konsultacija. Taip gali nutikti dėl to, jog šie resursai nėra apibrėžti, jų poreikis netolydus, šios veiklos vidutinis laikas yra 6,1 minutės. Visgi, ši paslauga nagrinėjamaiais atvejais, gali būti suteikta ir pirmojo vizito metu, tačiau pacientai yra apžiūrimi per trumpą laiką, šiems pacientams nėra reikalinga atlikti tyrimų, todėl diagnozė ir gydymas gali būti skiriami operatyviai netgi pasitelkus specialisto konsultacijas.



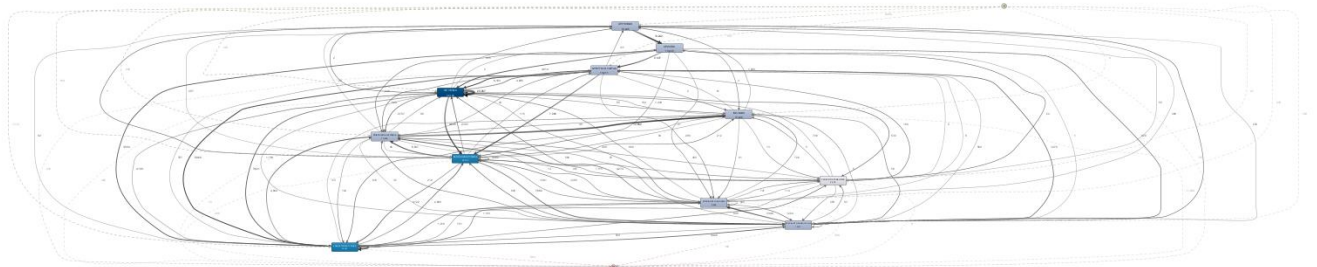
34 pav. Veiklos antroje ligoninėje, trunkančios mažiau nei 10 minučių

Proceso atvejai, kurių pasirodymo dažnis yra mažas, t.y. veiksmų sekos, kurios atliekamos ne daugiau kaip dešimties pacientų, pirmoje ligoninėje sudaro apie 27% visų proceso pasirodymų (35 pav.). Tai atitinka 8321 pacientų apsilankymų skubiosios pagalbos skyriuje. Galime sakyti, jog daugiau nei ketvirtadalis pacientų, kurie atvyksta į skubiosios pagalbos skyrių reikalauja individualių konsultacijų. Tokie pacientai neturi apibrėžto proceso ligoninėje. Jiems yra sunku pritaikyti gydymą, reikalingas personalo prisitaikymas prie individualios situacijos.



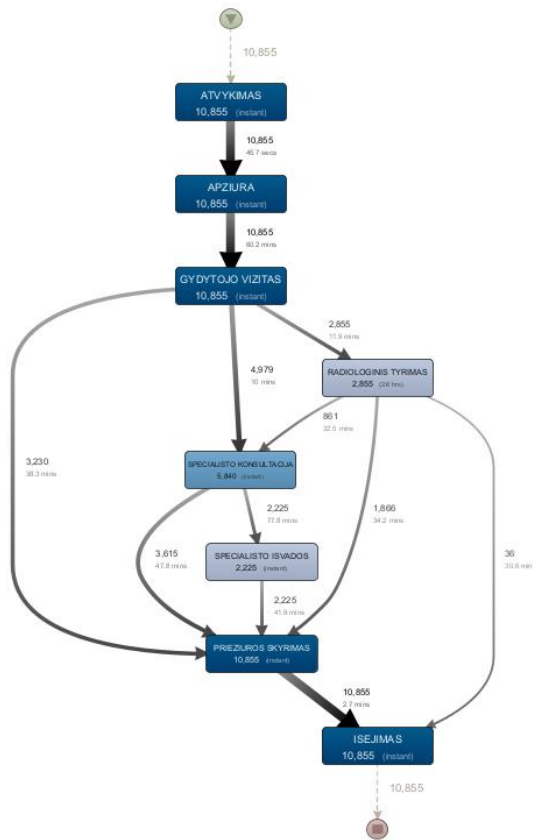
35 pav. Rečiausiai atliekami procesai pirmojoje ligoninėje

Proceso atvejai, kurių pasirodymo dažnis yra mažas, t.y. veiksmų sekos, kurios atliekamos ne daugiau kaip dešimties pacientų, antrojoje ligoninėje sudaro apie 37% visų proceso pasirodymų (36 pav.). Tai yra 13219 veiksmų sekos skubiosios pagalbos skyriuje. Šioje ligoninėje individualią konsultaciją ir tyrimus atlieka daugiau nei trečdalis pacientų. Ši tendencija leidžia manyti, jog paslaugos antrojoje ligoninėje yra asmeniškai pritaikytos pacientui, tačiau tai gali rodyti proceso neefektyvumą ir būti ilgesnio proceso nei pirmojoje ligoninėje priežastimi.



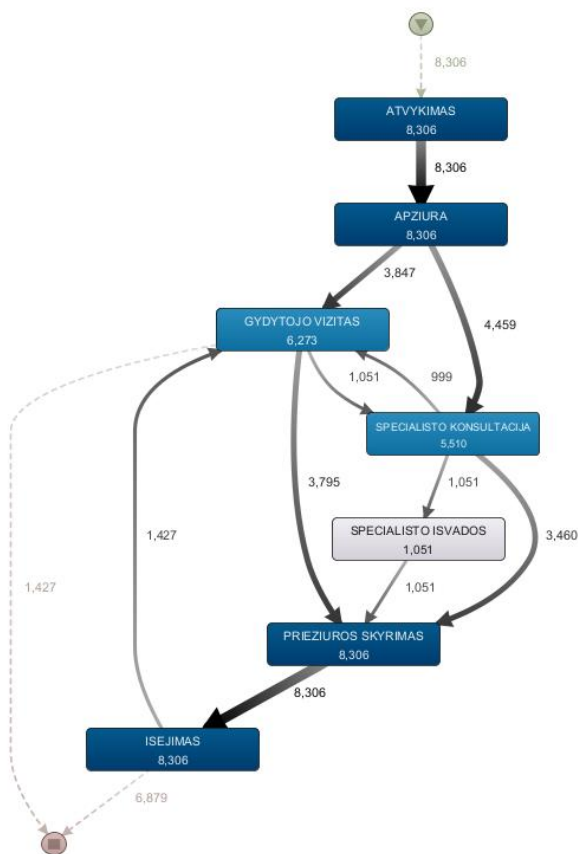
36 pav. Rečiausiai atliekami procesai antrojoje ligoninėje

Proceso atvejai, kurių pasirodymo dažnis yra aukštas, t.y. veiksmų sekos, kurios atliekamos daugiau kaip 1000 pacientų pirmojoje ligoninėje sudaro 39% visų proceso atvejų (37 pav.). Tai apima 11808 pacientų atliekamų veiksmų sekų šioje ligoninėje. Šis procesas yra aiškus, jis turi mažai variacijų. Šį procesą sudaro: atvykimas, paciento apžiūra, gydytojo vizitas, vėliau, atsižvelgiant į paciento būklę, yra skiriama gydytojo specialisto konsultacija arba radiologiniai tyrimai. Jei paciento diagnozė yra aiški arba yra atlikti reikiami tyrimai (konsultacijos) jai išsiaiškinti, jam skiriamas gydymas ir pacientas gali palikti skubiosios pagalbos skyrių. Šie pacientai gali būti aptarnauti kokybiškai ir greitai, kadangi šis procesas yra mažai kintantis. Ši veiksmų seka yra optimizuota, skiriant pakankamą dėmesį pacientams, galima jiems laiku suteikti kokybišką pagalbą.



37 pav. Dažniausiai atliekami procesai pirmojoje ligoninėje

Proceso atvejai, kurių pasirodymo dažnis yra aukštas, t.y. veiksmų sekos, kurios atliekamos daugiau kaip 1000 pacientų antrojoje ligoninėje sudaro 23% visų proceso atvejų (38 pav.). Tai apima 8313 pacientų atliekamų veiksmų sekų šioje ligoninėje. Kaip ir pirmosios ligoninės atveju, šis procesas yra aiškus, jis turi mažai variacijų. Procesas yra pradedamas atvykimu ir paciento apžiūra. Vėliau pacientas yra konsultuojamas gydytojo ar specialisto. Šios veiklos dažnai keičia viena kitą. Po specialisto konsultacijos ar jos išvadų ar gydytojo konsultacijos pacientui yra skiriamas gydymas ir jis palieka ligoninę. Kaip ir pirmosios ligoninės atveju, skiriant pakankamai dėmesio šioms pacientams, jiems gali būti suteikta efektyvi ir kokybiška paslauga, nes ji yra paprasta, mažai kintanti, šie veiksmai yra tiksliai apibrėžti.



38 pav. Dažniausiai atliekami procesai antrojoje ligoninėje

Norint išsiaiškinti, kurios veiksmų sekos yra retai pasitaikančios, buvo nagrinėjami visi veiklos įvykių registre užfiksuoti veiksmai, su modeliuotaisiais veiklos įvykiais. Lyginant visus pirmojoje ligoninėje buvusius atvejus (27 pav.) su šabloninių įvykiu modeliu, kuris yra uždaras, buvo naudojami priežastingumo pėdsakai. Veiklos elgesiui nusakyti buvo naudojamas veiklos įvykių registro priežastingumo pėdsakas (1 lentelė) ir veiklos įvykių modelio, kuris yra uždaras, priežastingumo pėdsakas (2 lentelė **Error! Reference source not found.**). Matyti, jog tarp visų įvykių registre užfiksuotų įvykių pasitaiko atvejų, kuomet pacientas prieš apžiūrą, atlieka išėjimo, laboratorinio ar radiologinio tyrimo, paciento stebėjimo, priežiūros skyrimo, specialisto konsultacijų ar išvadų veiklas. Visgi, pašalinus ypač retus veiksmus, matyti, jog tik įvykiai, kai pacientas atlieka šias veiklas po pirminės apžiūros yra įtraukiami į modelį, sudarytą naudojantis indukcinium algoritmu. Taip pat, tokiaime uždarame modelyje yra nagrinėjami įvykiai, kuomet išėjimo ar radiologinio tyrimo pacientai gali atvykti į ligoninę, tačiau negali vos tik atvykę atlikti radiologinių tyrimų ar palikti skyrių.

1 lentelė. Pirmosios ligoninės veiklos įvykių registro priežastingumo pėdsakas

	Apžiūr.	Atvyk.	GP veik.	Gyd. vizitas	Išėj.	Lab. tyrimas	Pac. steb.	Priež. skyrimas	Rad. tyrimas	Spec. išvados	Specialisto konsultacija
Apžiūra	#										
Atvykimas		#									
GP veikla			<								

	Apžiūr.	Atvyk.	GP veik.	Gyd. vizitas	Išėj.	Lab. tyrimas	Pac. steb.	Priež. skyrimas	Rad. tyrimas	Spec. išvados	Specialisto konsultacija
Gydytojo vizitas				#							
Išėjimas					#						
Laboratorinis tyrimas						<					
Paciento stebėjimas							#				
Priežiūros skyrimas								#			
Radiologinis tyrimas									<		
Specialisto išvados										<	
Specialisto konsultacija											<

2 lentelė. Pirmosios liginės atliekamų veiklos įvykių modelio priežastingumo pėdsakas

	Apžiūr.	Atvyk.	GP veik.	Gyd. vizitas	Išėj.	Lab. tyrimas	Pac. steb.	Priež. skyrimas	Rad. tyrimas	Spec. išvados	Specialisto konsultacija
Apžiūra	#				>	>	>	>	>	>	>
Atvykimas		#			<				<		
GP veikla											
Gydytojo vizitas				#							
Išėjimas	<	>			#						
Laboratorinis tyrimas	<										
Paciento stebėjimas	<						#				
Priežiūros skyrimas	<							#			
Radiologinis tyrimas	<	>									
Specialisto išvados	<										
Specialisto konsultacija	<										

Lyginant visus antrojoje ligoinėje įvykusius įvykius (29 pav.) su uždaru šabloninių įvykiu modeliu buvo naudojami priežastingumo pėdsakai. Veiklos elgesiui nusakyti buvo naudojamas veiklos įvykių registro priežastingumo pėdsakas (3 lentelė) ir uždarojo veiklos įvykių modelio priežastingumo pėdsakas (4 lentelė). Šiuo atveju prieš paciento apžiūrą, yra galimas gydytojo vizitas, ligoinės palikimas, laboratoriniai tyrimai, paciento stebėjimas ligoinės patalpoje, specialisto konsultacija ir jo išvados ar priežiūros skyrimas. Visgi, prieš šiuos įvykius tiesiogiai, paciento apžiūra turi būti, nors yra pastebėta kitokių atvejų bendrajame įvykių veiklos registre bent kartą. Paciento apžiūra, nagrinėjant modelio priežastingumo pėdsaką galima tik po paciento atvykimo, tačiau ne prieš. Taip pat, esant pakartotiniam paciento atvykimui į skubiosios pagalbos skyrių, prieš jį gali būti atliktas: gydytojo vizitas, išėjimas iš ligoinės, laboratoriniai tyrimai, paciento stebėjimas ar priežiūros skyrimas, specialisto konsultacija ar jos išvadų apžvalga.

3 lentelė. Antrosios ligoinės veiklos įvykių registro priežastingumo pėdsakas

	Apžiūr.	Atvyk.	GP veik.	Gyd. vizitas	Išėj.	Lab. tyrimas	Pac. steb.	Priež. skyrimas	Rad. tyrimas	Spec. išvados	Specialisto konsultacija
Apžiūra	#										
Atvykimas		#									
GP veikla			<								
Gydytojo vizitas				#							
Išėjimas					#						
Laboratorinis tyrimas						<					
Paciento stebėjimas							#				
Priežiūros skyrimas								#			
Radiologinis tyrimas									<		
Specialisto išvados										<	
Specialisto konsultacija											<

4 lentelė. Antrosios ligoinės atliekamų veiklos įvykių modelio priežastingumo pėdsakas

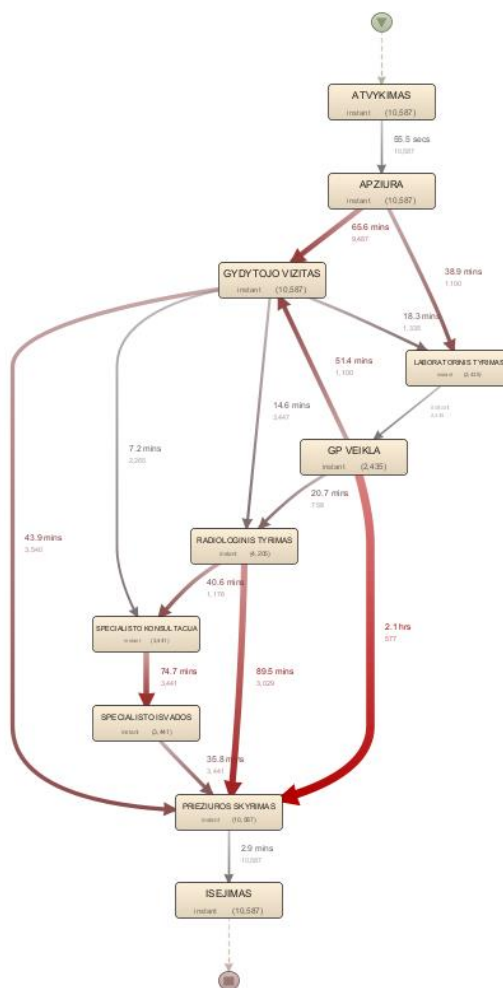
	Apžiūr.	Atvyk.	GP veik.	Gyd. vizitas	Išėj.	Lab. tyrimas	Pac. steb.	Priež. skyrimas	Rad. tyrimas	Spec. išvados	Specialisto konsultacija
Apžiūra	#	<		>	>	>	>	>		>	>
Atvykimas	>	#		<	<	<	<	<		<	<
GP veikla											

	Apžiūr.	Atvyk.	GP veik.	Gyd. vizitas	Išėj.	Lab. tyrimas	Pac. steb.	Priež. skyrimas	Rad. tyrimas	Spec. išvados	Specialisto konsultacija
Gydytojo vizitas	<	>		#							
Išėjimas	<	>			#						
Laboratorinis tyrimas	<	>									
Paciento stebėjimas	<	>					#				
Priežiūros skyrimas	<	>						#			
Radiologinis tyrimas		>									
Specialisto išvados	<	>									
Specialisto konsultacija	<	>									

3.5. Veiklos proceso atvejų klasifikacija

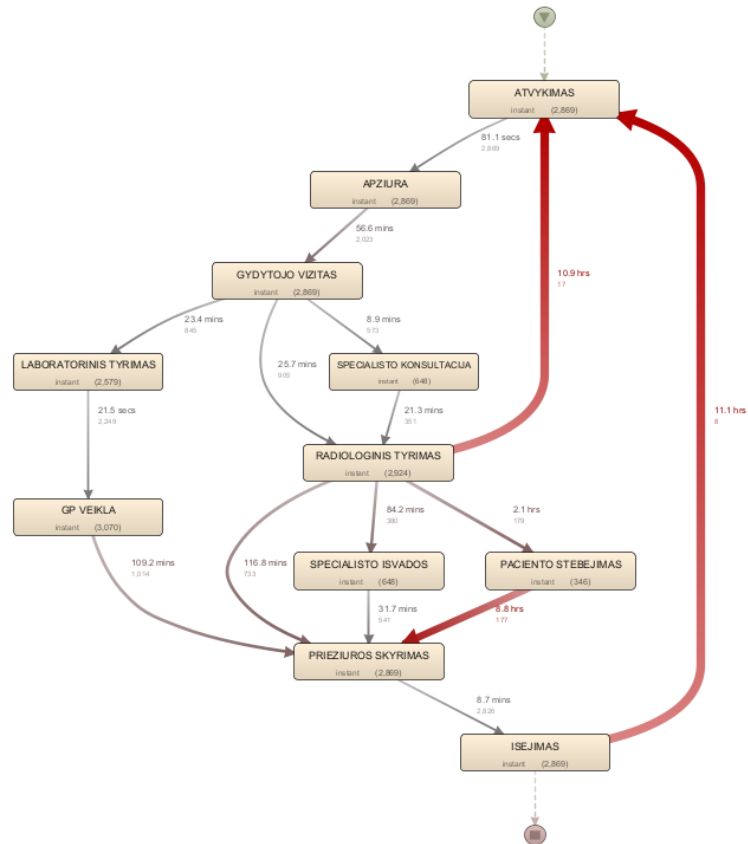
Siekiant optimizuoti skubios pagalbos skyriuje vykstančius procesus, veiklos įvykiai buvo grupuojami naudojantis pėdsakų klasterizavimu. Šie klasteriai apibrėžia pagrindines veiklas, kurios turi įvykti nagrinėjamo scenarijaus atveju. Šis metodas yra paremtas priežastingumo pėdsakų klasterizavimu ir pėdsakų klasterių išskyrimu. Taip, sujungus panašia tvarka vykstančius įvykius, galima išskirti scenarijus, kurie apibrėžia pacientams teikiamą pagalbą ligoninėje. Išskyrus pagrindinius veiklos scenarijus, veiksmai, kuriuos reikės atlikti pacientui, gali būti nustatyti vizito pradžioje. Tai ligoninei leidžia planuoti resursus ir atlikti konsultaciją efektyviai. Scenarijų nustatymas padėtų išvengti ilgo tyrimo rezultatų laukimo laiko ir perteklinių tyrimų atlikimo konkrečiais atvejais. Identifikavus pagrindines paciento savybes, lemiančias proceso eigą, ji gali būti nustatyta vizito pradžioje ir taip ligoninės personalas gali būti pasiruošęs veiksams ir planuoti užimtumą.

Pirmasis veiklos scenarijus apibūdina 50,78% veiklų pirmojoje ligoninėje (39 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra, gydytojo vizitas. Po gydytojo vizito atliekami laboratoriniai ar radiologiniai tyrimai bei specialisto konsultacija ir rekomendacijos. Po šių veiksmų, pacientui yra pateikiamos gydymo rekomendacijos. 87,63% šių pacientų buvo rekomenduojamas gydymas namuose. 30,75% atvejų ligonių būklė buvo įvardyta kaip reikalaujanti skubios pagalbos, tačiau yra stabili (būklės pavojaus kodas: žalia (3)).



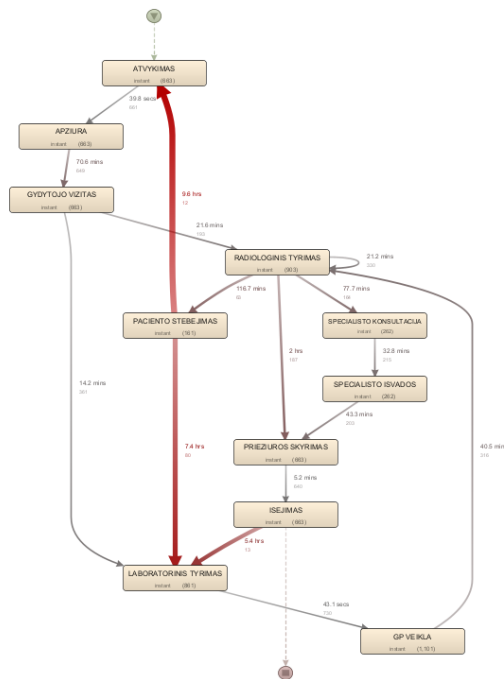
39 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 50,78% veiklų

Antrasis veiklos scenarijus apibūdina 13,76% veiklų pirmojoje ligoninėje (40 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Po paciento apžiūros yra atliekamas pirmasis gydytojo vizitas. Po šių veiksmų, yra atliekami laboratoriniai tyrimai ir pacientui suteikiama specialisto konsultacija. Ją seka radiologinių tyrimų atlikimas pacientui. Kai gaunama pakankamai informacijos, reikalingos paciento gydymui nustatyti, jam yra suteikiamos gydymo rekomendacijos ir yra galimas skubiosios pagalbos skyriaus palikimas. Šie pacientai yra vyresnio amžiaus, pacientai nuo 70 metų sudaro 34% šio klasterio atvejų, o 21% šių atvejų yra apibūdinami, kaip reikalaujantys skubiosios pagalbos tačiau yra stabili (būklės pavojingumo kodas: žalia (3)).



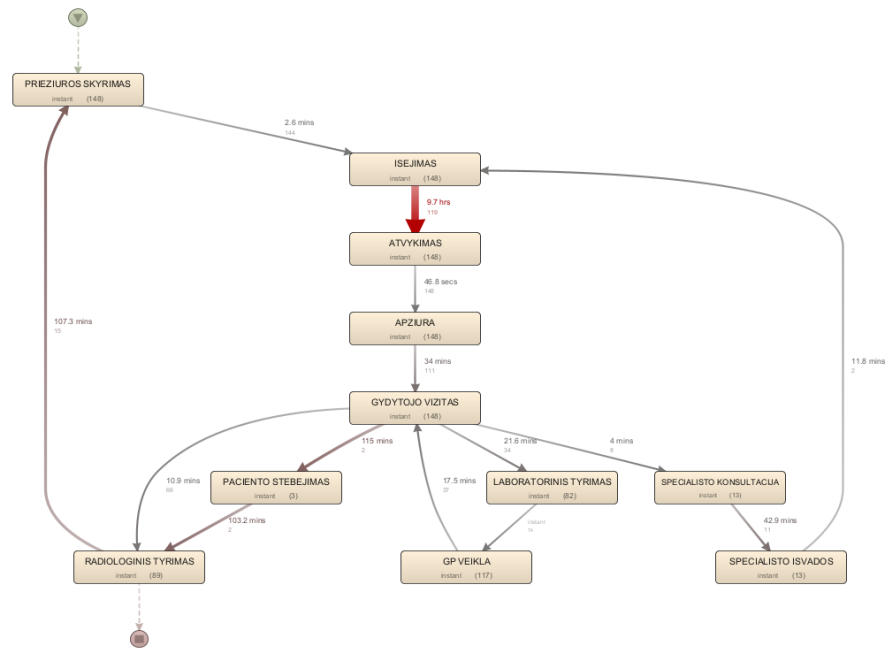
40 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 13,76% veiklų

Trečiasis veiklos scenarijus apibūdina 10,05% veiklų pirmojoje ligoninėje (41 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Po paciento apžiūros, pacientas apsilanko gydytojo konsultacijoje. Gydytojas, norėdamas nustatyti diagnozę ligoniui, nustato, kurie radiologiniai ir laboratoriniai tyrimai turi būti atlikti, po jų, pacientui yra suteikiama specialistų konsultacija. Jei pacientui yra reikalingos kitos greitosios pagalbos veiklos, jis gali būti stebimas ligoninės patalpoje po atliktų veiksmų. Nustačius galutinę paciento diagnozę, yra rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubiosios pagalbos skyrių. 16% šių pacientų buvo rekomenduojama priežiūra ligoninėje. 31% pacientų yra vyresni nei 70 metų, o jų būklė yra apibūdinama reikalaujanti skubios pagalbos tačiau yra stabili (būklės pavojingumo kodas: žalia (3)).



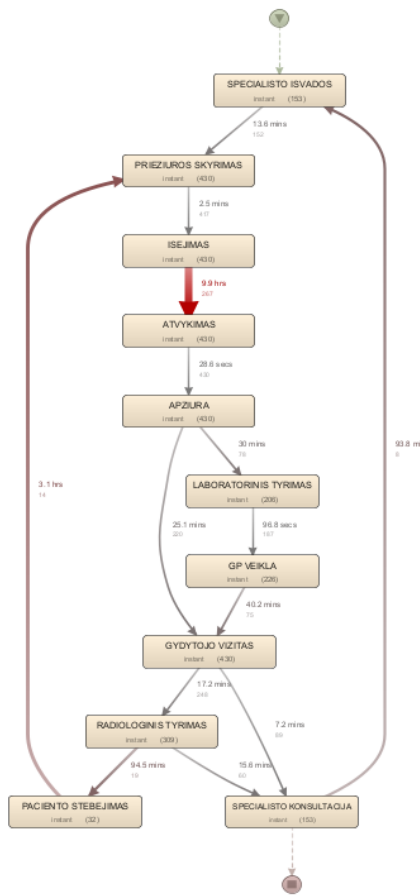
41 pav. Pirmosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 10,05% veiklų

Ketvirtasis veiklos scenarijus apibūdina 2,26% veiklų pirmojoje ligininėje (42 pav.), jos yra atliekamos pacientų, kurie grįžta į skubiosios pagalbos skyrių. Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Po paciento apžiūros, pacientas apsilanko gydytojo arba yra jam yra atliekamos greitosios pagalbos veiklos. Po gydytojo apžiūros, pacientas yra stebimas ligininėje patalpoje arba jam yra atliekami laboratoriniai tyrimai ir specialisto konsultacija. Po laboratorinių tyrimų ar paciento stebėjimo, yra atliekami radiologiniai tyrimai. Galiausiai, pacientui yra rekomenduojami vėlesnės priežiūros būdai ir jis gali palikti ligininę. Šiame klasteryje dominuoja vidutinio amžiaus pacientai. Žmonės nuo 45 iki 70 metų sudaro 31% atvejų šioje grupėje. 36,3% šių pacientų yra reikalaujantys skubios pagalbos tačiau yra stabilūs (būklės pavojingumo kodas: žalia (3)).



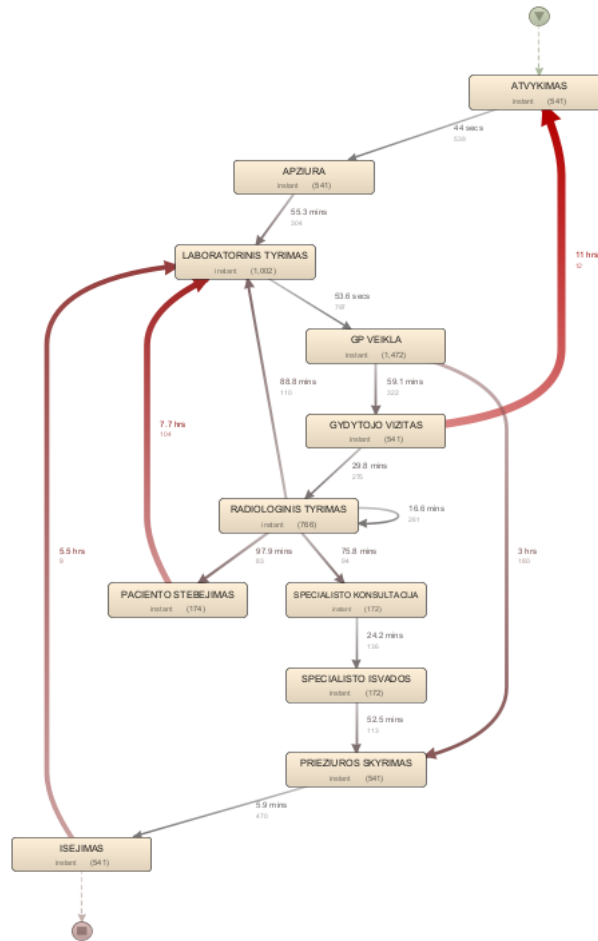
42 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 2,26% veiklų

Penktasis veiklos scenarijus apibūdina 2,06% veiklų pirmojoje ligoninėje (43 pav.), jos yra atliekamos pacientų, kurie grįžta į skubiosios pagalbos skyrių. Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Po ligonio apžiūros, jam yra atliekami laboratoriniai tyrimai ir greitosios pagalbos veiklos, jei jos nėra reikalingos, atliekama gydytojo apžiūra. Po jos yra atliekami radiologiniai tyrimai. Vėliau pacientas yra stebimas arba konsultuojamas specialisto, kol yra nustatoma galutinė diagnozė ir galima palikti ligoninę. 91,08% šių pacientų yra rekomenduojamas gydymas namuose. Pacientai iki 20 metų sudaro 21% atvejų.



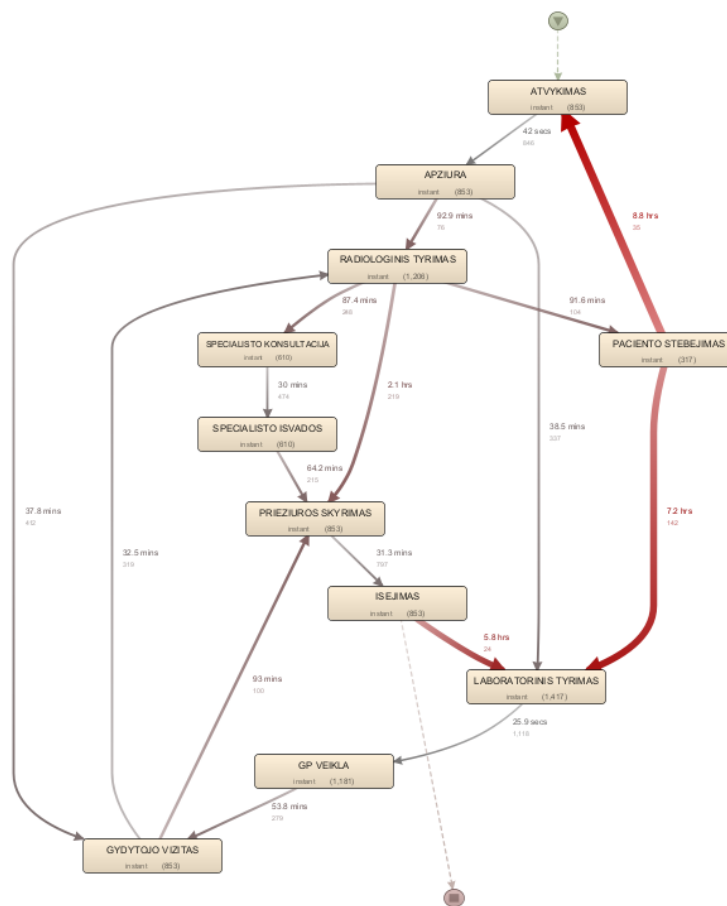
43 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 2,06% veiklų

Šeštasis veiklos scenarijus apibūdina 5,53% veiklų pirmojoje ligoninėje (44 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Tuomet pacientui atliekami laboratoriniai tyrimai ir GP paslaugos, jei reikalinga ir jam atliekama gydytojo konsultacija. Po šio apsilankymo, yra atliekami radiologiniai tyrimai, jei reikia žmogus yra stebimas ligoninės patalpoje. Po radiologinio tyrimo pacientą konsultuoja specialistas. Pateikus specialisto išvadas ar gydymo rekomendacijas, galima palikti skubiosios pagalbos skyrių. 26,1% šių pacientų yra skiriamas gydymas ligoninėje. 46% žmonių yra 70 metų ar vyresni. 13,04% apsilankiusiųjų būklė yra reikalaujanti skubios pagalbos tačiau yra stabili (būklės pavojingumo kodas: žalia (3)), 12% - skubios pagalbos reikalaujantys pacientai, tačiau jų gyvybei pavojus nekyla (būklės pavojingumo kodas: geltona (4)).



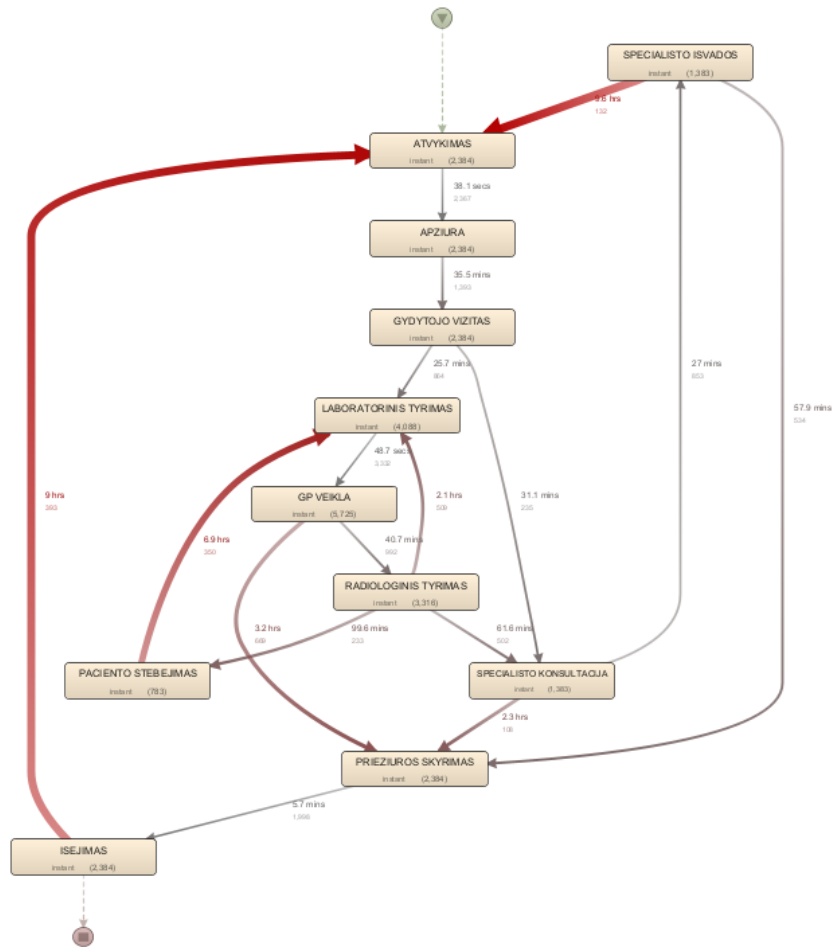
44 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 5,53% veiklų

Septintasis veiklos scenarijus apibūdina 4,09% veiklų pirmojoje ligoninėje (45 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Tuomet, jei yra poreikis, atliekami laboratoriniai ar radiologiniai tyrimai. Po apžiūros ar laboratorinių tyrimų įvyksta gydytojo vizitas. Prireikus detalesnių konsultacijų, pacientui yra suteikiama specialisto konsultacija. Išsiaiškinus diagnozę ir pateikus gydymo rekomendacijas, galima palikti skubiosios pagalbos skyrių. 23,32% žmonių yra rekomenduojamas gydymas ligoninėje. Vyresni nei 70 metų sudaro 42% atvejų.



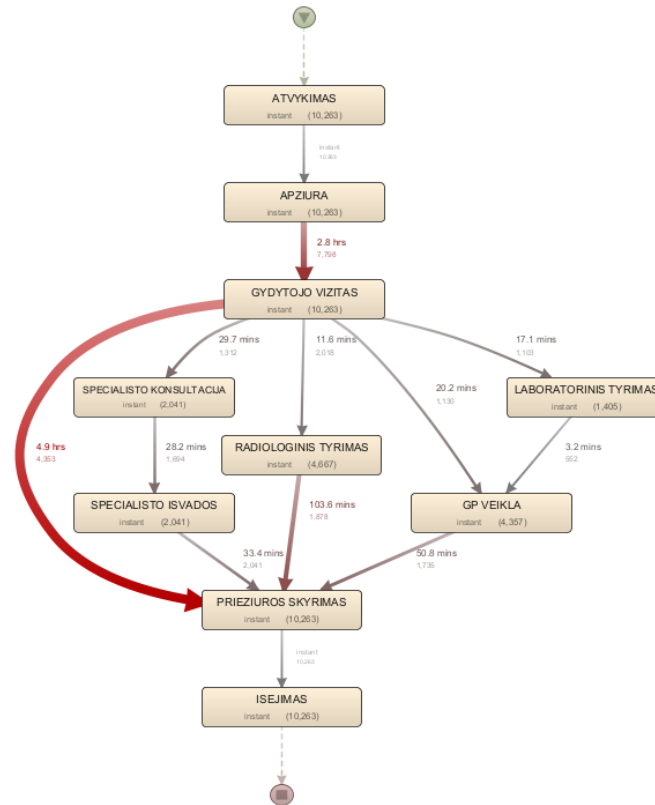
45 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 4,09% veiklų

Galiausiai, aštuntajame veiklos scenarijuje, yra apibrėžiami individualūs pagalbos pacientams suteikimo veiksmai (46 pav.). Šis klasteris apibūdina 11,43% veiklų pirmojoje ligoninėje. Atvykę pacientai yra apžiūrimi, vėliau šiems pacientams yra atliekama gydytojo apžiūra. Po jos, radiologiniai ir laboratoriniai tyrimai, specialisto konsultacija, gali būti atliekamas stebėjimas ligoninės patalpoje. Šios veiklos yra atliekamos tol, kol yra išsiaiškinama diagnozė ir galima palikti ligoninę. 24,83% žmonių yra rekomenduojamas gydymas ligoninėje. Vyresni nei 70 metų sudaro 46% atvejų.



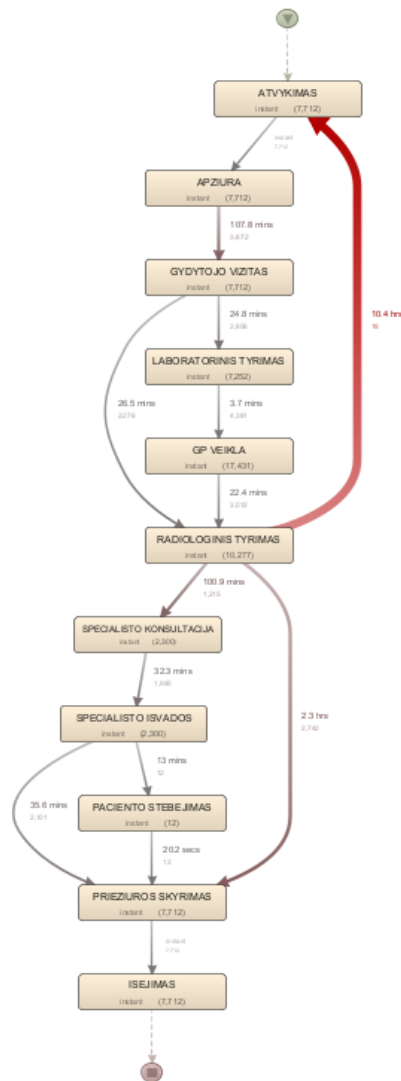
46 pav. Pirmosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 11,43% veiklų

Antrosios ligoninės skubios pagalbos procese taip pat buvo išskirti 8 įvykių sekos klasteriai. Pirmasis veiklos scenarijus apibūdina 35,43% veiklų antrojoje ligoninėje (47 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra, pirminis gydytojo vizitas. Po pirminės gydytojo apžiūros, jam gali būti skirti radiologiniai ar laboratoriniai tyrimai. Jei jie nėra reikalingi, pacientas apsilanko specialisto konsultacijoje. Kai yra žinoma paciento diagnozė, jam rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubios pagalbos skyrių. 88,06% šių atvejų buvo rekomenduojamas gydymas namuose. Pacientai nuo 45 iki 70 metų sudarė 31,53% atvejų klasteryje. 39,1 % žmonių šiame klasteryje buvo skubios pagalbos nereikalaujantys pacientai, kurių būklė nėra sunki (būklės pavojingumo kodas: pilka (4)) arba būklė buvo įvardyta kaip reikalaujanti skubios pagalbos tačiau yra stabili (būklės pavojingumo kodas: žalia (3)). Šie atvejai yra mažesnės trukmės – vidutinis apsilankymo skyriuje laikas yra 2,3 valandos.



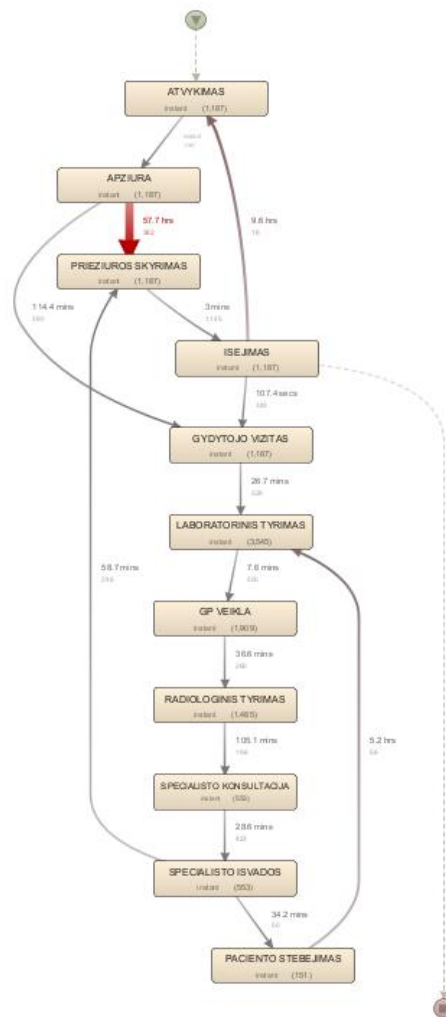
47 pav. Antrosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 35,43% veiklų

Antrasis veiklos klasteris apibūdina 26,53% veiklų antrojejoje ligoninėje (48 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Po pirminės paciento apžiūros, atliekama gydytojo konsultacija. Tuomet, jam gali būti skirti radiologiniai ar laboratoriniai tyrimai. Po šių veiklų įvyksta specialisto konsultacija. Po specialisto konsultacijos įprastai pacientas yra stebimas ligoninės patalpoje. Kai yra žinoma paciento diagnozė, jam rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubios pagalbos skyrių. 15,61% šių pacientų būklė buvo įvardyta reikalaujanti skubios pagalbos tačiau yra stabili (būklės pavojingumo kodas: žalia (3)).



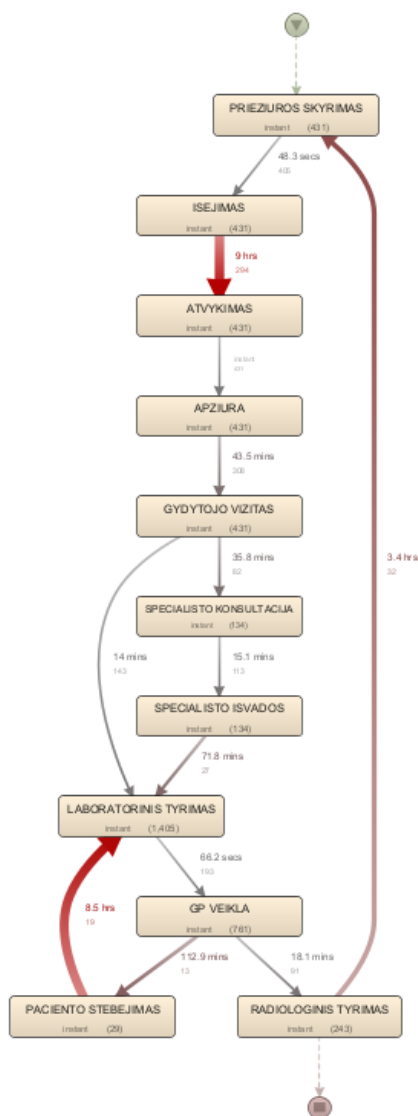
48 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 26,53% veiklų

Trečiasis veiklos klasteris apibūdina 4,1% veiklų antrojoje ligininėje (49 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Po pirminės paciento apžiūros, jam gali būti atliekama gydytojo konsultacija. Jis, norėdamas nustatyti diagnozę, rekomenduoja pacientui atlikti laboratorinius tyrimus. Po šių, atliekami radiologiniai tyrimai, specialisto konsultacija. Jei tai nėra reikalinga, kai yra žinoma paciento diagnozė, jam rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubios pagalbos skyrių. Šie vizitai ligininėje trunka ilgai – vidutinis proceso laikas yra lygus 54,2 valandoms. 47,41% pacientų yra skiriamas gydymas namuose, o 39,97% šių pacientų rekomenduojama priežiūra ligininėje. Pacientai, kuriems yra virš 70 metų šiame klasteryje sudarė 34,2%.



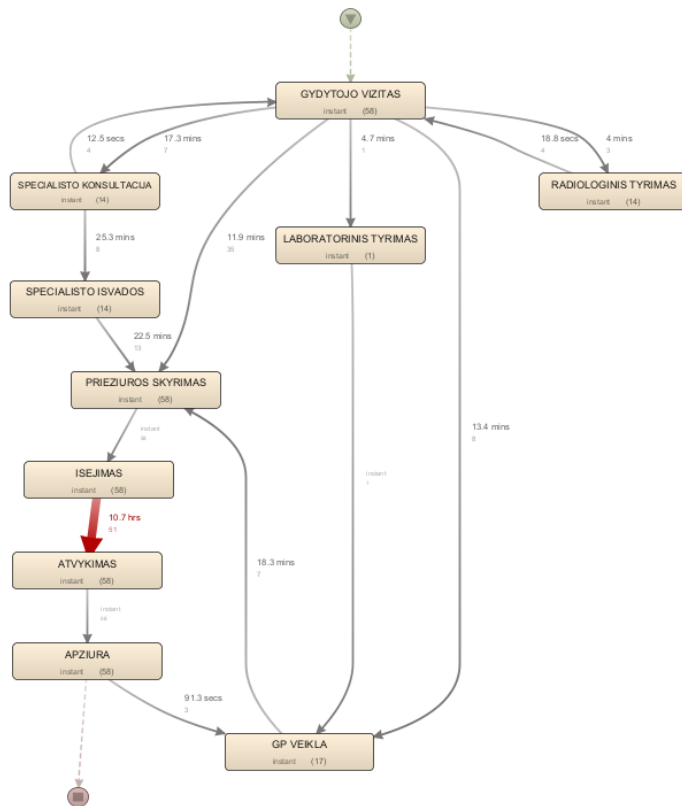
49 pav. Antrosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 4,1% veiklų

Ketvirtasis veiklos klasteris apibūdina 1,48% veiklų antrojoje ligoninėje (50 pav.), kurie grįžta į skubiosios pagalbos skyrių pakartotinai. Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra, gydytojo vizitas. Po pirminės gydytojo apžiūros, jam gali būti skirti laboratoriniai tyrimai. Jei jie nėra reikalingi, pacientas apsilanko specialisto konsultacijoje. Norint nustatyti diagnozę, rekomenduojama pacientui atlikti laboratorinius tyrimus. Vėliau pacientas gali būti stebimas ligoninės patalpoje ar atlikti radiologinius tyrimus. Kai yra žinoma paciento diagnozė, jam rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubios pagalbos skyrių. Šios veiklos trunka ilgai – vidutinė proceso trukmė yra 41,2 valandos. 52,44% pacientų yra rekomenduojamas gydymas namuose, o 44,17% - priežiūra ligoninėje. 18,76% buvo skubios pagalbos nereikalaujantys pacientai, kurių būklė nėra sunki (būklės pavojingumo kodas: pilka (4)) arba būklė buvo įvardyta kaip reikalaujanti skubios pagalbos tačiau yra stabili (būklės pavojingumo kodas: žalia (3)). 36,66% šių pacientų buvo vyresni nei 70 metų.



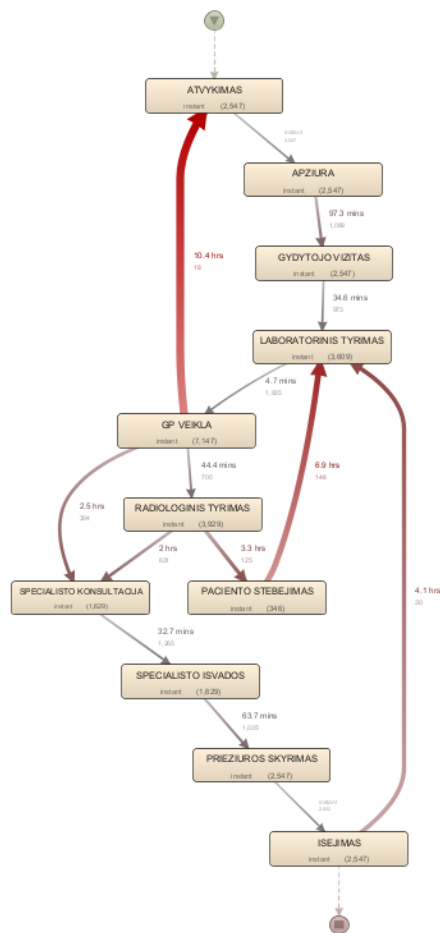
50 pav. Antrosios liginės veiklos atvejų klasteris, apimantis 1,48% veiklų

Penktasis veiklos klasteris apibūdina 0,56% veiklų antroje liginėje (51 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: gydytojo apžiūra, po jos pacientui radiologiniai ar laboratoriniai tyrimai ar specialisto konsultacija. Po šių veiklų, pacientui yra rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubios pagalbos skyrių. 34,65% buvo skubios pagalbos nereikalaujantys pacientai, kurių būklė nėra sunki (būklės pavojingumo kodas: pilka (4)) arba būklė buvo įvardyta kaip reikalaujanti skubios pagalbos tačiau yra stabili (būklės pavojingumo kodas: žalia (3)).



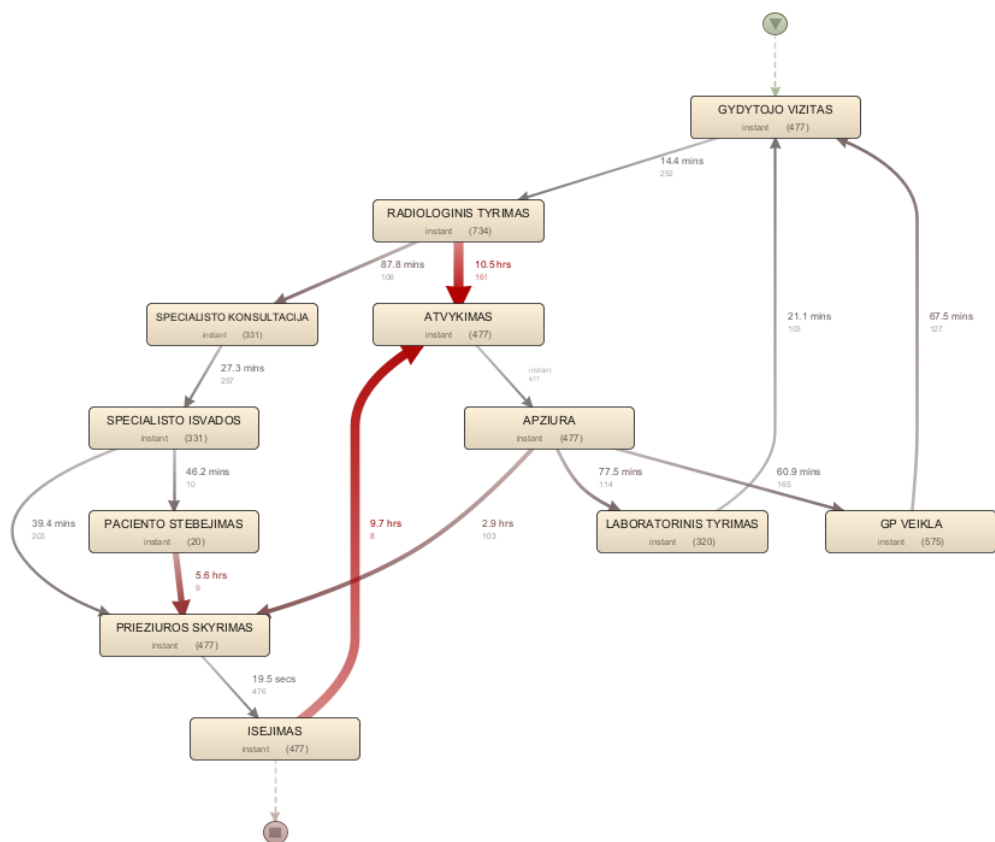
51 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 0,56% veiklų

Šeštasis veiklos klasteris apibūdina 8,76% veiklų antrojoje ligininėje (52 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Po pirminės paciento apžiūros, jam atliekama gydytojo konsultacija, po jos, skiriami laboratoriniai tyrimai. Po laboratorinių tyrimų yra atliekamos skubiosios pagalbos veiklos, ir radiologiniai tyrimai. Po visų tyrimų yra atliekama specialisto konsultacija, pateikiamos jo išvados. Kai yra žinoma paciento diagnozė, jam rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubios pagalbos skyrių. Didelė dalis šių atvejų įvyko 2017 metų vasarį, todėl šie procesai galėjo kisti laikui bėgant. 38.52% šių žmonių buvo 70 metų ar vyresni.



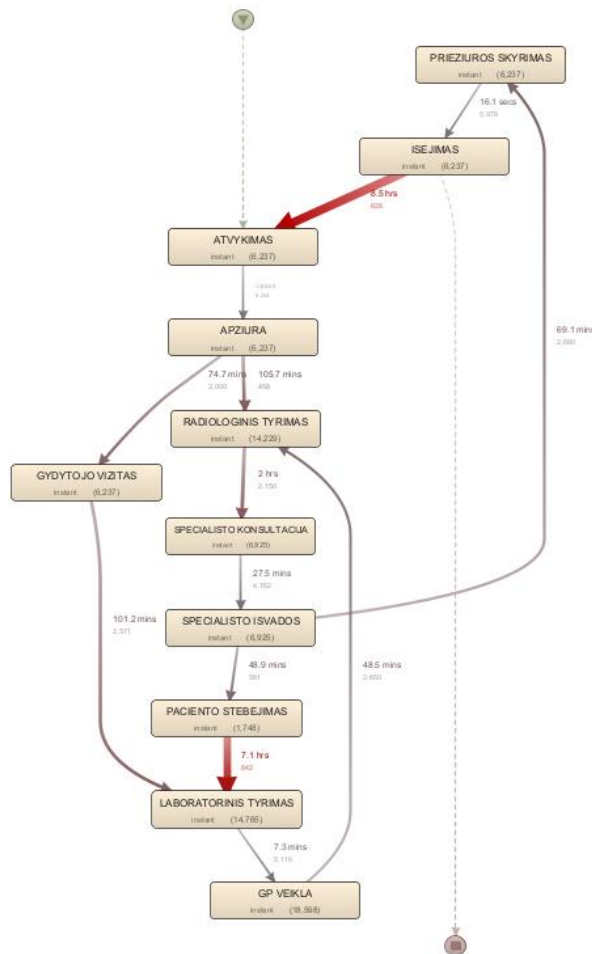
52 pav. Antrosios ligoninės veiklos atvejų klasteris, apimantis 8,76% veiklų

Septintasis veiklos klasteris apibūdina 1,64% veiklų antrojoje ligoninėje (53 pav.). Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: gydytojo vizitas, po jo atliekami radiologiniai tyrimai, tuomet pacientui yra atliekami laboratoriniai tyrimai ar specialisto konsultacija. Po specialisto konsultacijos, pacientas gali būti stebimas ligoninės patalpoje. Jei tai nėra reikalinga, kai yra žinoma paciento diagnozė, jam rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubios pagalbos skyrių. 75,4% pacientų buvo skiriamas gydymas namuose, o 20,83% rekomenduojama tęsti gydymą ligoninėje.



53 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 1,64% veiklų

Galiausiai, aštuntajame veiklos scenarijuje, yra apibrėžiami individualūs pagalbos pacientams suteikimo veiksmai (54 pav.). Šis klasteris apibūdina 21,46% veiklų antroje liginėje. Atvykę pacientai yra apžiūrimi, vėliau šiems pacientams gali būti atliekama: gydytojo apžiūra ar radiologiniai tyrimai. Po radiologinio tyrimo yra atliekama specialisto konsultacija, pateikiamos jo išvados. Jei yra reikalinga, atliekamas paciento stebėjimas, laboratoriniai tyrimai. Šios veiklos yra atliekamos tol, kol yra išsiaiškinta diagnozė ir galima palikti liginę. 46,21% šių pacientų buvo vyresni nei 70 metų.



54 pav. Antrosios ligininės veiklos atvejų klasteris, apimantis 21,46% veiklų

3.6. Svarbiausi proceso našumo rodikliai

Norint stebėti proceso kitimą bei jo kokybę, reikalingi nustatyti rodikliai. Šie rodikliai apibūdina pagrindines statistikas, lemiančias veiksmų eigą. Stebint šių metrikų kitimą laike, galima pastebėti, kaip kinta procesas, problemines jo vietas. Svarbiausių proceso našumo rodiklių pokytis gali padėti nustatyti, kada yra atliekami pertekliniai veiksmai, įmonės resursų užimtumą, ilgiausiai trunkančias veiklas. Laiku priimami duomenimis pagrįsti sprendimai gali padėti išvengti nekokybiškų paslaugų suteikimo, nepatenkintų paslaugos gavėjų ir pernelyg užsitęsiančio proceso. Jų išskyrimas yra itin svarbus, norint gerinti procesą, suprasti didžiausią įtaką turinčius veiksnius.

Siekiant apibūdinti nagrinėjamų skubiosios pagalbos skyrių darbą, buvo sudaryti svarbiausi proceso našumo rodikliai (5 lentelė). Matyti, jog pirmojoje ligininėje pacientų, kurie sugrįžta į skubiosios pagalbos skyrių procentas (5,37%) yra didesnis nei antrojoje (4,4%). Šioje ligininėje taip pat yra atliekama mažiau tyrimų vienam asmeniui (2,13) nei antrojoje (3,1). Visgi, vizitas šioje ligininėje trunka trumpiau (8,4 valandos) nei antrojoje (14,1 valandos), o atvejų, kurie vyksta ilgiau nei parą pirmajame skubiosios pagalbos skyriuje yra 4,11%, o antrajame 6,5%. Nors antrojoje ligininėje yra atliekama daugiau tyrimų, vidutinis jų atlikimo laikas yra trumpesnis. Pirmojoje ligininėje jis yra lygus 3,8

valandos tiek laboratoriniams, tiek radiologiniams tyrimams, antrojoje ligoninėje laboratoriniai tyrimai vyksta vidutiniškai 1,9 valandos, o radiologiniai – 2,1 valandos.

5 lentelė. Svarbiausi proceso našumo rodikliai

Svarbiausias našumo rodiklis	Vertė pirmojoje ligoninėje	Vertė antrojoje ligoninėje
Grįžtančių pacientų procentas	5,37%	4,4%
Vidutinis pacientui atliekamų tyrimų kiekis	2,13	3,1
Procentas atvejų, kurie vyksta ilgiau nei parą	4,11%	6,5%
Mirusių pacientų procentas	0,16%	0,3%
Pacientų, palikusių ligoninę nepasibaigus gydymui, procentas	6,53%	4,26%
Vidutinė apsilankymo trukmė	8,4 valandos	14,1 valandos
Vidutinė trukmė nuo apžiūros iki gydymo rekomendacijų pateikimo	3,3 valandos	4,7 valandos
Vidutinė laboratorinių tyrimų trukmė	3,8 valandos	1,9 valandos
Vidutinė radiologinių tyrimų trukmė	3,8 valandos	2,1 valandos

Turint šiuos rodiklius, ligoninėje galima priimti duomenimis paremtus sprendimus. Taip pat, šios metrikos leidžia palyginti ligonines, kurių veiklos profilis yra panašus. Šios ligoninės yra veikiančios tame pačiame regione, jų dydis ir teikiamos paslaugos yra kone identiškos. Dėl to, jų veiklos palyginimas gali būti korektiškas, gautosios metrikos yra tiesiogiai palyginamos. Šių procesų atvejai gali būti palyginti tiek atskirai, tiek kaip bendrojo proceso dalis. Tai leidžia procesą nagrinėti ne paviršutiniškai, o pažvelgti į atskiras dalis, kurios skiriasi procesų atlikimo metu. Šie skirtumai leidžia įvardyti, kodėl procesai vyksta nustatytų scenarijų eiga, leidžia priimti sprendimus, kurie padėtų optimizuoti vizito laiką, jį atlikti kokybiškiau ar neeikvoti ligoninės turimų resursų.

Išvados

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę, buvo iširta procesų paieška. Išsiaiškinti rezultatai, kurių siekiama procesų tyrybos metodais. Ši analizė yra paremta veiksmų tvarkos tyryba duomenyse. Joje, kaip ir duomenų tyrybos metoduose, dažnai yra naudojama klasterinė analizė, mašininio mokymo algoritmai. Procesų tyryba padeda nustatyti veiksmų sekas, jos vėliau gali būti modeliuojamos, šie modeliai padeda tobulinti veiklas, jas lengva palyginti su realiais įvykiais. Veiksmų sekos yra aprašomos, naudojantis Petri tinklais, BPMN diagramomis bei priklausomybės ir priežastingumo diagramomis. Šios leidžia pažvelgti į procesą iš skirtingų perspektyvų ir pateikti įžvalgas, remiantis duomenimis. Šių priemonių pagalba galima atlikti našumo analizę bei išskirti svarbiausius proceso našumo rodiklius. Jų nuolatinė stebėseną leidžia priimti savalaikius sprendimus, paremtus duomenimis kasdienėje veikloje.
2. Atlikus mokslinės literatūros analizę, buvo tiriami galimi procesų paieškos algoritmai. Šio tyrimo metu buvo pastebėta, jog alfa algoritmo pagalba galima nesunkiai apibrėžti procesus. Visgi, šis metodas negali identifikuoti ciklą, tad šio algoritmo panaudojimas dažnai negali suteikti reikiamų rezultatų. Euristinis procesų tyrimo algoritmas nėra jautrus triukšmui, todėl galima nenagrinėti retų įvykių, sudaryti šabloninį proceso modelį. Neapibrėžtas procesų tyrimo algoritmas leidžia nagrinėti didžiųjų duomenų rinkinius. Metodas gali būti nejautrus triukšmui, taip pat, leidžia identifikuoti ciklus. Šiais metodais sudarytais modeliais galima atlikti sprendimo taškų, butelio kaklelių analizę. Taip pat, jie leidžia įvertinti modelio kokybę, jo tikslumą, lankstumą ir teisingumą.
3. Atlikus empirinį tyrimą, nustatyti šabloniniai procesai, vykstantys skubiosios pagalbos skyriuje. Atliekant tyrimą buvo nagrinėjamos dvi ligoninės ir jų duomenys nuo 2017 metų vasario 1 dienos iki 2017 metų rugpjūčio 31 dienos. Kadangi ligoninės pacientų būklė dažnai reikalauja individualių veiksmų, proceso modelis yra sunkiai apibrėžiamas, jis priklauso nestruktūrotų modelių klasei. Dėl to, buvo sudarytas supaprastintas proceso modelis, aprašantis dažniausiai atliekamas veiklas. Šio modelio sudarymui buvo pašalinti atvejai, kurie nepradėjo apsilankymo ligoninėje atvykimu į ją ir nepabaigė išvykimu. Šabloninių veiksmų modeliui sudaryti buvo naudojamas euristinis procesų tyrybos algoritmas dėl atsparumo triukšmui savybės. Abiejose ligoninėse vykę procesai, pasižymėjo panašia dinamika. Visgi, antrojoje ligoninėje pastebėtas didesnis žmonių virš 70 metų kiekis. Šioje ligoninėje didžiausias veiklų kiekis buvo 110, tuo tarpu pirmojoje tik 39.
4. Naudojantis priežastingumo pėdsakų klasterizavimo algoritmu, skubiosios pagalbos procesai abiejose ligoninėse buvo suskirstyti į 8 klasterius. 50,78% pacientų pirmojoje ligoninėje atlieka veiksmus tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra, gydytojo vizitas. Po gydytojo vizito atliekami laboratoriniai ar radiologiniai tyrimai bei specialisto konsultacija ir rekomendacijos. Po šių veiksmų, pacientui yra pateikiamos gydymo rekomendacijos. 87,63% atvejų, esančių šiame klasteryje buvo rekomenduojamas gydymas namuose. Daugelio šių pacientų būklė buvo nesunki. Antrojoje ligoninėje didžiausias atvejų klasteris apibūdina 35,43% veiklų antrosios ligoninės skubios pagalbos skyriuje. Veiksmai šiame proceso scenarijuje vyksta tokia tvarka: paciento atvykimas, jo apžiūra. Po pirminės paciento apžiūros,

jam gali būti skirti radiologiniai ar laboratoriniai tyrimai. Jei jie nėra reikalingi, pacientas apsilanko gydytojo konsultacijoje. Po tyrimų atlikimo, pacientui yra suteikiama specialisto konsultacija. Kai yra žinoma paciento diagnozė, jam rekomenduojamas gydymas ir galima palikti skubios pagalbos skyrių. 88,06% šių atvejų buvo rekomenduojamas gydymas namuose. Pacientai nuo 45 iki 70 metų sudarė 31,53% atvejų klasteryje. 39,1 % žmonių šiame klasteryje buvo skubios pagalbos nereikalaujantys pacientai. Taip pat, šie atvejai dažnai buvo trunkantys trumpai – vidutinis apsilankymo skyriuje laikas yra 2,3 valandos.

5. Palyginus skubios pagalbos skyrių darbą buvo sudaryti svarbiausi proceso rodikliai: į skubiosios pagalbos skyrių grįžtančių pacientų procentas, vidutinis pacientui atliekamų tyrimų kiekis, procentas atvejų, kurie vyksta ilgiau nei parą, mirusių pacientų procentas, pacientų, palikusių ligoninę nepasibaigus gydymui, procentas, vidutinė apsilankymo trukmė, vidutinė trukmė nuo apžiūros iki gydymo rekomendacijų pateikimo, vidutinė laboratorinių tyrimų trukmė, vidutinė radiologinių tyrimų trukmė. Pirmojoje ligoninėje pacientų, sugrįžtančių į skubiosios pagalbos skyrių procentas yra 5,37%, jis yra didesnis nei antrojoje (4,4%). Pirmojoje ligoninėje taip pat yra atliekama vidutiniškai 2,13 tyrimų vienam asmeniui, antrojoje 3,1. Visgi, vizitas šioje ligoninėje trunka trumpiau, jo vidutinė trukmė yra 8,4 valandos, nei antrojoje – 14,1 valandos, atvejų, kurie vyksta ilgiau nei parą pirmajame skubiosios pagalbos skyriuje yra 4,11%, o antrajame 6,5%. Nors antrojoje ligoninėje yra atliekama daugiau tyrimų, vidutinis jų atlikimo laikas yra trumpesnis. Pirmojoje ligoninėje jis yra lygus 3,8 valandos tiek laboratoriniams, tiek radiologiniams tyrimams, o antrojoje ligoninėje laboratoriniai tyrimai vyksta vidutiniškai 1,9 valandos, o radiologiniai – 2,1 valandos. Nors matome, jog pirmojoje ligoninėje procesas trunka trumpiau, jo vidutinis laikas yra gerokai mažesnis nei antrojoje ligoninėje. Visgi, daugiau pacientų tenka apsilankyti ligoninėje pakartotinai, tai gali rodyti prastesnę suteikiamų paslaugų kokybę.

Literatūros sąrašas

- [1] KERREMANS Marc. *Market Guide for Process Mining*. 2019
- [2] Definition of Process Mining - Gartner Information Technology Glossary. *Gartner* [interaktyvus] [žiūrėta 2021 m. balandžio 29 d.]. Prieiga per: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/process-mining>.
- [3] KIM Inkyu et al. Predicting Process Structure After a Disruption: An Example from the Clinical Documentation Process. *Business Process Management Workshops* [interaktyvus]. 2022 Cham, p. 221–231 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94343-1_17.
- [4] GRANDO M. A. et al. Semantic process mining for the verification of medical recommendations. *Proceedings of the International Conference on Health Informatics* [interaktyvus]. 2011, Rome, Italy, p. 5–16 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.5220/0003112600050016>.
- [5] LIU Ying et al. Workflow simulation for operational decision support using event graph through process mining. *Elsevier Enhanced Reader* [interaktyvus]. 2012, 52(3), 685–697 [žiūrėta 2022 m. gegužės 15 d.]. Prieiga per: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0167923611002077?token=6C70B7D00DE175BE67BB6DCC36814598305DD8E949D4DCF801AF53892B9F5210E46F07F7885197EC981967E8F3CBBD2B&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220515104115>.
- [6] REINKEMEYER Lars. *Process Mining in Action: Principles, Use Cases and Outlook*. Springer International Publishing [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-40172-6>.
- [7] ROJAS Eric et al. Process mining in healthcare: A literature review. *Journal of Biomedical Informatics* [interaktyvus]. 2016, t. 61, p. 224–236 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.04.007>.
- [8] TIWARI A., C. J. TURNER, ir B. MAJEED. A review of business process mining: state-of-the-art and future trends. *Business Process Management Journal* [interaktyvus]. 2008, t. 14, nr. 1, p. 5–22 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1108/14637150810849373>.
- [9] VAN DER AALST Will M. P. ir S. DUSTDAR. Process Mining Put into Context, *IEEE Internet Computing* [interaktyvus]. 2012, t. 16, nr. 1, p. 82–86 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1109/MIC.2012.12>.
- [10] BOSE R. P. Jagadeesh Chandra, R. S. MANS, ir W. M. P. VAN DER AALST. Wanna improve process mining results?, *2013 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM)* [interaktyvus]. 2013, p. 127–134 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1109/CIDM.2013.6597227>.
- [11] VAN DER AALST Will M. P. *Process Mining* [interaktyvus]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4>.
- [12] RUDNITCKAIA Julia et al. Screening Process Mining and Value Stream Techniques on Industrial Manufacturing Processes: Process Modelling and Bottleneck Analysis, *IEEE Access*

- [interaktyvus]. 2022, t. 10, p. 24203–24214 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3152211>.
- [13] MĂRUȘTER Laura ir Nick R. T. P. VAN BEEST. Redesigning business processes: a methodology based on simulation and process mining techniques, *Knowl Inf Syst* [interaktyvus]. 2009, t. 21, nr. 3, p. 267–297 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1007/s10115-009-0224-0>.
- [14] KALENKOVA Anna, J. A. LOZANO, ir R. YAVORSKIY. *Tools and Methods of Program Analysis: 5th International Conference* [interaktyvus]. Tbilisi, Georgia, Revised Selected Papers, t. 1288. Cham: Springer International Publishing, 2021 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-71472-7>.
- [15] DIJKMAN Remco M., M. DUMAS, ir C. OUYANG. Semantics and analysis of business process models in BPMN, *Information and Software Technology* [interaktyvus]. 2008, t. 50, nr. 12, p. 1281–1294 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.02.006>.
- [16] PETERSON James L. Petri Nets, *ACM Comput. Surv.* [interaktyvus]. 1977, t. 9, nr. 3, p. 223–252 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1145/356698.356702>.
- [17] STELFOX Henry T. ir STRAUS Sharon E.. Measuring quality of care: considering conceptual approaches to quality indicator development and evaluation, *Elsevier Enhanced Reader* [interaktyvus]. 2013, t. 66 nr. 12, p. 1328-1337 [žiūrėta 2022 m. gegužės 15 d.]. Prieiga per: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0895435613002539?token=B558D3C52A88D76CE282629C247CE27794711D70CEFE3AAB8DF76C74114A442F9DEAB8833D09C7B73160B6DF8B11E380&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220515163243>.
- [18] VAN DONGEN B. F. ir Will M. P. VAN DER AALST. A Meta Model for Process Mining Data [interaktyvus]. 2005, p. 12 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/220920315_A_Meta_Model_for_Process_Mining_Data
- [19] EVERMANN Joerg ir G. ASSADIPOUR. Big data meets process mining: implementing the alpha algorithm with map-reduce, *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing* [interaktyvus]. 2014, New York, NY, USA, p. 1414–1416 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1145/2554850.2555076>.
- [20] MIKOLAJCZAK Boleslaw ir J.-L. CHEN. Workflow Mining Alpha Algorithm — A Complexity Study, *Intelligent Information Processing and Web Mining* [interaktyvus]. 2005, Berlin, Heidelberg, p. 451–455 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: https://doi.org/10.1007/3-540-32392-9_51.
- [21] MUNOZ-GAMA Jorge. Conformance Checking and Diagnosis in Process Mining: Comparing Observed and Modeled Processes, *Springer International Publishing* [interaktyvus]. 2016, t. 270 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49451-7>.
- [22] POROUHAN Parham, N. JONGSAWAT, ir W. PREMCHAIWADI. Process and deviation exploration through Alpha-algorithm and Heuristic miner techniques, *2014 Twelfth International Conference on ICT and Knowledge Engineering* [interaktyvus]. 2014, p. 83–89 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1109/ICTKE.2014.7001540>.
- [23] GÜNTHER Christian W. ir W. M. P. VAN DER AALST. Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics, *Business Process Management* [interaktyvus].

- 2007, Berlin, Heidelberg, p. 328–343 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: https://doi.org/10.1007/978-3-540-75183-0_24.
- [24] EFFEND Yutika Amelia, SARNO Riyanarto ir MARSHA Danica Virlianda. Improved fuzzy miner algorithm for business process discovery, *ProQuest* [interaktyvus]. 2021, t. 19, nr. 6, p. 1830–1839 [žiūrėta 2022 m. gegužės 15 d.]. Prieiga per: <https://www.proquest.com/openview/ef246fbca4fa8a5c18be81d65bd5d5d7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=376296>.
- [25] GÜNTHER. Christian W. *Process mining in flexible environments* [interaktyvus]. Technische Universiteit Eindhoven, 2009 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.6100/IR644335>.
- [26] ESMITA Asst ir Gupta ESMITA. *Process mining algorithms*. 2014.
- [27] SONG M., GÜNTHER C. W. ir VAN DER AALST W. M. P. Trace Clustering in Process Mining, *Business Process Management Workshops* [interaktyvus]. 2009, Berlin, Heidelberg, p. 109–120 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: https://doi.org/10.1007/978-3-642-00328-8_11.
- [28] DE WEERDT Jochen et al. Active Trace Clustering for Improved Process Discovery, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* [interaktyvus]. 2013, t. 25, nr. 12, p. 2708–2720 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1109/TKDE.2013.64>.
- [29] SONG M. et al. „A comparative study of dimensionality reduction techniques to enhance trace clustering performances, *Expert Systems with Applications* [interaktyvus]. 2013, t. 40, nr. 9, p. 3722–3737 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.078>.
- [30] DE LEONI Massimiliano ir Will M. P. VAN DER AALST. Data-aware process mining: discovering decisions in processes using alignments, *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing - SAC '13* [interaktyvus]. 2013, Coimbra, Portugal, p. 1454 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1145/2480362.2480633>.
- [31] VAN DER AALST Will M. P. Process Mining: Overview and Opportunities, *ACM Trans. Manage. Inf. Syst.* [interaktyvus]. 2012, t. 3, nr. 2, p. 1–17 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1145/2229156.2229157>.
- [32] ANUWATVISIT Siriporn, A. TUNGKASTHAN, ir W. PREMCHAIWADI. Bottleneck mining and Petri net simulation in education situations, *2012 Tenth International Conference on ICT and Knowledge Engineering* [interaktyvus]. 2012, p. 244–251 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1109/ICTKE.2012.6408562>.
- [33] PREMCHAIWADI Wichian ir P. POROUHAN. Process modeling and bottleneck mining in online peer-review systems, *SpringerPlus* [interaktyvus]. 2015, t. 4, nr. 1, p. 441 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1183-4>.
- [34] SUN Sherry X., Q. ZENG, ir H. WANG. Process-Mining-Based Workflow Model Fragmentation for Distributed Execution, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans* [interaktyvus]. 2011, t. 41, nr. 2, p. 294–310 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2010.2069092>.

- [35] VAN DER AALST Will M. P. et al. Business process mining: An industrial application, *Information Systems* [interaktyvus]. 2007, t. 32, nr. 5, p. 713–732 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.is.2006.05.003>.
- [36] ROZINAT Anne et al. The Need for a Process Mining Evaluation Framework in Research and Practice, *Business Process Management Workshops* [interaktyvus]. 2008, Berlin, Heidelberg, p. 84–89 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: https://doi.org/10.1007/978-3-540-78238-4_10.
- [37] ROZINAT Anne. *Process mining: conformance and extension* [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.6100/IR690060>.
- [38] VAN DER AALST Will M. P. Positioning process mining techniques. *ResearchGate* [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2022 m. sausio 23 d.]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/figure/Positioning-process-mining-techniques_fig4_229124717
- [39] NADERIFAR Vahideh, Shahnorbanun SAHRAN, Zarina SHUKUR. A Review on Conformance Checking Technique for the Evaluation of Process Mining Algorithms, *TEM Journal* [interaktyvus]. 2019, t. 8, nr. 4, p. 1232–1241 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: https://www.temjournal.com/content/84/TEMJournalNovember2019_1232_1241.pdf
- [40] LEE Wai Lam Jonathan et al. Recomposing conformance: Closing the circle on decomposed alignment-based conformance checking in process mining, *Information Sciences* [interaktyvus]. 2018, t. 466, p. 55–91 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.07.026>.
- [41] STEFANINI Alessandro et al. Performance analysis in emergency departments: a data-driven approach, *Measuring Business Excellence* [interaktyvus]. 2018, p. 17., t. 22 nr. 2, p. 130-145 [žiūrėta 2022 m. gegužės 18 d.]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1108/MBE-07-2017-0040>

Priedai

1 priedas. Programos kodas

```
import os

import pm4py

from pm4py.algo.discovery.inductive import algorithm as inductive_miner

from pm4py.algo.filtering.log.variants import variants_filter

from pm4py.statistics.traces.generic.pandas import case_statistics

from pm4py.objects.conversion.log import converter as log_converter

from pm4py.algo.filtering.pandas.attributes import attributes_filter

from pm4py.algo.filtering.log.variants import variants_filter

from pm4py.algo.filtering.log.timestamp import timestamp_filter

from pm4py.algo.filtering.log.start_activities import start_activities_filter

from pm4py.algo.filtering.log.end_activities import end_activities_filter

from pm4py.algo.discovery.alpha import algorithm as alpha_miner

from pm4py.algo.discovery.inductive import algorithm as inductive_miner

from pm4py.visualization.process_tree import visualizer as pt_visualizer

from pm4py.objects.conversion.process_tree import converter as pt_converter

from pm4py.algo.discovery.heuristics import algorithm as heuristics_miner

from pm4py.visualization.heuristics_net import visualizer as hn_visualizer

from pm4py.visualization.petri_net import visualizer as pn_visualizer

from pm4py.algo.discovery.dfg import algorithm as dfg_discovery

from pm4py.visualization.dfg import visualizer as dfg_visualization

from pm4py.algo.discovery.temporal_profile import algorithm as temporal_profile_discovery

from pm4py.objects.petri_net.exporter import exporter as pnml_exporter

from pm4py.objects.petri_net import semantics

from pm4py.objects.petri_net.utils.decomposition import decompose
```

```

from pm4py.visualization.petri_net import visualizer

from pm4py.objects.petri_net.utils import reachability_graph

from pm4py.visualization.transition_system import visualizer as ts_visualizer

from pm4py.algo.conformance.tokenreplay import algorithm as token_based_replay

from pm4py.algo.conformance.tokenreplay.diagnostics import duration_diagnostics

from pm4py.algo.conformance.tokenreplay.diagnostics import root_cause_analysis

from pm4py.visualization.decisiontree import visualizer as dt_vis

from pm4py.algo.conformance.alignments.petri_net import algorithm as alignments

from pm4py.algo.evaluation.replay_fitness import algorithm as replay_fitness

from pm4py.algo.conformance.alignments.decomposed import algorithm as decomp_alignments

from pm4py.algo.evaluation.replay_fitness import algorithm as rp_fitness_evaluator

from pm4py.algo.simulation.tree_generator import simulator as tree_gen

from pm4py.algo.discovery.footprints import algorithm as fp_discovery

from pm4py.visualization.footprints import visualizer as fp_visualizer

from copy import deepcopy

from pm4py.algo.conformance.footprints import algorithm as footprints_conformance

from pm4py.algo.conformance.footprints.util import evaluation

from pm4py.algo.discovery.log_skeleton import algorithm as lsk_discovery

from pm4py.algo.conformance.log_skeleton import algorithm as lsk_conformance

from pm4py.algo.simulation.playout.petri_net import algorithm as simulator

from pm4py.algo.conformance.alignments.edit_distance import algorithm as logs_alignments

from pm4py.algo.discovery.temporal_profile import algorithm as temporal_profile_discovery

from pm4py.algo.conformance.temporal_profile import algorithm as temporal_profile_conformance

from pm4py.algo.analysis.extended_marking_equation import algorithm as
extended_marking_equation_builder

from pm4py.algo.evaluation.replay_fitness import algorithm as replay_fitness_evaluator

```

```

from pm4py.algo.evaluation.precision import algorithm as precision_evaluator
from pm4py.algo.evaluation.generalization import algorithm as generalization_evaluator
from pm4py.algo.evaluation.simplicity import algorithm as simplicity_evaluator

def run_models(log, file_path):
    file_path_alpha=file_path +'alpha.png'

    net, initial_marking, final_marking = alpha_miner.apply(log)

    pm4py.save_vis_petri_net(net, initial_marking, final_marking, file_path_alpha)

    pnml_exporter.apply(net, initial_marking, file_path+"alpha_petri.pnml")

    pnml_exporter.apply(net,          initial_marking,          file_path+"alpha_petri_final.pnml",
final_marking=final_marking)

    transitions = semantics.enabled_transitions(net, initial_marking)

    places = net.places

    transitions = net.transitions

    arcs = net.arcs

    for place in places:

        print("\nPLACE: "+place.name)

        for arc in place.in_arcs:

            print(arc.source.name, arc.source.label)

    list_nets = decompose(net, initial_marking, final_marking)

    gviz = []

    for index, model in enumerate(list_nets):

        subnet, s_im, s_fm = model

        gviz.append(visualizer.apply(subnet,          s_im,          s_fm,
parameters={visualizer.Variants.WO_DECORATION.value.Parameters.FORMAT: "png"}))

        visualizer.save(gviz[-1], file_path+str(index)+".png")

```

```

ts = reachability_graph.construct_reachability_graph(net, initial_marking)

gviz = ts_visualizer.apply(ts,
parameters={ts_visualizer.Variants.VIEW_BASED.value.Parameters.FORMAT: "svg"})

ts_visualizer.view(gviz)

parameters_tbr = {token_based_replay.Variants.TOKEN_REPLAY.value.Parameters.DISABLE_VARIANTS: True,
token_based_replay.Variants.TOKEN_REPLAY.value.Parameters.ENABLE_PLTR_FITNESS: True}

replayed_traces, place_fitness, trans_fitness, unwanted_activities = token_based_replay.apply(log,
net,initial_marking,final_marking,parameters=parameters_tbr)

act_diagnostics = duration_diagnostics.diagnose_from_notexisting_activities(log,
unwanted_activities)

for act in act_diagnostics:

    print(act, act_diagnostics[act])

string_attributes = ["org:group"]

numeric_attributes = []

parameters = {"string_attributes": string_attributes, "numeric_attributes": numeric_attributes}

trans_root_cause = root_cause_analysis.diagnose_from_trans_fitness(log, trans_fitness,
parameters=parameters)

for trans in trans_root_cause:

    clf = trans_root_cause[trans]["clf"]

    feature_names = trans_root_cause[trans]["feature_names"]

    classes = trans_root_cause[trans]["classes"]

    # vizualizacija

    gviz = dt_vis.apply(clf, feature_names, classes)

    dt_vis.view(gviz)

act_root_cause = root_cause_analysis.diagnose_from_notexisting_activities(log,
unwanted_activities,parameters=parameters)

for act in act_root_cause:

    clf = act_root_cause[act]["clf"]

```

```

feature_names = act_root_cause[act]["feature_names"]

classes = act_root_cause[act]["classes"]

# vizualizacija

gviz = dt_vis.apply(clf, feature_names, classes)

dt_vis.view(gviz)

file_path_inductive_tree=file_path +'inductive_tree.png'

net, initial_marking, final_marking = inductive_miner.apply(log)

tree = inductive_miner.apply_tree(log)

pm4py.save_vis_process_tree(tree, file_path_inductive_tree)

file_path_petri=file_path +'inductive_net.png'

net,          initial_marking,          final_marking          =          pt_converter.apply(tree,
variant=pt_converter.Variants.TO_PETRI_NET)

pm4py.save_vis_petri_net(net, initial_marking, final_marking, file_path_petri)

ts = reachability_graph.construct_reachability_graph(net, initial_marking)

gviz          =          ts_visualizer.apply(ts,
parameters={ts_visualizer.Variants.VIEW_BASED.value.Parameters.FORMAT: "svg"})

ts_visualizer.view(gviz)

pnml_exporter.apply(net, initial_marking, file_path+"inductive_petri.pnml")

pnml_exporter.apply(net,          initial_marking,          file_path+"inductive_petri_final.pnml",
final_marking=final_marking)

transitions = semantics.enabled_transitions(net, initial_marking)

places = net.places

transitions = net.transitions

arcs = net.arcs

for place in places:

    print("\nPLACE: "+place.name)

```



```

for arc in place.in_arcs:

    print(arc.source.name, arc.source.label)

conf = decomp_alignments.apply(log, net, initial_marking, final_marking,
parameters={decomp_alignments.Variants.RECOMPOS_MAXIMAL.value.Parameters.PARAM_THR
ESHOLD_BORDER_AGREEMENT: 2})

fitness = rp_fitness_evaluator.evaluate(conf,
variant=rp_fitness_evaluator.Variants.ALIGNMENT_BASED)

fp_log = fp_discovery.apply(log, variant=fp_discovery.Variants.ENTIRE_EVENT_LOG)

fp_trace_by_trace = fp_discovery.apply(log, variant=fp_discovery.Variants.TRACE_BY_TRACE)

fp_net = fp_discovery.apply(net, initial_marking, final_marking)

gviz = fp_visualizer.apply(fp_net,
parameters={fp_visualizer.Variants.SINGLE.value.Parameters.FORMAT: "svg"})

fp_visualizer.view(gviz)

gviz = fp_visualizer.apply(fp_log, fp_net,
parameters={fp_visualizer.Variants.COMPARISON.value.Parameters.FORMAT: "svg"})

fp_visualizer.view(gviz)

file_path_bpmn=file_path +'bpmn.png'

process_tree = pm4py.discover_process_tree_inductive(log)

bpmn_model = pm4py.convert_to_bpmn(process_tree)

pm4py.save_vis_bpmn(bpmn_model, file_path_bpmn)

file_path_pt=file_path +'processTree.png'

process_tree = pm4py.discover_process_tree_inductive(log)

pm4py.save_vis_process_tree(process_tree, file_path_pt)

file_path_dfg=file_path +'DFG.png'

```

```

dfg, start_activities, end_activities = pm4py.discover_dfg(log)

pm4py.save_vis_dfg(dfg, start_activities, end_activities, file_path_dfg, log=None)

file_path_dfg=file_path + 'DFG_1.png'

dfg = dfg_discovery.apply(log)

parameters = {dfg_visualization.Variants.FREQUENCY.value.Parameters.FORMAT: "png"}

gviz = dfg_visualization.apply(dfg, log=log, variant=dfg_visualization.Variants.FREQUENCY,
parameters=parameters)

dfg_visualization.save(gviz, file_path_dfg)

file_path_dfg=file_path + 'DFG_2.png'

dfg = dfg_discovery.apply(log, variant=dfg_discovery.Variants.PERFORMANCE)

parameters = {dfg_visualization.Variants.PERFORMANCE.value.Parameters.FORMAT: "png"}

gviz = dfg_visualization.apply(dfg, log=log, variant=dfg_visualization.Variants.PERFORMANCE,
parameters=parameters)

dfg_visualization.save(gviz, file_path_dfg)

file_path_heuristics=file_path + 'heuristicNet.png'

map = pm4py.discover_heuristics_net(log)

pm4py.save_vis_heuristics_net(map, file_path_heuristics)

file_path_heuristics=file_path + 'heuristics.png'

heu_net = heuristics_miner.apply_heu(log,
parameters={heuristics_miner.Variants.CLASSIC.value.Parameters.DEPENDENCY_THRESH: 0.99})

pm4py.save_vis_heuristics_net(heu_net, file_path_heuristics)

net, im, fm = heuristics_miner.apply(log,
parameters={heuristics_miner.Variants.CLASSIC.value.Parameters.DEPENDENCY_THRESH: 0.99})

file_path_heuristics_pn=file_path + 'heuristics_petri.png'

```

```

ts = reachability_graph.construct_reachability_graph(net, im)

gviz = ts_visualizer.apply(ts,
parameters={ts_visualizer.Variants.VIEW_BASED.value.Parameters.FORMAT: "svg"})

ts_visualizer.view(gviz)

pm4py.save_vis_petri_net(net, im, fm, file_path_heuristics_pn)

pnml_exporter.apply(net, initial_marking, file_path+"heuristics_petri.pnml")

pnml_exporter.apply(net, initial_marking, file_path+"heuristics_petri_final.pnml",
final_marking=final_marking)

transitions = semantics.enabled_transitions(net, initial_marking)

places = net.places

transitions = net.transitions

arcs = net.arcs

for place in places:

    print("\nPLACE: "+place.name)

    for arc in place.in_arcs:

        print(arc.source.name, arc.source.label)

fitness = replay_fitness_evaluator.apply(log, net, im, fm,
variant=replay_fitness_evaluator.Variants.TOKEN_BASED)

#Kokybes matai

print("-----FITNESS-----")

print(fitness)

prec = precision_evaluator.apply(log, net, im, fm,
variant=precision_evaluator.Variants.ETCONFORMANCE_TOKEN)

print("-----PRECISION-----")

print(prec)

print("-----GENERALIZATION-----")

gen = generalization_evaluator.apply(log, net, im, fm)

```

```

print(gen)

print("-----SIMPLICITY-----")

simp = simplicity_evaluator.apply(net)

print(simp)

os.environ["PATH"] += os.pathsep + 'C:/Program Files/Graphviz/bin/'

#Nefiltruoti duomenys

log = pm4py.read_xes('C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antraLT.xes')

print(log.classifiers)

print(log[0][0])

parameters = {}

temporal_profile = temporal_profile_discovery.apply(log, parameters=parameters)

print("-----")

print(temporal_profile)

print("-----")

variants = variants_filter.get_variants(log)

df = log_converter.apply(log, variant=log_converter.Variants.TO_DATA_FRAME)

variants = case_statistics.get_variants_df(df,parameters={case_statistics.Parameters.CASE_ID_KEY:
"case:concept:name",case_statistics.Parameters.ACTIVITY_KEY: "concept:name"})

variants_count = case_statistics.get_variant_statistics(df,

                    parameters={case_statistics.Parameters.CASE_ID_KEY:
"case:concept:name",

```

```

        case_statistics.Parameters.ACTIVITY_KEY: "concept:name",
        case_statistics.Parameters.TIMESTAMP_KEY: "time:timestamp"})

variants_count = sorted(variants_count, key=lambda x: x['case:concept:name'], reverse=True)

activities = attributes_filter.get_attribute_values(df, attribute_key="concept:name")

print(activities)

filtered_df = attributes_filter.apply_auto_filter(df, parameters={
    attributes_filter.Parameters.CASE_ID_KEY: "case:concept:name",
    attributes_filter.Parameters.ATTRIBUTE_KEY: "concept:name",
    attributes_filter.Parameters.DECREASING_FACTOR: 0.6})

#Dazniausiai vykstantys ivykiai

file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/pirma/most frequent activities/'

run_models(filtered_df, file_path)

#Priezastiniai pedsakai, skeletas

net, im, fm = inductive_miner.apply(log)

fp_trace_by_trace = fp_discovery.apply(log, variant=fp_discovery.Variants.TRACE_BY_TRACE)

fp_net = fp_discovery.apply(net, im, fm)

filtered_log = variants_filter.apply_auto_filter(deepcopy(log))

net, im, fm = inductive_miner.apply(filtered_log)

conf_fp = footprints_conformance.apply(fp_trace_by_trace, fp_net)

tree = inductive_miner.apply_tree(log)

fp_log = fp_discovery.apply(log, variant=fp_discovery.Variants.ENTIRE_EVENT_LOG)

fp_trace_trace = fp_discovery.apply(log, variant=fp_discovery.Variants.TRACE_BY_TRACE)

fp_tree = fp_discovery.apply(tree, variant=fp_discovery.Variants.PROCESS_TREE)

```

```

conf_result          =          footprints_conformance.apply(fp_log,          fp_tree,
variant=footprints_conformance.Variants.LOG_EXTENSIVE)

fitness = evaluation.fp_fitness(fp_log, fp_tree, conf_result)

precision = evaluation.fp_precision(fp_log, fp_tree)

skeleton              =              lsk_discovery.apply(log,
parameters={lsk_discovery.Variants.CLASSIC.value.Parameters.NOISE_THRESHOLD: 0.03})

#Simuliacija

conf_result = lsk_conformance.apply(log, skeleton)

for trace in conf_result:
    print(conf_result)

simulated_log = simulator.apply(net, im, fm)

parameters = {}

alignments = logs_alignments.apply(log, simulated_log, parameters=parameters)

parameters          =          =
{logs_alignments.Variants.EDIT_DISTANCE.value.Parameters.PERFORM_ANTI_ALIGNMENT:
True}

alignments = logs_alignments.apply(log, simulated_log, parameters=parameters)

parameters = {}

temporal_profile = temporal_profile_discovery.apply(log, parameters=parameters)

parameters = {}

results = temporal_profile_conformance.apply(log, temporal_profile, parameters=parameters)

sync_net, sync_im, sync_fm = pm4py.discover_petri_net_inductive(log)

ext_solver          =          extended_marking_equation_builder.build(log[0],          sync_net,          sync_im,
sync_fm,parameters={"split_points": [1, 3]})

h, x = ext_solver.solve()

firing_sequence, reach_fm, explained_events = ext_solver.get_firing_sequence(x)

```

```
#Antra ligonine
```

```
#Automatinis filtras
```

```
file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/auto filtered/'
```

```
run_models(auto_filtered_log, file_path)
```

```
#70% dazniausiu ivykiu
```

```
filtered_log = variants_filter.filter_log_variants_percentage(log, percentage=0.7)
```

```
file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/70 filtered/'
```

```
run_models(filtered_log, file_path)
```

```
#k dazniausiai vystanciu ivykiu
```

```
file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/top100/'
```

```
k = 100
```

```
filtered_log = pm4py.filter_variants_top_k(log, k)
```

```
run_models(filtered_log, file_path)
```

```
#Laike filtruoti duomenys
```

```
file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/filtruoti menesiai/'
```

```
filtered_log = timestamp_filter.filter_traces_contained(log, "2017-03-01 00:00:00", "2017-07-31 23:59:59")
```

```
run_models(filtered_log, file_path)
```

```
#Filtras pradzios ir pabaigos ivykiams
```

```
log_start = start_activities_filter.get_start_activities(log)
```

```
filtered_log = start_activities_filter.apply(log, ["ATVYKIMAS"])
```

```

end_activities = end_activities_filter.get_end_activities(filtered_log)
filtered_log = end_activities_filter.apply(filtered_log, ["ISEJIMAS"])

file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/models1/'
run_models(log, file_path)

#Nefiltruoti duomenys
log_2 = pm4py.read_xes('C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra.xes')
file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/models/'
run_models(log_2, file_path)

#70% dazniausiu ivykiu
filtered_log = variants_filter.filter_log_variants_percentage(log_2, percentage=0.7)
file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/70 filtered/'
run_models(filtered_log, file_path)

df = log_converter.apply(log_2, variant=log_converter.Variants.TO_DATA_FRAME)
filtered_df = attributes_filter.apply_auto_filter(df, parameters={
    attributes_filter.Parameters.CASE_ID_KEY: "case:concept:name",
    attributes_filter.Parameters.ATTRIBUTE_KEY: "concept:name",
    attributes_filter.Parameters.DECREASING_FACTOR: 0.6})

#Dazniausiai pasikartojantys ivykiai
file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/most frequent activities/'
run_models(filtered_df, file_path)

#100 dazniausiu ivykiu

```



```
file_path='C:/Users/gabri/Desktop/studijos/magistras data/antra/top100/'
```

```
k = 100
```

```
filtered_log = pm4py.filter_variants_top_k(log_2, k)
```

```
run_models(filtered_log, file_path)
```