



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**INFORMATIKOS FAKULTETAS**

**Raimundas Jasiukevičius**

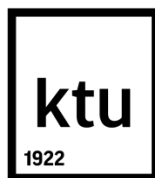
**AD-HOC BENDRUOMENIŲ KONTAKTŲ MODELIO**  
**SUDARYMAS IR TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Prof. dr. Rimantas Plėštys

**KAUNAS, 2016**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**INFORMATIKOS FAKULTETAS**

**AD-HOC BENDRUOMENIŲ KONTAKTŲ MODELIO  
SUDARYMAS IR TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Programų sistemų inžinerija (kodas 621E16001)**

**Vadovas**

Prof. dr. R. Plėštys

2016-05-23

**Recenzentas**

Doc. dr. A. Ostreika

2016-05-23

**Projektą atliko**

Raimundas Jasiukevičius

2016-05-23

**KAUNAS, 2016**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Informatikos fakultetas

---

Raimundas Jasiukevičius

---

Programų sistemų inžinerija (kodas 621E16001)

---

Baigiamojo projekto „Ad-hoc bendruomenių kontaktų modelio sudarymas ir tyrimas“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 16 m. gegužės 23 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Raimundo Jasiukevičiaus**, baigiamasis projektas tema „Ad-hoc bendruomenių kontaktų modelio sudarymas ir tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

---

*(vardą ir pavardę įrašyti ranka)*

---

*(parašas)*

Jasiukevičius R., Ad-hoc bendruomenių kontaktų modelio sudarymas ir tyrimas: programų sistemų inžinerijos magistro darbas. Vadovas prof. dr. R. Plėštys; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas, Programų inžinerijos katedra. – Kaunas, 2016. - 67 p.

## SANTRAUKA

Šiuolaikiniame išmaniųjų technologijų amžiuje susiduriame su milžinišku mobiliųjų įrenginių integracija visuomenėje, naujų paslaugų taikymu ir nuolatinių duomenų kiekio augimu. Visi šie taikymai gali būti panaudoti tiek žmonių gyvenimo kokybės pagerinimui, tiek ir įvairių incidentų sukūrimui ar net nusikalstamos veiklos organizavimui. Todėl ieškoma naujų metodų ir programinių sprendimų, kurie leistų pagerinti duomenų tyrimo procesus atsakingiems nusikaltimų informacijos tyrimų specialistams.

Pirmoje darbo dalyje analizuojamos mobiliųjų įrenginių informacijos tyrimo proceso modelis ir galimi sprendimai. Antroje dalyje pateikiami naujos programinės įrangos reikalavimai ir architektūriniai aspektai. Trečioje darbo dalyje aptariama programinės įrangos realizacijos, testavimo proceso ir kokybinės analizės rezultatai. Ketvirtoje dalyje pristatomas tyrimas, kuriame aprašomas atliktas socialinio kontaktų tinklo analizės eksperimentas ir rezultatai.

Sukurta nauja programinė įranga suteikia naujas galimybes analizuoti mobiliųjų įrenginių Ad-hoc kontaktų socialinį tinklą pritaikant HDFI proceso modelį ir naują kontaktų ryšio įvertinimo metodą.

Jasiukevičius R. Ad-hoc community model of contacts development and investigation. Supervisor: R. Plėštys. – Kaunas: Kaunas University of Technology, Faculty of Informatics, Department of Software Systems, 2016. – 67 p.

## **SUMMARY**

In the modern era of smart technologies we are dealing with tremendous mobile integration in society, growing of new services and systematic data volume. All of these applications can be used to improve the quality of life, or making unlawfully activities. Therefore, the search for new methods and software solutions is important improving crime investigation and information research processes for specialists.

The first part of this work analyzes the mobile information analysis process model and possible solutions. The second part presents new software requirements and architectural aspects. The third part deals with software implementations, testing process and qualitative analysis. The fourth part presents a study carried out in describing the social contact network analysis and experiment results.

In a result of this job was created new software which provided new opportunities to analyze the mobile Ad-hoc network of social contacts adapting HDFI process model and a new pin connection estimation method.

## TURINYS

ĮVADAS.....	11
1. MOBILIŪJŲ ĮRENGINIŲ INFORMACIJOS TYRIMŲ ANALIZĖ .....	13
1.1. Mobiliųjų įrenginių informacijos tyrimų aktualumas .....	13
1.2. Harmonizuotas skaitmeninės informacijos tyrimo modelis (HDFI - modelis).....	14
1.3. Komunikavimo informacijos generavimas .....	17
1.4. Socialinio tinklo modelio pritaikymas kontaktų analizei.....	19
1.5. Socialinių grupių modelio sudarymui skirtų parametrų parinkimas.....	19
1.5.1. Socialinių tinklų struktūros įvertinimo metrikos .....	20
1.5.2. Girvan'o ir Newman'o algoritmas.....	20
1.5.3. Briaunos santykinis svoris .....	22
1.6. Analizės išvados.....	24
2. MOBILIŪJŲ ĮRENGINIŲ INFORMACIJOS ANALIZĖS PROGRAMINĖS ĮRANGOS PROJEKTAVIMAS.....	25
2.1. Panaudos atveju diagrama.....	25
2.2. Funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai .....	26
2.3. Programos architektūra .....	28
2.3.1. Paketų diagrama .....	28
2.3.1. Klasių diagramos .....	29
2.3.2. Duomenų bazės schema .....	32
2.3.3. Loginė sistemos architektūra .....	34
2.4. Skaičiavimo elgsenos modelis .....	35
2.5. Projektinės dalies rezultatai .....	36
3. MOBILIŪJŲ ĮRENGINIŲ KONTAKTŲ TINKLO ANALIZĖS PROGRAMINĖS ĮRANGOS REALIZACIJA IR KOKYBINĖ ANALIZĖ.....	37
3.1. Sistemos funkcionalumas.....	37
3.2. Testavimo strategijos .....	41
3.3. Kokybės vertinimo kriterijai ir kokybės valdymas.....	43

3.3.1. Kokybės vertinimo kriterijai.....	43
3.3.2. Sistemos kokybės rizikos .....	44
3.3.3. Programinės įrangos kokybės valdymas .....	44
3.3.4. Kokybės vertinimo rezultatai .....	45
4. MOBILIŪJŲ ĮRENGINIŲ KONTAKTŲ TINKLO ANALIZĖS MODELIO EKSPERIMENTINIS TYRIMAS.....	46
4.1. Eksperimentinio tyrimo tikslas .....	46
4.2. Tyrimo duomenys .....	46
4.3. Eksperimentinio tyrimo scenarijus .....	50
4.4. Eksperimentinio tyrimo rezultatai.....	52
4.5. Eksperimentinio tyrimo išvados .....	57
5. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS.....	58
6. LITERATŪRA.....	60
PRIEDAI.....	62

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

<b>1 lentelė.</b> Analizės įrankių funkciniai skirtumai .....	14
<b>2 lentelė.</b> Paslaugų sukuriami informacijos tipai.....	18
<b>3 lentelė.</b> Socialinių tinklų struktūros vertinimo metrikos .....	20
<b>4 lentelė.</b> Grafo metrikų kategorijos .....	20
<b>5 lentelė.</b> Duomenų elementai .....	33
<b>6 lentelė.</b> Sistemos kokybės rizikos.....	44
<b>7 lentelė.</b> Mobiliųjų įrenginių savininkų eksperimentiniai duomenys .....	49
<b>8 lentelė.</b> Mobiliųjų įrenginių socialinės informacijos duomenų kiekio reikšmės .....	49
<b>9 lentelė.</b> Grafo metrikų rezultatai .....	53
<b>10 lentelė.</b> Santykiniai ryšių stiprumai .....	55



## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Mobiliųjų įrenginių skaičiaus augimas pasaulyje [1].....	13
2 pav. HDFI proceso modelis pagal (ISO/IEC 27043, 2014) [13] .....	16
3 pav. Girvan-Newman klasterizavimo algoritmo veikimo principas .....	21
4 pav. Grafo struktūra [4].....	22
5 pav. Hierarchiškai atvaizduota struktūra [4] .....	22
6 pav. Socialinio ad-hoc kontaktų tinklo duomenų analizės sluoksniai pagal duomenų tipus .....	23
7 pav. Panaudos atvejų diagrama .....	25
8 pav. Programos paketų diagrama .....	28
9 pav. Programos branduolio klasių diagrama.....	30
10 pav. Programos grafinės vartotojo sąsajos paketo klasių diagrama.....	30
11 pav. Programos hierarchijos modelio paketo klasių diagrama .....	31
12 pav. Programos duomenų paketo klasių diagrama.....	31
13 pav. Duomenų bazės modelio diagrama .....	32
14 pav. Loginė sistemos architektūra.....	34
15 pav. Metrikų skaičiavimo ir tinklo modelio konstravimo algoritmas .....	35
16 pav. Duomenų užkrovimas .....	37
17 pav. Duomenų filtrų pasirinkimas varnele .....	38
18 pav. Struktūros generavimas .....	38
19 pav. Programos briaunų skaičiavimo rezultatai .....	39
20 pav. Grafo modelio šablonai .....	40
21 pav. Duomenų struktūra viena įrenginiui.....	47
22 pav. Duomenų struktūra trims įrenginiams.....	47
23 pav. Testuojama socialinio tinklo struktūra .....	48
24 pav. Eksperimentinio tyrimo įvykių scenarijaus fazės.....	50
25 pav. Duomenų ataskaitų importavimas .....	51
26 pav. Savininko duomenų įvedimas .....	51
27 pav. Duomenų užkrovimas .....	51
28 pav. Pirmojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra .....	53
29 pav. Antrojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra.....	54
30 pav. Trečiojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra.....	54
31 pav. Ketvirtojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra.....	54
32 pav. Penktojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra .....	56
33 pav. Šeštojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra .....	56
34 pav. Septintojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra.....	56

## TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

Santrumpa/terminas	Paaškinimas
<b>Loginis duomenų nuskaitymas</b>	Procedūra, kurios metu identifikuojama ir atkuriami informacija pateikimui pasinaudojant įrenginio failų sistema. Ši informacija vėliau perkopijuojama.
<b>Mobilūs įrenginiai</b>	Išmanieji telefonai, planšetės, navigacinės sistemos ir kiti įrenginiai, kuriais galime lengvai pernešti ar pasidalinti informacija išnaudojant įvairias perdavimo technologijas.
<b>„Log“ įrašų failas</b>	Įrašų failas, kuriame fiksuojami sistemos, programų ar vartotojo atlikti veiklų įvykiai.
<b>Meta duomenys</b>	Duomenys kurie paprastai aprašo sistemos failų ir katalogų parametrus. Ten saugoma tokia informacija, kaip sukūrimo, modifikavimo data, vietos informacija, prieigos leidimai, programų specifinė informacija. Ši sąvoka taip apibrėžia elektroninių laiškų antraštes, internetinių puslapių kodo informaciją.
<b>Digital forensic</b>	Skaitmeninės informacijos teisminė ekspertizė
<b>Ad-hoc network</b>	Proginis tam tikrai paskirčiai sukuriamas tinklas.
<b>PA</b>	Panaudos atvejis
<b>Bluetooth</b>	Bevielė perdavimo technologija trumpu atstumu tarp mobiliųjų įrenginių.
<b>Wifi</b>	Bevielė perdavimo technologija duomenų perdavimui tiek vidiniame tiek išoriniame interneto tinkle.
<b>GSM</b>	Mobiliųjų operatorių ryšio technologija.
<b>SMS</b>	Trumpųjų žinučių siuntimas.
<b>Teisminiai informacijos tyrimai</b>	Specialūs skaitmeninės informacijos tyrimai atliekami teisminių institucijų pagal griežtai numatytą tvarką. Tokių tyrimų rezultatai, kaip įkalčiai naudojami teismo procesuose.

## ĮVADAS

### **Darbo aktualumas.**

Išmaniųjų telefonų skaičius šiuo metu artėja prie 2 milijardų. Manoma, kad per artimiausius 3 metus jų skaičius padidės dar 600 mln. [1]. Išmaniesiems telefonams skirtų taikomųjų programų kiekis viršija milijonus, o jų taikymas žmonių poreikių tenkinimui nuolatos plečiasi. Šiuo metu išmanieji telefonai tampa duomenų saugykla, asmens identifikavimo, GPS ir Wi-fi navigacijos, asmens sveikatos monitoringo, nuotraukų ir vaizdo įrašų saugojimo priemonėmis. Taip pat komunikavimo tarp asmenų, pramogavimo, bankinių atsiskaitymų saugumo užtikrinimo priemonėmis ir t.t. Visi šie taikymai gali būti panaudoti tiek žmonių gyvenimo kokybės pagerinimui, tiek ir įvairių incidentų sukūrimui ar net nusikalstamos veiklos organizavimui. Šioje srityje informacinių technologijų taikymas gali padėti aptikti su incidentais susijusią informaciją, tačiau jos atsiradimo priežastis ir pasekmės paprastai tiria atitinkamos srities specialistai.

Išmaniajame telefone esančios informacijos ištraukimui naudojami įvairūs įrankiai: „AccessData FTK“, „MPE+“, „MobileEdit“ arba atviro kodo įrankis „Autopsy“. Pastaruoju metu plačiai pradėtas naudoti „AccessData FTK“ įrankis, skirtas tiek stacionarių kompiuterių, tiek išmaniųjų telefonų informacijos ištraukimui. Pasigendama priemonių, skirtų ištrauktos informacijos atvaizdavimui ir jos apdorojimui. Viena iš tokių priemonių yra Oxygen Forensic, kuri taikoma socialinių tinklų informacijos, esančios viename išmaniajame telefone, apdorojimui. (calls, text, multimedia and e-mail messages and Skype activities) [2].

Socialiniai tinklai apima labai daug aktyvių dalyvių, kuriems būdingi saviti išmaniųjų telefonų galimybių panaudojimo būdai. Komunikavimo tarp gausybės dalyvių atvaizdavimas yra labai problematiškas. Kartais remiantis specialiais kriterijais sudaromos atitinkamos grupės ir hierarchinės struktūros [3][4]. Tačiau tai apsunkina konkretaus tikslo įgyvendinimą.

Darbe yra siekiama sukurti programinę įrangą, kurios pagalba būtų sprendžiamas konkretus uždavinys – komunikavimo ryšių tarp riboto skaičiaus tinklo dalyvių atvaizdavimas įvertinant komunikavimo intensyvumą. Tokie tinklai dažnai vadinami proginiais arba Ad-Hoc tinklais [5] ir kuriami bendruomenėms sudaryti. Ad-Hoc tinklai paprastai yra uždaro tipo ir informacijos mainai yra tik tarp bendruomenės narių.

Informacijos mainų tarp Ad-Hoc tinklo dalyvių ištyrimui įsigyta speciali programinė įranga AccessData Forensics Toolkit FTK [6] ir įgyta reikiama kvalifikacija jos panaudojimui (ACCESSDATA CERTIFIED EXAMINER – 3 priedas).

### **Darbo tikslas ir uždaviniai.**

Darbo tikslas – sukurti programinę įrangą „Ad-Hoc“ tipo tinklo komunikavimo tarp vartotojų intensyvumo analizės modelio sudarymui ir eksperimentiškai ištirti jos taikymo galimybes.

#### **Uždaviniai:**

- išanalizuoti komunikavimo informacijos išgavimo ir panaudojimo aspektus;
- atrinkti komunikavimo tarp tinklo vartotojų būdus ir priemones, tinkamas sukurti komunikavimo intensyvumo analizės modelį;
- parinkti komunikavimo duomenų metrikas ir jų atvaizdavimo būdus;
- pasiūlyti programinės įrangos projektavimo metodus ir sukurti jų praktiniam taikymui skirtą programinę įrangą;
- įvertinti sukurtos programinės įrangos kokybę;
- atlikti sukurtos programinės įrangos testavimą.

### **Darbo rezultatai ir jų svarba**

Šiame darbe analizuojami informaciniai mobilaus įrenginio duomenys, kurių pagalba sudaromas socialinių kontaktų modelis, įvertinantis bendravimo tarp vartotojų stiprumą. Augant kibernetinių nusikaltimų mastui sukurtos programinės įrangos panaudojimas sudarys prielaidas efektyvesniam nusikaltimų tyrimui. Taip pat gali būti pritaikyta analizuoti socialinių tinklų vartotojų elgsenas, o taip pat nustatyti incidentų atsiradimo priežastis ir numatomas pasekmes.

### **Darbo struktūra**

Darbas sudarytas iš keturių pagrindinių skyrių:

1. Analizės, kurioje pateikiama išmaniųjų įrenginių skaitmeninės informacijos tyrimo procesas ir tinklinio kontaktų modelio vaizdavimo aspektai;
2. Projektinės dalies, kurioje pateikiama programinės įrangos, naudojamos tyrimui, svarbiausi architektūriniai sprendimai ir modelio konstravimo algoritmas;
3. Tyrimo dalies, kurioje pateikiama programinės įrangos kokybinė analizė;
4. Eksperimentinės dalies, kurioje aprašomas atliktas socialinio kontaktų modelio eksperimentas ir rezultatų analizė.

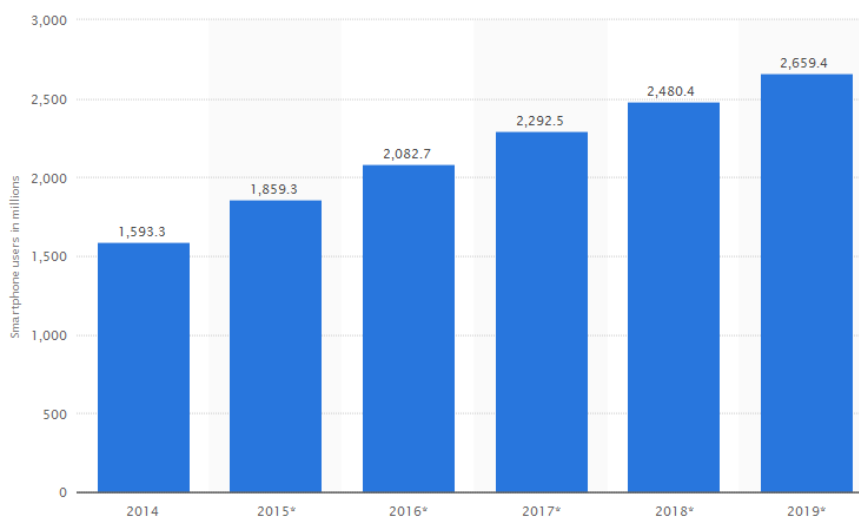
# 1. MOBILIŲJŲ ĮRENGINIŲ INFORMACIJOS TYRIMŲ ANALIZĖ

## 1.1. Mobiliųjų įrenginių informacijos tyrimų aktualumas

Išmanusis telefonas yra komunikacijų tinklo įrenginys, kuris atlieka dauguma personalinių kompiuterių funkcijų ir visą eilę papildomų funkcijų, tokių kaip judriąją komunikaciją, personalinio asistento funkciją, medijų grotuvą, „GPS“ ir „Wi-Fi“ navigaciją, skaitmeninį fotografavimą ir filmavimą, suteikia novatorišką lietimui jautraus ekrano vartotojo sąsają. Turėdamas pakankamai galingą operacinę sistemą gali užtikrinti daugybės taikomųjų programų funkcionavimą. Visos šios savybės išmanųjį telefoną daro galinga žmonių asmenine bendravimo priemone.

Šiuo metu pastebima tendencija, kad išmanieji telefonai tampa duomenų saugyklomis, asmens identifikavimo priemone, asmens sveikatos monitoringo priemone [7], komunikavimo tarp asmenų priemone, pramogavimo priemone, bankinių atsiskaitymų saugumo užtikrinimo priemone ir t.t. Visi šie taikymai ir architektūrinės įrenginio galimybės gali būti panaudoti tiek žmonių gyvenimo kokybės pagerinimui, tiek ir įvairių incidentų sukūrimui ar net nusikalstamos veiklos organizavimui [8]. Šioje srityje informacinių technologijų taikymas gali padėti aptikti su incidentais susijusią informaciją, tačiau jos atsiradimo priežastis ir pasekmės paprastai tiria atitinkamos srities specialistai.

Išmaniųjų telefonų gamintojų skaičius nuolat auga, o kartu auga ir jų įvairovė bei jų paplitimas pasaulyje (1 pav. ).



1 pav. Mobiliųjų įrenginių skaičiaus augimas pasaulyje [1]

Būdami tinklo įrenginiais išmanieji telefonai yra priemonė kurtis proginėms, dar kitaip vadinamoms paskirstytomis, savaime susiorganizuojančiomis Ad-Hoc bendruomenėmis (ang. *society in ad-hoc mode: decentralised, self-organising, mobile*). Šios bendruomenės gali būti izoliuotos nuo išorinių tinklų, o jų vidinis tinklas papildomai gali turėti specifines informacijos apsaugos priemones. Uždari tokio tipo tinklai gali būti panaudoti įvairių incidentų organizavimui sukuriant atitinkamas

bendrininkų grupes. Tai tampa labai pavojingu ir sunkiai aptinkamu įrankiu daryti įvairaus pobūdžio nusikaltimams ar vykdyti teroristinę veiklą.

Pastebimos naujos tendencijos išmaniesiems telefonams suteikti tokių naujų savybių:

- „Bluetooth“ technologija paremtas durų užraktas;
- Bilietų į renginius elektroninis pakaitalas;
- Nuolatinis sveikatos ir fizinio krūvio stebėjimas;
- Nuolatinis mobilus internetas (LTE technologija);
- Naudotojo atpažinimas pagal biometrinius duomenis;
- Induktyvinis arba nuo judesio vykstantis maitinimo šaltinio pakrovimas.

Ryšium su šių galimybių atsiradimu išmaniajame telefone atsiras naujo tipo duomenys, kurių analizei įrankiai kol kas nesukurti.

## 1.2. Harmonizuotas skaitmeninės informacijos tyrimo modelis (HDFI - modelis)

Kiekvieno informacijos tyrimo atvejo sėkmė priklauso nuo išmaniojo telefono vykdytų procesų liktinės informacijos, taikomų tyrimo metodikų ir tyrėjo praktinių įgūdžių [9]. Siekiant sumažinti dažnai pasikartojančių paieškos uždavinių problemas, bandoma kurti specializuotus programinės įrangos produktus, leidžiančius automatiškai arba pusiau automatiškai atlikti norimos išgauti informacijos paiešką ir atvaizduoti analizės rezultatus. Tokie sertifikuoti programiniai produktai kaip „AccessData FTK“, „MPE+“, „MobilEdit“ arba atviro kodo įrankis „Autopsy“ skirti informacijos ištraukimui iš išmaniojo įrenginio. Atlikus šių įrankių galimybių analizę padaryta išvada, kad informacijos analizės sprendimai tobulėja lėčiau, negu mobiliųjų įrenginių galimybės, o pats analizės procesas sudėtingėja ir nėra kol kas nėra universalių produktų visoms tyrimo užduotims įgyvendinti. Šią išvadą patvirtina ir keletas mokslinių tyrimų, atliktų pagal griežtai iš anksto nustatytą scenarijų ir vertinimo kriterijus, rezultatai. Pastebėta, kad naudojant skirtingus įrankius gaunami ir skirtingi rezultatai [10],[11]. Tai reiškia, kad nėra lyderio visoms informacijos surinkimo ir analizės užduotims atlikti, o tyrimo sėkmė priklauso nuo specialisto praktinės patirties. Šiame darbe sukurtas produktas užtikrino geriausius palyginimo rezultatus, pateiktus 1 lentelėje. .

1 lentelė. Analizės įrankių funkciniai skirtumai

Produktas	SMS analizė lentelėje (laike)	Skambučių analizė lentelėje laike	El. Pašto analizė lentelėje laike	Tinklinio modelio sudarymas laike	Tinklo briaunų įvertinimas	Tinklo mazgų įvertinimas	Ataskaitų generavimas
AccessData MPE+	+	+	+	+	-	-	+
MobilEdit	+	+	-	-	-	-	-
Autopsy	+	+	+	-	-	-	-
Kuriamas produktas	+	+	+	+	+	+	+

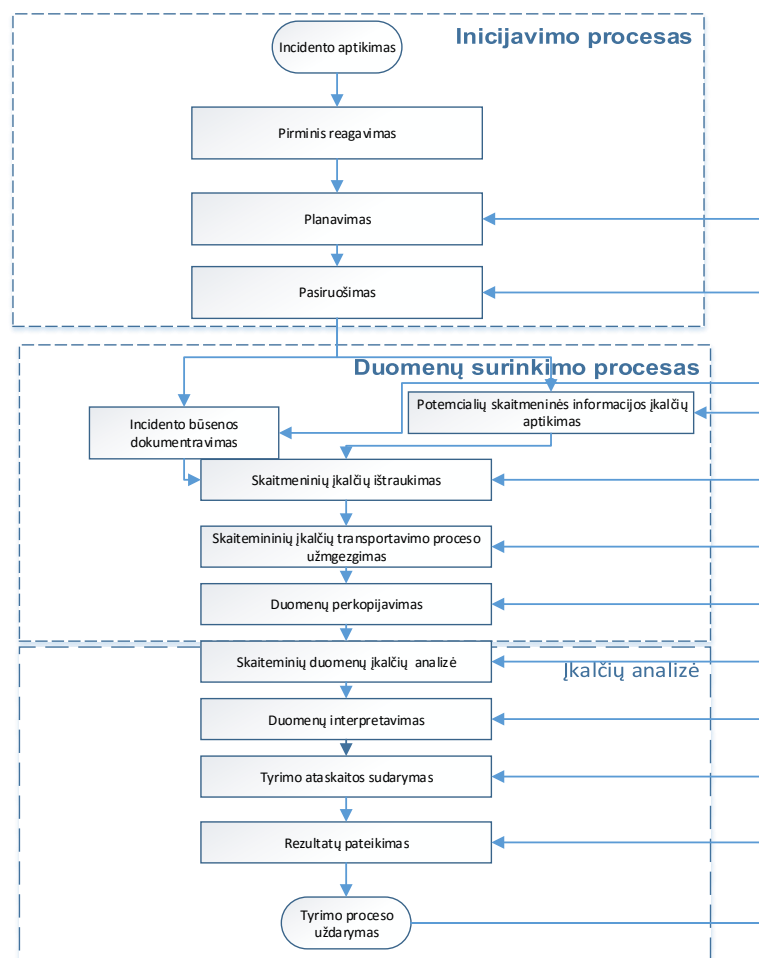
Išbandytų produktų naudojimo tyrimas parodė, kad pagrindinis analizės įrankių trūkumas yra skurdus automatinis funkcionalumas. Daug laiko reikalauja informacijos paieška rezultatų lentelėse, sunku pastebėti svarbiausią informaciją apie įrenginio savininką, jo kontaktus ir informacijos mainus norimuose laiko intervaluose. Darbe aprašytas informacijos analizės modelis ir jo realizavimui skirta programinė įranga yra pranašesnė už ankstesnius produktus. Tai pasiekta pritaikant grafų analizės metodus, leidžiančius identifikuoti svarbius tinklo mazgus (vartotojus), bei vartotojų grupes.

Siekiant optimizuoti komunikavimo informacijos išgavimo procesą ir gauti patikimus rezultatus, tikslinga pasinaudoti harmonizuotu skaitmeninės informacijos ištyrimo modeliu (*ang. HDFI – Harmonized Digital Forensic Investigation model*) [3][11]. Tai yra bendrinis modelis, apibrėžtas pagal ISO/IEC 27043 standartą. Standartas įvertina daugelį ankstesnių modelių, kaip ACPO, NIST, „Ramabhadran“, kuriuose pateikiamos tyrimo proceso gairės [12]. Tačiau mobiliųjų įrenginių informacijos ištyrimui jos mažai pritaikomos. HDFI modelis svarbus dėl to, kad apibrėžia į bendrą grandinę susietą procesą, apimančią lygiagrečių veiksmų tvarką, informacijos srautus, dokumentus, leidimus, įrodymų išsaugojimo etapą, išvadų pateikimą. Taip įgalina išlaikyti išgautos informacijos vientisumą ir suteikia garantiją, kad išgauti duomenys yra tikri ir teisingai interpretuojami. Tačiau bendrinis modelis kartais gali neapibrėžti specifinių proceso dalių, todėl atskirais proceso etapų klausimais siūloma taikyti konkretesnių modelių gaires, detaliau aiškinančias sub-procesus ir nesikertančias su bendrinio proceso modeliu.

HDFI proceso modelis (2 pav.) yra tiesinio algoritmo pagrindu sudarytas modelis turintis savyje keletą ciklų įvairiose būsenose, todėl detaliau aptarsime šio modelio būsenas. Proceso inicijavimo metu pirmiausiai yra nustatomas įvykis, incidentas. Šios fazės metu fiksuojamas tiriamojo įvykio laikas, pobūdis ir kitą informacija aktuali tyrimui, bet išgaunama ne iš pačio įrenginio. Tai informacija, kuri turėtų sukongretinti ieškomos informacijos įrenginyje paieškos lauką.

Sekančioje fazėje „*Pirminis reagavimas*“ atliekami proceso veiksmai siekiant išsaugoti informaciją nepakitusią. Taip bandoma kuo greičiau pristatyti veikiantį įrenginį į laboratoriją, jį izoliuoti nuo pašalinių tinklų ir aplinkos poveikio. Pabrėžiama, kad tai turi būti atlikta operatyviai, nes laike, senka įrenginio baterija, kinta paties įrenginio būsenos ir vyksta atminties atlaisvinimo procesai, kurie gali sunaikinti dalį svarbių duomenų.

Planavimo ir pasirengimo proceso būsenos numato, kad turi būti paruošti techniniai, žmogiškieji ir kiti resursai, bei aiškiai sudaromas planas fiksuojant proceso etapus, laiką bei pirminės apžiūros faktus.



2 pav. HDFS proceso modelis pagal (ISO/IEC 27043, 2014) [13]

Likę etapai tokie kaip tyrimo rezultatų dokumentavimas ir tariamų įkalčių nustatymas vykdomi lygiagrečiai. Čia svarbiausia nepažeisti esamų duomenų vientisumo, o jeigu to padaryti nepavyksta siekiant išgauti informaciją, tai turi būti užfiksuota ir numatytos rizikos. Tinkamai įvykdžius aptartus etapus, galima vykdyti sekanti etapą- duomenų nuskaitymą arba išgavimą (*ang. „aquisition“*). Tai proceso fazė, kurioje iš įrenginio kopijuojami visi arba dalis duomenų jų nepakeičiant. Tačiau tai yra tik teorinė rekomendacija, atėjusi iš kompiuterių skaitmeninės informacijos srities, kai tyrimo metu yra nuskaitymas kompiuterio magnetinis diskas, nepaleidžiant įrenginio sistemos. Su išmaniais įrenginiais toks duomenų nuskaitymas galimas tik fizinio nuskaitymo atveju, tačiau tai neretai susiję su įrenginio išardymu, kurio metu įrenginį galima sugadinti nepataisomai. Todėl dažniausiai taikomas loginis nuskaitymas ir daromas loginis sistemos atvaizdas, kuris nuo realaus įrenginio visada nežymiai skiriasi, dėl proceso metu atsinaujinusių sistemos būsenų. Tačiau taikoma praktika priimti tai kaip tinkamą duomenų šaltinį fiksuojant jo vienkryptės funkcijos reikšmę, ir atliekant analizę, nuolatos tikrinti ar tyrimo metu ji nepasikeitė. Pasikeitimas reikštų, jog analizės metu buvo pakeisti tiriamieji duomenys. Tinkamai atlikus duomenų kopijavimo procesą ir sukūrus atvaizdą, atliekama sekanti proceso fazė – duomenų analizė. Tai yra tyrimo proceso pradžia, kai turint informacijos kontekstą, bandoma atkurti įvykių sistemoje eigą, vartotojo veiksmus ir spręsti tyrimo pradžioje iškeltus



klausimus dėl galimai atliktos veiklos. Šioje dalyje sudaromi draudžiamo turinio archyvai, kontaktų analizė panaudojant bendravimo informaciją (SMS, skambučių įrašai, laiškai, socialinių tinklų aplikacijų kaip Facebook, įrašų analizė). Sukaupti aktualūs duomenys analizuojami ir vėliau dokumentuojami rezultatų ataskaitoje. Tai ypač svarbus dokumentas, kuris turi turėti aiškią struktūrą, nurodyti duomenų šaltinius ir tyrėjo išvadas. Dokumentas yra naudojamas teisiniuose tyrimuose kaip įkaltis. Tačiau net ir gavus rezultatus, procesas dar nesibaigia. Reikalinga tinkamai pristatyti rezultatus ir užbaigti tyrimo procesą. Tai yra užtikrinti, kad išmanusis įrenginys, kiek įmanoma išliktų nepakitęs, jei būtų atliekamas pakartotinis tyrimas.

Pateiktame šaltinyje šio proceso modelio įgyvendinimas vykdomas panaudojant „Samsung Galaxy S2“ išmanųjį telefoną su „Android OS“ operacine sistema [11]. Informacijos ištyrimui panaudotas „Micro Systemation (MSAAB) XRY Mobile Forensic“ įrankis. Pritaikyti trys informaciniai telefono informacijos ištraukimo būdai siekiant išgauti visą informaciją. Tyrimai atlikti specializuotoje laboratorijoje, kurioje įrenginys apsaugotas nuo išorinių tinklų poveikio ir patikimai užtikrinta elektros energiją duomenų nuskaitymo metu. Panaudota patikima licencijuota programinė įranga duomenų išgavimui iš mobiliųjų įrenginių, o programinės įrangos testavimui panaudotos aktualios duomenų kopijos pagal iš anksto numatytas duomenų mainų šaltinių kategorijas. Nustatyta, kad HDFI modelio taikymas sukuria pagrindą gauti patikimus rezultatus ir sumažinti galimas rizikas duomenų nuskaitymo ir kopijavimo metu.

### **1.3. Komunikavimo informacijos generavimas**

Ištyrimui skirtą informaciją gauname vykdydami komunikavimą naudojantis „Wi-Fi“, „GSM“, „GPS“ ir „Bluetooth“ technologijomis. Komunikavimas vykdomas teikiant šias paslaugas [14]:

- SMS žinučių siuntimą,
- telefoninį skambinimą per socialinius tinklus,
- elektroninių laiškų siuntimą,
- dalinimąsi failais pasinaudojant „GoogleDrive“ ar „Dropbox“,
- nešiojamų saitaviečių kūrimą,
- informacijos mainus ad-hoc tinkle.

Šioms paslaugoms panaudojama vartotojų kontaktinė informacija. Informacijos išgavimo sąlygoms taikytos šios HDFI modelio rekomendacijos:

- ištraukti informaciją nesugadinant įrenginio;

- užtikrinti grafinės vartotojo sąsajos teisingą veikimą įrenginio naudojimui;
- išsiaiškinti vartotojo slaptažodžius įrenginio atrakinimui;
- telefono naudotojui suteikti aukščiausios teisės prieigą prie įrenginio resursų (*ang. rooted*)[15].

Atlikus bandymus su „AccessData MPE+“ ir „MobilEdit“ licencijuotais įrankiais [16] nustatyta, kad taikant loginę informacijos nuskaitymo metodą, komunikavimo informaciją galima nuskaityti pakankamai patikimai. Vis tik geresni rezultatai gaunami panaudojant „AccessData FTK“ įrankį, kai tenka tirti didelės apimties informacijos diskus. Pastarasis įrankis leidžia lengvai priskirti kategorijų nuorodas (*ang. bookmarks*) ir taip sudaryti paskirstytą aktualios informacijos struktūrą jos nemodifikuojant. Tam panaudosime grafo modelį. Toks modelis pradedamas naudoti ir „Oxygen“ ekspertizės tyrimo programinėje įrangoje [2]. Moksliniuose straipsniuose šis modelis rekomenduojamas kaip tinkamiausias nustatyti organizacines grupes pritaikant vaizdavimo šablonus [17]. Informacijos atvaizdavimas atliktas Ad-Hoc tipo socialinio tinklo struktūrai, sudarytai iš nedidelio narių skaičiaus. Ad-Hoc tinklo sąvoka šioje vietoje interpretuojama kaip apibrėžto dydžio tinklas, sukurtas informacijos mainų poreikiui patenkinti ir iš dalies reprezentuojantis realius išmanaus telefono naudotojo socialinius ryšius. Pagrindiniai tokio tinklo informacijos duomenų tipai pateikti 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Paslaugų sukuriami informacijos tipai

SMS žinutės
Elektroninių laiškų įrašai
Kontaktinė informacija
Skambučių įrašai
„Wifi“ prisijungimo taškų informacija
GPS vietų informacija
„Bluetooth“ susietų įrenginių informacija
„GoodleDrive“, „Dropbox“ ar kitokios failų dalijimosi programos failų sąrašo informacija
Socialinių tinklų informacija (pokalbiai, grupės, pomėgiai)
Vartotojo kuriamos kategorijos

Šių paslaugų informacija charakterizuoja įrenginio vartotoją ir nusikalstamos veiklos tyrimo praktikoje yra ypač vertinama. Kita vertus, galima naudotis ir ryšio operatorių renkamais duomenimis, tačiau operatoriai nėra linkę juos atskleisti.

#### **1.4. Socialinio tinklo modelio pritaikymas kontaktų analizei**

Virtualios socialinės struktūros atvaizduojamos grafais, kuriuose mazgai vaizduoja dalyvius, o briaunos išreiškia tarpusavio komunikavimą.

Šiame tyrime socialiniu tinklu įvardiname informacijos mainų struktūrą grafo pavidalu tam tikru laiko momentu. Laiko momentas čia yra svarbus parametras, atspindintis vykstančius komunikavimo procesus incidento organizavimo ir jo vykdymo metu. Grafo mazgai yra asmenys, o grafo briaunos reiškia įvairius atitinkamus komunikavimo tipus (žinutės, pokalbių įrašai, el. laišakai ir t.t.). Pagrindinis skirtumas nuo socialinių tinklų struktūros yra tas, kad tokiuose tinkluose naudojamos kliento-serverio architektūros, t.y. informacijos mainai vyksta centralizuotai. Tuo tarpu Ad-Hoc tinkluose yra paskirstytoji (*ang. peep to peer*) informacijos mainų struktūra.

Komunikavimo socialiniuose tinkluose tyrimai apima:

- parametru, charakterizuojančių patį tinklą parinkimą;
- komunikavimo vizualizavimo modelių kūrimą;
- socialiniams tinklams priklausančių asmenų elgesio prognozavimą.

Visą tai leidžia nustatyti kokia informacija vienija asmenis tokiuose tinkluose ir kokia hierarchinė organizacijos struktūra. Tiriant incidentus tokiuose tinkluose nebūtinai įtariami asmenys, aktyviausiai komunikuojantys tarpusavyje. Organizacinio tinklo analizė vykdoma įvertinant įvairius parametrus bei dinamiką, o ne tik bendrą komunikavimo seansų skaičių. Tam tikslui fiksuojami laiko intervalai, kuriuose vyko svarbus komunikavimas.

Nagrinėjant komunikavimo dinamiką galima stebėti, kaip kinta informacijos apsikeitimo tarp grupės asmenų pobūdis prieš organizuojamus incidentus ir po jų. Tai padeda atskleisti grupių hierarchinę valdymo struktūrą [18]. Todėl pateikiamo darbo tikslas ir yra tokių grupių nustatymas panaudojant komunikavimo informaciją.

#### **1.5. Socialinių grupių modelio sudarymui skirtų parametru parinkimas**

Asmenų socialinių grupių nustatymui reikalingi parametrai parenkami su tikslu sudaryti dinaminį komunikavimo grafą ir nustatyti pavaldumo hierarchiją. Kuriant komunikavimo grafą norima pateikti tokį jo atvaizdavimo būdą, kuris pagerintų incidentų tyrimo efektyvumą, sutrumpintų analizės laiką ir padidintų vertinimo patikimumą. Asmenų socialinės grupės dar vadinamos klasteriais arba moduliais [19]. Atskiros veiklos yra atvaizduojamos grafo briaunomis. Siekiant struktūrizuoti tarpusavio santykius bendruomenių tyrimuose taikomi metodai, atskleidžiantys hierarchinius lygmenis. Hierarchiniai lygmenys parodo tam tikrų sub-grupių centrinius arba kitaip vadinamus šakninius mazgus, telkiančius aplink save kitus asmenis. Taikant organizacinių grupių hierarchijos nustatymo metodus galima pagreitinti incidentų atskleidimą.

### 1.5.1. Socialinių tinklų struktūros įvertinimo metrikos

Socialinių tinklų struktūros įvertinimo metrikos gaunamos remiantis grafų teorijos rezultatais. Tokios metrikos pateiktos 3 lentelėje.

**3 lentelė.** Socialinių tinklų struktūros vertinimo metrikos

<b>Įėjimo/Išėjimo laipsniai</b>	<b>Įėjimo laipsnis</b> parodo asmens įtakos stiprumą socialiniame tinkle. <b>Išėjimo laipsnis</b> parodo asmens padėtį hierarchinėje struktūroje.
<b>Viršūnės ekscentricitetas</b>	Viršūnės $V$ ekscentricitetas $e(v) = \max_{u \in V} d(v, u)$ parodo asmens įtakos gylį (aprepties zoną).
<b>Vidutinis viršūnės laipsnis</b>	Parodo dominuojančius asmenis socialiniame tinkle
<b>Vidutinis briaunos svoris</b>	Parodo informacijos mainų intensyvumą stebimame laiko intervale
<b>Grafo spindulys</b>	Spindulys yra mažiausias visų viršūnių ekscentricitetas
<b>Grafo skersmuo</b>	<b>Grafo skersmuo</b> – didžiausia viršūnės ekscentriciteto reikšmė.
<b>Briaunos svoris</b>	Socialiniame tinkle tai komunikavimo tarp dviejų asmenų intensyvumas
<b>Tinklo tankis</b>	Konkrečioje tinklo zonoje esamų briaunų skaičiaus ir maksimalaus briaunų skaičiaus santykis.
<b>Perdavimo santykis</b>	Parodo kaip vartotojai atskleidžia tinkle savo profilius. Kai santykio reikšmė mažesnė už vienetą asmenys daugiau stebi kitus, negu atskleidžia kitiems. Jeigu reikšmė maža, tai reiškia, kad asmuo ieško informacijos tinkle. Jeigu reikšmė gerokai didesnė už vienetą, tai reiškia, kad asmuo turi didelę įtaką kitiems.
<b>Artumo centriškumas</b>	Charakterizuoja trumpiausių kelių sumą. Tai mazgas, kuris geriausiai gali susisiekti su visais mazgais. Incidentų kontekste tai atitinka asmenį, kuris gali greitai pasidalinti informaciją su visais asmenimis

Pateiktas metrikas pagal paskirtį galime suskirstyti į tris kategorijas (4 lentelė).

**4 lentelė.** Grafo metrikų kategorijos

Apibūdina svarbiausias viršūnės	Apibūdina svarbiausias briaunas	Apibūdina bendrą struktūrą
Didžiausios įėjimo laipsnio viršūnės	Vidutinis briaunos svoris	Tankumas
Didžiausios išėjimo laipsnio viršūnės	Vidutinis kelio ilgis	Grafo spindulys
Viršūnės ekscentricitetas	Briaunos svorių pasiskirstymas	Grafo skersmuo
Centrinis laipsnis		Perdavimo santykis
Vidutinis viršūnės laipsnis		Artumo centriškumas

### 1.5.2. Girvan'o ir Newman'o algoritmas

Kai atliekamas tyrimas su didelės apimties duomenų kiekiu, jų atvaizdavimui reikalingas didelis mazgų ir briaunų skaičius. Šiai problemai spręsti pasiūlyta naudoti grupavimo, arba kitaip vadinamus klasterizavimo metodus, leidžiančius pagal įvairius parametrus automatiškai išskirti panašias arba

susijusias asmenų grupes ir atvaizduoti jas spalvomis. Mūsų atveju metodas turi būti pritaikomas orientuotame grafe ir įvertinti kiekvienos briaunos svorį.

Mokslinėje bendruomenėje 2002 metais pristatytas „Girvan Newman“ algoritmas, kurio tikslas identifikuoti briaunas siejančias atskiras organizacines grupes. Šios jungiamosios briaunos yra randamos remiantis centriniėmis metrikomis (*ang. central betweenness*) išreiškiančiomis mazgo svarbumą trumpiausiam kelyje [19][4]. Yra suformuluotas principas, kaip grafo struktūrą vertinti modulinio principu. Tarkime grafą apibrėžiame kaip  $G=(V,E)$ , kuris yra sudalinamas į  $m$  grupių (*ang. communities*). Tada tokios tinklo struktūros modalumą galime išreikšti formule:[18]

$$Q = \sum_{s=1}^m \left[ \frac{l_s}{E} - \left( \frac{d_s}{2|E|} \right)^2 \right] \quad (1)$$

$l_s$  – briaunų skaičius tarp dviejų viršūnių, priklausančių s grupei;

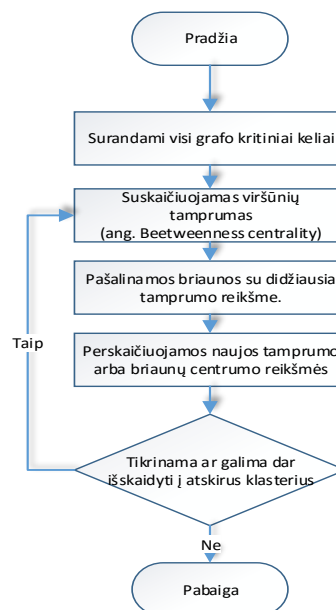
$d_s$  – viršūnių, priklausančių s grupei, laipsnių suma;

$m$  – maksimalus grupių skaičius visoje grafo struktūroje.

Aukšta  $Q$  reikšmė atitinka didelę  $l_s$  reikšmę kiekvienai grupei, kurios tarpusavyje viduj sujungtos stipriau, negu su išorės mazgais. Dėl to tinklo modalumo metrika yra naudojama kaip tinkama funkcija identifikuojant organizacines grupes pasinaudojant Girvan-Newman algoritmu. Jo veikimo principas pavaizduotas 3 pav..

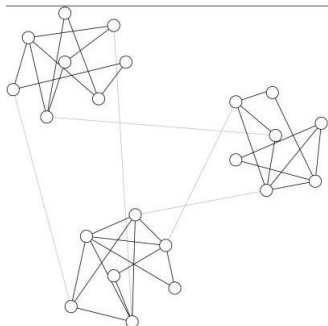
Panaudojant algoritmą galima:

- surasti visus grafo kritinius kelius;
- suskaičiuoti „artumo“ (*ang. betweenness centrality*) arba „briaunų centrumo“ (*ang. edge centrality*) reikšmes;
- pašalinus svarbiausią briauną tikrinti ar tinklas išsiskaidė į klasterius.

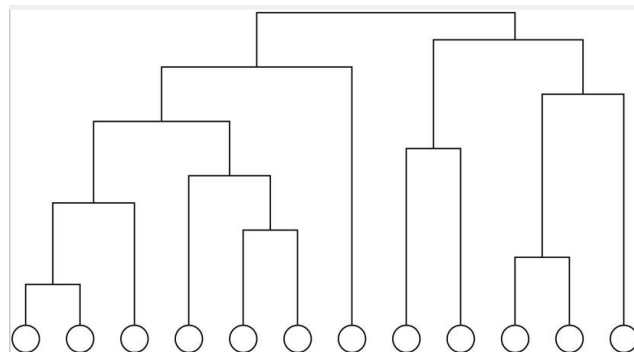


3 pav. Girvan-Newman klasterizavimo algoritmo veikimo principas

Algoritmo vykdymo eigoje artumo (ang. „*betweenness centrality*“) metrika nuolatos perskaičiuojama pasikeitus struktūrai. Pritaikius algoritmą po tam tikrų iteracijų skaičiaus gauname hierarchinį medį (5 pav.) ar kelis medžius iš kurių galime suprasti, koks yra tankumas įvairiuose lygmenyse ir įtarti esminius struktūros mazgus įtakojančius informacijos perdavimą.



4 pav. Grafo struktūra [4]



5 pav. Hierarchiškai atvaizduota struktūra [4]

Analizuojant nusikalstamas grupes pastebėta, kad jos nariai dinamiškai pasidalina savo turima kontaktine informacija su kitais tokių grupių nariais dėl ko keičiasi jų rolė ir įtaka bendruomenėje. Daugkartiniai matavimai tipiškai gali padėti nustatyti tokių grupių dinamiką. Todėl svarbu pasirinkti svarbius tinklo mazgus ir stebėti kaip keičiasi jų pozicija ir rolė laike arba kintant informacijos apimčiai. Pateikiamame darbe tai atitinka numatytų informacijos kategorijų įtraukimą į analizės modelį įvertinant jų pokyčius laike. Keičiant šiuos du kintamuosius, galime išgauti skirtingas organizacines struktūras ir tokiu būdu atrasti svarbiausius mazgus ir pagrindines briaunas, jungiančius grupes.

### 1.5.3. Briaunos santykinis svoris

Socialinio tinklo grafo modelyje komunikacijas atvaizduoja grafo briaunos. Informacijos srautų charakteristikos tiesiogiai išreiškia tinklo modelio briaunas per svorio parametą, todėl siūloma komunikacijų intensyvumo santykinio dydžio skaičiavimo formulė, paremta keturių skirtingų informacijos tipų, formuojančių atskirtus duomenų sluoksnius santykinų dydžių suma (6 pav.) . Tai padaryta todėl, kad tyrimo metu būtų galima pasirinkti atskirą ar apjungtą informaciją importuosime į siūlomą modelį ir iš jo sudarysime organizacinę struktūrą. Keturių komunikacijų tipų atveju, komunikacijų santykinis intensyvumas įvertinamas pagal antrą formulę:

$$R = W_1 \cdot k_1 + W_2 \cdot k_2 + W_3 \cdot k_3 + W_4 \cdot k_4 \quad (2)$$

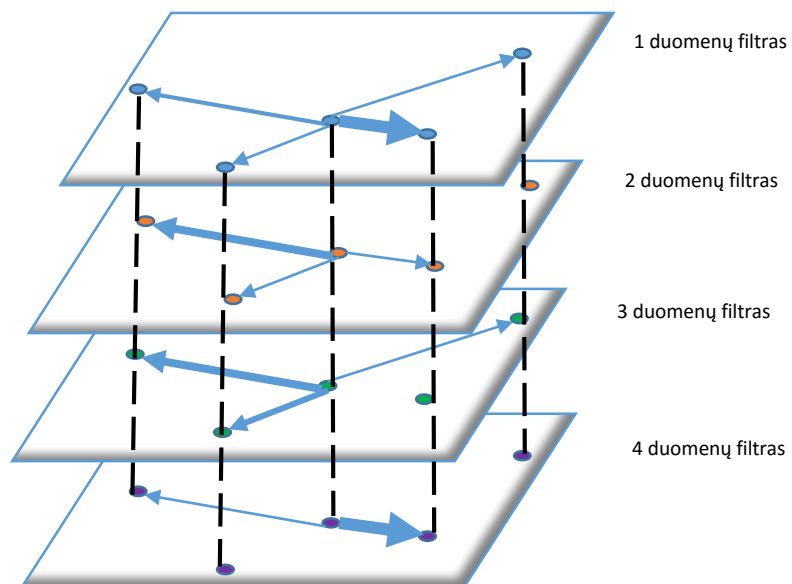
čia:  $R$  –santykinis komunikacijos intensyvumas (grafo briaunos svoris);  $k_1, \dots, k_4$  – įtakos koeficientai;  $W_1, \dots, W_4$  – komunikacijų santykiniai skaičiai pagal informacijos tipo filtrą.

$$W_i = m_i/n \quad (3)$$

čia:

$m_i$  – įrašų skaičius konkrečiam kontaktui pagal informacijos tipą;

$n$  – visų informacijos tipų įrašų skaičius.



6 pav. Socialinio ad-hoc kontaktų tinklo duomenų analizės sluoksniai pagal duomenų tipus

## **1.6. Analizės išvados**

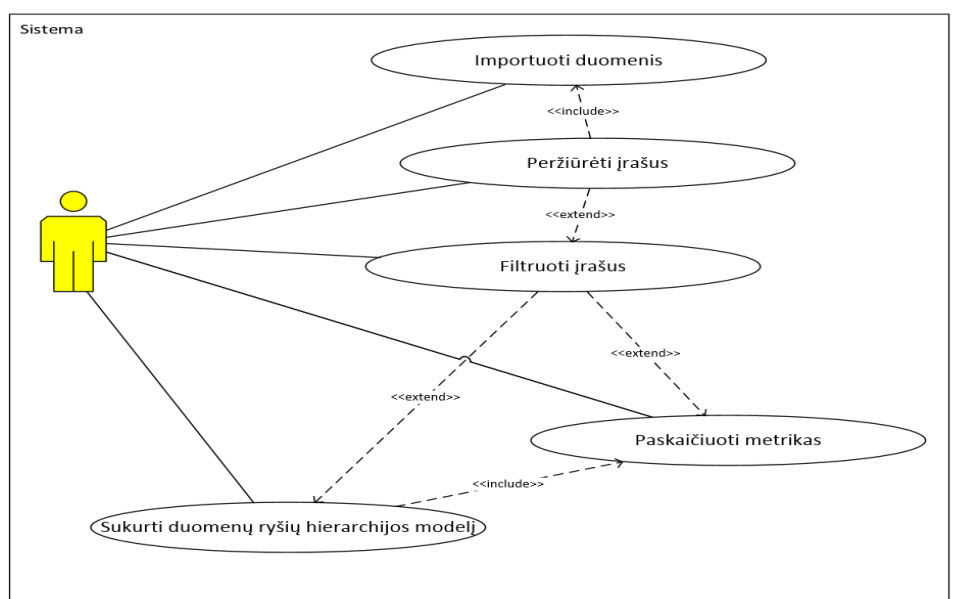
1. Atlikta komunikavimo uždaroje bendruomenėse analizė parodė, kad incidentų tyrimas panaudojant komunikavimo informaciją gali būti vykdomas taikant HDFI modelį.
2. Atlikta komunikavimo informacijos ištraukimo įrankių analizė atskleidė, kad tinkamiausia darbe informacijos surinkimui taikyti „AccessData FTK“ licencijuotą įrankį.
3. Ištirtos galimybės taikyti grafo tinklo tyrimo metodiką „Ad-Hoc“ tinklo įrenginių socialinės kontaktų informacijos sisteminiam atvaizdavimui.
4. Šiuo metu nėra tinkamos priemonės socialinių tinklų tyrimo metodikos taikymui incidentų tyrimams. Todėl tikslinga kurti incidentų informacijos ištyrimui pritaikytą programinę įrangą .



## 2. MOBILIŲJŲ ĮRENGINIŲ INFORMACIJOS ANALIZĖS PROGRAMINĖS ĮRANGOS PROJEKTAVIMAS

Programinės įrangos kūrimo proceso metu panaudotas tradicinis krioklio proceso modelis. Jo privalumai atsiskleidė dirbant mažoje komandoje tarp programinės įrangos autoriaus, užsakovo ir universiteto bendruomenės siekiant numatyti darbus iš anksto, paruošti tinkamą dokumentaciją ir galutinį produktą numatytais terminais. Todėl šiame skyriuje aptarsime esminius programinės įrangos proceso modelio etapo aspektus, kuriais remiantis toliau nuosekliai buvo kuriama programinė įranga.

### 2.1. Panaudos atveju diagrama



7 pav. Panaudos atvejų diagrama

Pirminis uždavinys projektavimo etapu metu sudaryti panaudos atvejų diagramą iš vartotojo pateiktų reikalavimų. Pateiktame panaudos atvejų modelyje (žr. 7 pav.), bendrą sistemą sudaro penki panaudos atvejai pateikti pirmame priede. Aptarsime juos detalčiau.

**Duomenų importavimo** panaudos atvejis yra ypač svarbus funkcionalumas programinėje įrangoje. Be jo programa negalėtų toliau vykdyti savo paskirties. Jis susideda iš tokių užduočių:

- mobilaus įrenginio prijungimas prie kompiuterio ir programinės įrangos;
- duomenų paieška;
- duomenų liekanų paieška;
- duomenų atšifravimas;
- duomenų kopijavimas nepažeidžiant vientisumo.

Tai uždaviniai, kuriuos alternatyvūs programinės įrangos gamintojai nuolat tobulina ir yra sukaukę didelę patirtį. Skirtingų mobiliųjų įrenginių gamintojų ir modelių skaičius nuolatos auga, o mobilaus įrenginio atpažinimas reikalauja tinkamų šio įrenginio tvarkyklių suderinamumo su tyrėjo kompiuterio operacine sistema. Tai sudėtinga užduotis įgyvendinant šiame programinės įrangos etape, todėl yra naudingiau išnaudoti trečiųjų šalių programinės įrangos privalumus, iš jų gauti tarpines surinktų duomenų ataskaitas ir orientuotis į duomenų analizės problemas. Po atlikto duomenų ataskaitų importavimo, toliau analizės proceso metu operuojama su duomenų kiekinėmis charakteristikomis išreiškiančiomis tam tikrą laiškų, kontaktų ar žinučių kiekį tarp mobilaus įrenginio savininko ir jo kontakto. Todėl papildomai duomenų nekoreguojame ir nepažeidžiame jų vientisumo.

Tik importavus duomenis, jau galima atlikti kitą panaudos atvejį – **įrašų peržiūrą**. Šis panaudos atvejis atsakingas už duomenų užkrovimą į duomenų lenteles. Taip pat parodo skaičiavimo rezultatus po įvykdyto metrikų skaičiavimo arba duomenų pokyčius atliekant duomenų filtravimo panaudos atvejus.

Su vartotoju suderinus duomenų importavimo ir filtravimo klausimus, buvo pridėtas **duomenų hierarchijos modelio konstravimo** panaudos atvejis, įgyvendinantis grafo struktūros generavimo ir surinktų duomenų atvaizdavimo funkcionalumą. Tai esminis panaudos atvejis apsprendžiantis duomenų atvaizdavimo problemą aptartą šio darbo analitinėje dalyje. Struktūros vaizdavimo patogumui ir organizacinėms grupėms atvaizduoti yra naudojami įvairūs grupavimo šablonai išryškinantys svarbiausias briaunas ir mazgus. Pastarųjų svarbumą įvertina **metrikų skaičiavimo** panaudos atvejis, kuris panaudodamas importuotus duomenis ir tinklinės struktūros metrikas paskaičiuoja bendrus įverčius grafo komponentams. Jais remiantis programoje galima lyginti mazgų priklausomybes nuo atitinkamo tipo duomenų ir stebėti informacijos srautus bei padaryti tam tikras išvadas apie ryšius tarp kontaktų.

## 2.2. Funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai

Projektuojant programinę įrangą ir naudojant krioklio proceso modelį įprasta pradžioje sudaryti reikalavimų specifikacijos dokumentą apibrėžiantį sistemos funkcijas ir apribojimus. Todėl visi funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai detalai aprašyti programinės įrangos reikalavimų specifikacijoje „Volere“ šablono pagrindu. Šio darbo ketvirtame priede pateikti pagrindiniai reikalavimų specifikacijoje numatyti funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai artimai susieti su panaudos atvejų modeliu.

**Funkciniai reikalavimai (žr. ):**

- kontaktų tinklo modelio generavimas;
- modelio briaunų ryšio stiprumo įvertinimas;
- filtravimas pagal kategorijas.

**Nefunkciniai reikalavimai:**

- grafo atvaizdavimas;
- duomenų vientisumo išlaikymas.

Kontaktų tinklo modelio generavimo funkcinis reikalavimas numato, kad programinė įranga iš gautų duomenų sudarytų grafo pavidalo tinklinį modelį. Grafo viršūnės reiškia kontaktus, o briaunos duomenų ryšiais siejančius konkrečius kontaktus. Šiam funkcionalumui įgyvendinti reikalinga „JgraphT“ biblioteka. Reikalavimo pagrindimas plačiau aprašytas šio darbo ankstesnėje dalyje (žr. 1.4 dalį), kur parodoma modelio nauda atpažįstant svarbiausius informacijos šaltinius ir organizacines kontaktų grupes. Tai esminis sistemos naudotojų ir užsakovo reikalavimas.

Kontaktų ryšio stiprumo įvertinimo funkcinis reikalavimas kildinamas iš kontaktų modelio generavimo funkcinio reikalavimo. Konstruojant modelį, reikalinga įvertinti jo struktūros išskirtinumą ir pagerinti vartotojo gebėjimus analizuoti modelį. Reikalavimas numato sukurti ryšio įvertinimo metodiką apimančią tiek dažnai naudojamas grafo metrikas tiek duomenų santykinių dydžių rodiklius. Tokie skaičiavimai parodytų ryšius tarp mazgų ir leistų sutaupyti laiko analizuojant dideles struktūras, Neįgyvendinus pirmojo reikalavimo šis taip pat vėliau negalėtų būti įgyvendintas. Įgyvendinus tik pirmąjį reikalavimą vartotojas galėtų vis tiek analizuoti ryšius tačiau priklausomybes tirti tektų pačiam tyrėjui rankiniu būdu.

Filtravimo funkcinio atvejo išskyrimas leidžia sutaupyti daug laiko analizuojant ypač dideles struktūras, kuriose surinktos informacijos kiekiai yra labai dideli. Apdoroti tokias dideles struktūras panaudojant yra laikui imlus procesas, o ir ne visada naudingas. Kartais tyrėjai kelia uždavinį konkrečios perduotos informacijos analizei, ypač jeigu žinoma, kad duotu momentu, įrenginio savininkas bendravo SMS žinutėmis ar kalbėjo telefonu. Suformuojant duomenų tipų sluoksnius ir pritaikius aktualių sluoksnių pasirinkimą priklausomai nuo duomenų filtrų, galima sumažinti aktualių duomenų kiekį ir sutaupyti laiko skaičiavimams. Taip pat mažesnis duomenų kiekis pagerina struktūros kontaktinių ryšių vaizdavimo efektyvumą.

Grafo atvaizdavimo nefunkcinis reikalavimas apibrėžia, kaip vaizduojama grafo struktūra, siekiant vizualiai išskirti analizės rezultatus. Pirmiausiai numatyta, kad briaunos turinčios skirtingus stiprumo įvertinimus, turi išsiskirti savo storiu ir spalva. Grafo viršūnės turinčios skirtingą įtaką informacijos perdavimui taip pat išskiriamos spalva arba forma. Organizacinių struktūrų atvaizdavimui

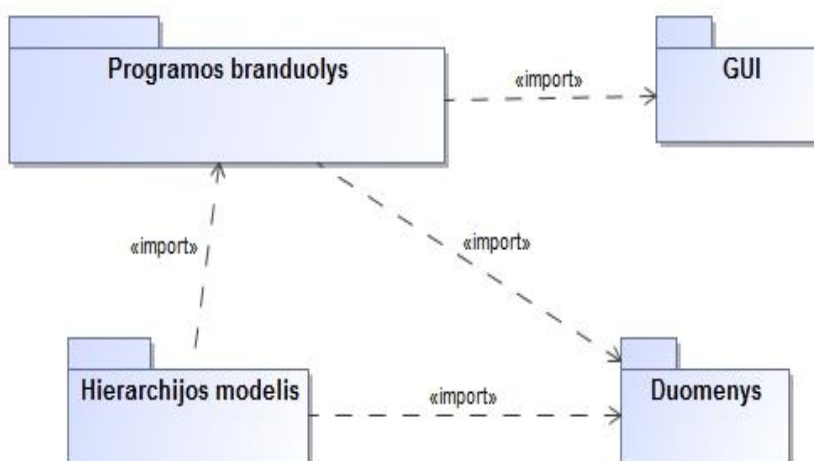
reikalinga naudoti atitinkamus vaizdavimo metodus vizualiai grupuojančius mazgus, arba atskiriant grupes spalvomis.

Duomenų vientisumo nefunkcinis reikalavimas yra priklausomas nuo bendrinio HDFI modelio rekomendacijų. Modelio paskirtis užtikrinti tam tikrą tyrimo scenarijų, kad būtų išvengtas, bet koks atsitiktinis duomenų pakeitimas arba analizės rezultatų iškraipymas. Todėl ir kuriamos programinės įrangos veikimas ir architektūra orientuojama taip, kad išvengti netyčinio analizės duomenų pakeitimo. Tai užtikrinama papildomų sąlygų įvydimu duomenų nuskaitymo procesuose, aktyviai vykdomas programos dialogas su vartotoju vykdant numatytas funkcijas. Reikalavime priimta, kad bet koks duomenų iškraipymas duoda ne tikslingus rezultatus ir pažeidžia taikomą HDFI analizės tyrimo proceso modelio nuostatas.

## 2.3. Programos architektūra

Išsiaiškinus programinės įrangos funkcijas ir apribojimus, toliau pagal taikytą krioklio proceso modelį įgyvendintas programinės įrangos architektūros projektavimo etapas. Šio etapo metu nagrinėjamos programinės įrangos architektūrai paaiškinti panaudojome klasių diagramas apjungtas į programos paketų arba modulių diagramą.

### 2.3.1. Paketų diagrama



8 pav. Programos paketų diagrama

Programinę įrangą sudaro keturi pagrindiniai programiniai klasių paketai apimantys

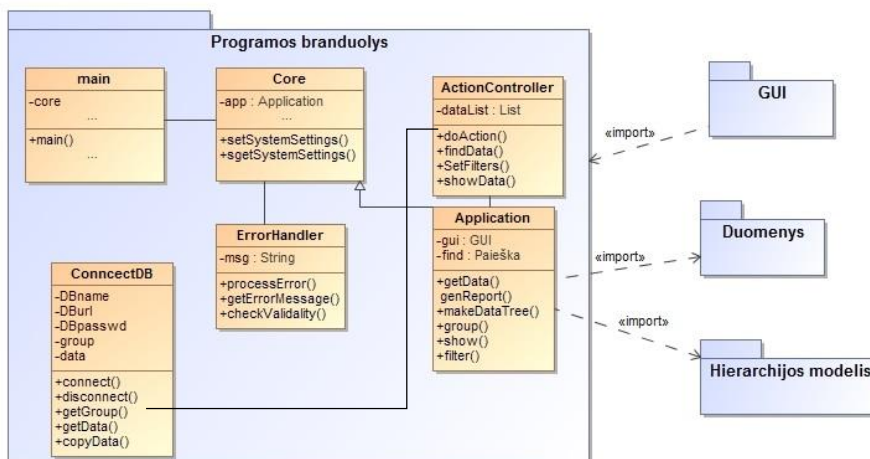
skirtingas programinės įrangos funkcinės sritis:

- programos branduolio paketas yra pagrindinis, skirtas užtikrinti programos veikimą, inicijuoti vartotojo sąsają, atlikti skaičiavimus pasinaudojant gautais duomenimis;
- grafinės vartotojo sąsajos manipuliavimo paketas užtikrina visą GUI (*ang. Graphic User Interface*) standartinį funkcionalumą. T.y. reakciją į mygtukų paspaudimus, programos langų ir pranešimų vaizdavimą, lenteles, reikalingų dialogo formų iškvietimą vartotojo atliekamų veiksmų metu;
- hierarchijos modelio programos pakete talpinamos sistemos klasės susijusios su tam tikro Ad-Hoc bendruomenės grafo kūrimu susiejant duomenis su vartotojo vardu. Paketas taip pat atsakingas už duomenų grafo atvaizdavimo šablonus, kuriais siekiama parodyti ryšį tarp kontaktų duomenų ir per kokius komponentus jie siejasi tarpusavyje. Paketo klasėms realizuoti naudojama „JGraphT“ bibliotekos paveldimos klasės ir algoritmai leidžiantys sudaryti norimas tinklo struktūras;
- duomenų paketą sudaro klasės, kurios realizuoja tokį funkcionalumą, kaip duomenų importavimas, taip pat bendraujama su duomenų baze ir nustatomi filtrai išrenkant reikalingus duomenis analizei.

### **2.3.1. Klasių diagramos**

- *Paketas „Programos branduolys“*

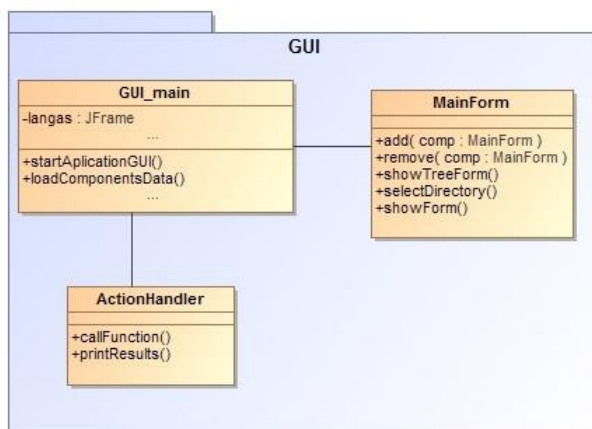
Programos branduolio paketas (*žr. 9 pav.*) inicijuoja programinės įrangos veikimą ir tikrinimą. Klasė „main“ sukuria „Core“ klasės objektą ir nustato pradinius programinės įrangos nustatymus. Vėliau per klasę „Application“ inicijuojamas grafinės sąsajos paketo „GUI“ veikimas. Kitos klasės kaip „ErrorHandler“ arba „ActionController“ atlieka dialogo su programinės įrangos vartotoju užtikrinimą ir duomenų su duomenų baze veiksmų vykdymą. Programinėje įrangoje vykdant duomenų užkrovimą sukuriama „ConnectDB“ klasės objektas inicijuojantis duomenų bazės sujungimą su programine įranga. Paveiksle taip pat parodoma paketo sąsaja su kitais sistemos paketais, kas rodo, kad grafinis sąsajos paketas importuoja šio paketo rezultatus, tačiau pats branduolio paketas, o tiksliau jo rezultatai priklauso nuo duomenų ir hierarchijos modelio konstravimo paketo. Hierarchijos modeliu darbe įvardiname kontaktų tinklą, kuris taikant Girvan'o Newman'o algoritimą pateikia hierarchinį medžio struktūros tinklo tipą.



9 pav. Programos branduolio klasių diagrama

- *Paketas "GUI"*

Grafinės vartotojo sąsajos manipuliavimo paketas (žr. 10 pav.) užtikrina visą GUI standartinį funkcionalumą. T.y. reakciją į mygtukų paspaudimus, programos langų ir pranešimų vaizdavimą, lenteles, reikalingų metodų iškvietimą vartotojo atliekamų veiksmų metu.

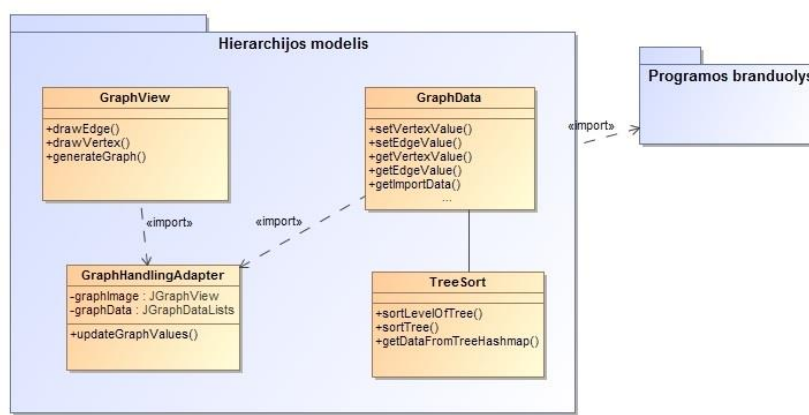


10 pav. Programos grafinės vartotojo sąsajos paketo klasių diagrama

Šio paketo klasės užtikrina tinkamų programinės grafinės sąsajos sukūrimą, grafo modelio vaizdavimo objekto integraciją tarp kitų vaizdavimo komponentų.

- *Paketas „Hierarchijos modelis“*

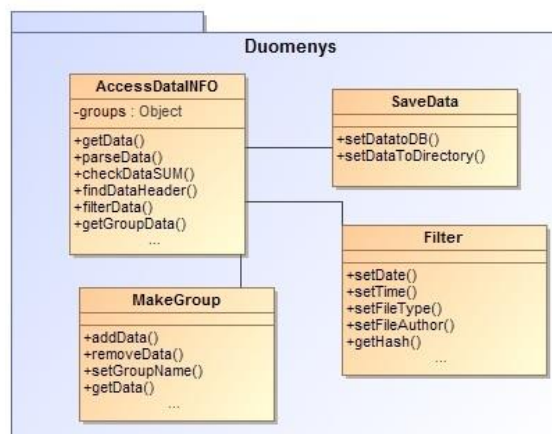
Hierarchijos modelio paketo klasių užduotis sukurti tinklo modelį ir jo vaizdavimo šablonų funkcionalumą. Klasė „GraphView“ generuoja vaizduojamą tinklo modelį nustatant jam viršūnes ir jas jungiančias briaunas. „GraphData“ klasė atsakinga už briaunų matricių ir svorio koeficientų nustatymą struktūrai. Šios klasės visada dirba kartu ir yra kontroliuojamos „GraphHandlingAdapter“ klasės, kad saugomi grafo duomenys atitiktų vaizduojamą tinklą ir atvirkščiai. „TreeSort“ klasė yra numatyta siekiant plėtoti rikiavimo algoritmus viršūnėms tinkle.



11 pav. Programos hierarchijos modelio paketo klasių diagrama

- *Paketas „Duomenys“*

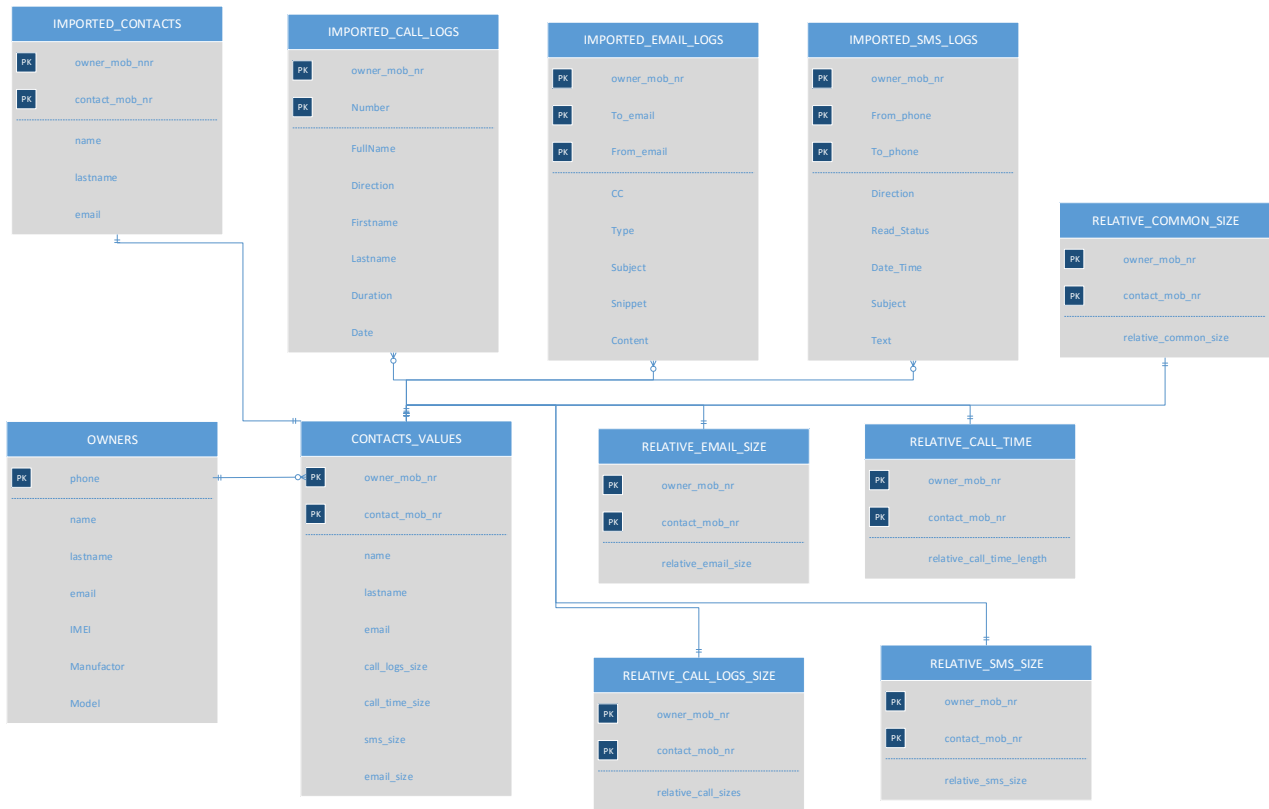
Duomenų paketą (12 pav.) sudaro klasės, kurios realizuoja duomenų importavimo ir filtravimo panaudos atvejus. Kontroliuojanti klasė per kurios metodus paduodamos užklausos į duomenų bazę yra „AccessDataINFO“. Čia dar kartą įgyvendinami papildomi užklausų rezultatų patikrinimai.



12 pav. Programos duomenų paketo klasių diagrama

### 2.3.2. Duomenų bazės schema

Projektuojant programinę įrangą, paprastai visada sprendžiama duomenų saugojimo problema. Suprojektuotoje duomenų bazėje (žr. 13 pav. ) saugoma importuota kontaktų informacija ir programinės įrangos skaičiavimo rezultatai, kurių pagrindu atliekamas kontaktus siejančio ryšio įvertinimas.



13 pav. Duomenų bazės modelio diagrama

Vaizduojamame duomenų bazės modelyje akcentuojamas mobilus įrenginio savininko ir jo kontaktų ryšis. Šis ryšis yra fiksuojamas bendru raktu ir naudojamas lentelėse tiek saugant importuojamos informacijos šaltinius, tiek skaičiavimų santykinius dydžius. Toks duomenų bazės modelis gali kisti priklausomai nuo duomenų kategorijų praplėtimo pridėdant naujas lenteles. Kiekviena duomenų tipo kategorija sukuria dvi lenteles: duomenims ir kontaktų ryšių stiprumo santykinėms vertėms saugoti. Šis duomenų modelis pritaikomas vietinei duomenų bazei kurti vartotojo kompiuteryje. Modelyje nenumatomos papildomos sąsajos su kitomis sistemomis, o taip pat tai leidžia išvengti galimų pažeidimų perduodant duomenis iš nutolusios duomenų bazės. Detalesnė duomenų atributų paskirtis pateikta penktoje lentelėje.

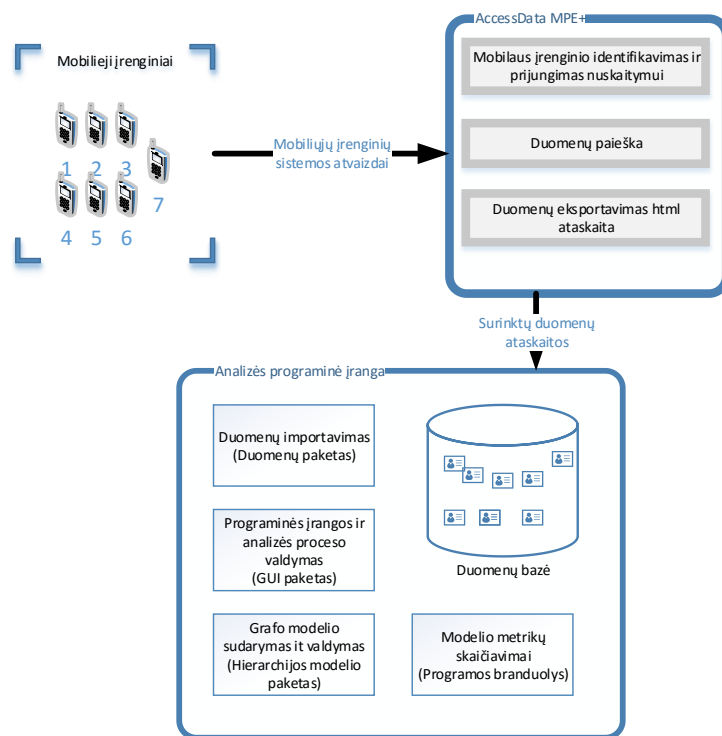


**5 lentelė. Duomenų elementai**

<b>Atributas</b>	<b>Reikšmė</b>	<b>Tipas</b>
IMPORTED_CONTACTS	Importuoti kontaktai	Klasė/objektas
IMPORTED_CALL_LOGS	Importuoti skambučių įrašai	Klasė/objektas
IMPORTED_EMAIL_LOGS	Importuoti elektroniniai laišakai	Klasė/objektas
IMPORTED_SMS_LOGS	Importuoti trumpųjų žinučių įrašai	Klasė/objektas
OWNERS	Įrenginių savininkų duomenys	Klasė/objektas
CONTACTS_VALUES	Kontaktų įrašų dydžiai	Klasė/objektas
RELATIVE_EMAIL_SIZE	Kontaktų elektroninių laiškų santykiniai dydžiai	Klasė/objektas
RELATIVE_CALL_TIME	Kontaktų pokalbių laiko santykiniai dydžiai	Klasė/objektas
RELATIVE_CALL_LOGS_SIZE	Kontaktų pokalbių įrašų santykiniai dažniai	Klasė/objektas
RELATIVE_SMS_SIZE	Kontaktų trumpųjų žinučių santykiniai dydžiai	Klasė/objektas
RELATIVE_COMMON_SIZE	Bendri kontaktų santykiniai dydžiai	Klasė/objektas
owner_mob_nr	Savininko mobilus numeris	Atributas/Elementas
Contact_mob_nr	Kontaktų mobilus numeris	Atributas/Elementas
Name	Savininko vardas	Atributas/Elementas
Lastname	Savininko pavardė	Atributas/Elementas
email	Savininko el. pašto adresas	Atributas/Elementas
Number	Kontaktų mobilus numeris	Atributas/Elementas
FullName	Kontaktų vardas pavardė	Atributas/Elementas
Direction	Skambučio kryptis	Atributas/Elementas
Firstname	Kontaktų vardas	Atributas/Elementas
Lastname	Kontaktų pavardė	Atributas/Elementas
Duration	Skambučio trukmė	Atributas/Elementas
Date	Skambučio data	Atributas/Elementas
To email	Gavėjo el. paštas	Atributas/Elementas
From email	Siuntėjo paštas	Atributas/Elementas
CC	Pridėti el. laiškų adresai	Atributas/Elementas
Type	Tipas	Atributas/Elementas
Subject	Laiško arba žinutės tema	Atributas/Elementas
Snippet	Laiško fragmentas	Atributas/Elementas
Content	Laiško turinys	Atributas/Elementas
ReadStatus	Trumpus žinutės statusas	Atributas/Elementas
Date_time	Žinutės laikas	Atributas/Elementas
Text	Žinutės tekstas	Atributas/Elementas

IMEI	įrenginio identifikacijos numeris	Atributas/Elementas
Manufacturer	Įrenginio gamintojas	Atributas/Elementas
Model	Įrenginio modelis	Atributas/Elementas
Call_logs_size	Skambučių kiekis	Atributas/Elementas
Call_time_size	Skambučių trukmė	Atributas/Elementas
SMS_size	Trumpųjų žinučių kiekis	Atributas/Elementas
Eail_size	El. laiškų kiekis	Atributas/Elementas
Relative_email_size	Santykinis elektroninių laiškų dydis	Atributas/Elementas
Relative_call_time_size	Santykinis skambučių laiko dydis	Atributas/Elementas
Relative_call_sizes	Santykinis skambučių kiekis	Atributas/Elementas
Relative_sms_size	Santykinis žinučių kiekis	Atributas/Elementas
Relative_common_size	Santykinis bendras dydis kontakto ryšiui grafe įvertinti	Atributas/Elementas

### 2.3.3. Loginė sistemos architektūra



14 pav. Loginė sistemos architektūra

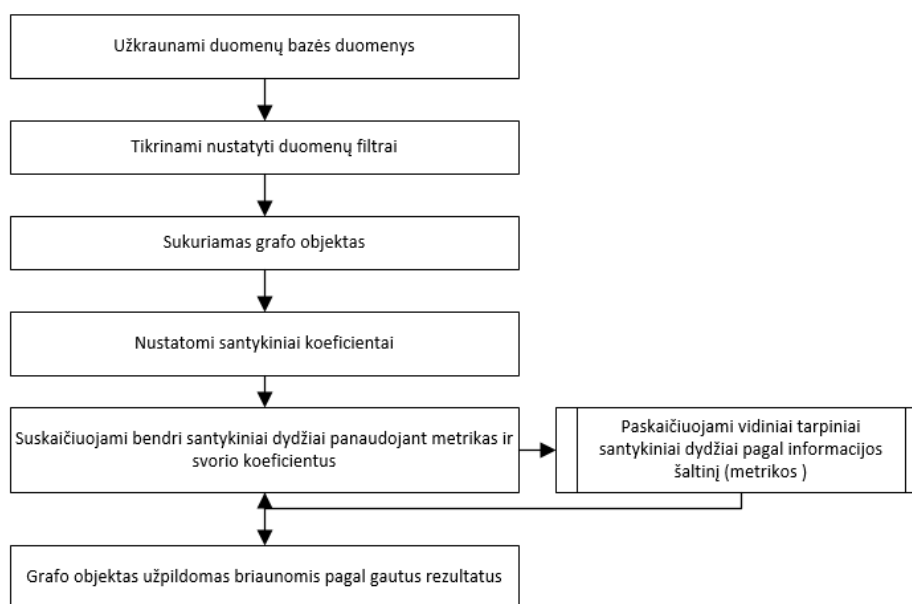
Eksperimentinio tyrimo metu programinės įrangos sistemą sudaro trys komponentai (14 pav.):

- ✓ mobilieji įrenginiai duomenų nuskaitymui;
- ✓ „MPE+“ licencijuota programinė įranga;
- ✓ Suprojektuota analizės programinė įranga.

Loginė sistemos architektūros diagrama apibendrintai vaizduoja visos sistemos sąveiką. Mobilųjų įrenginių svarbūs duomenys nuskaitomi panaudojant „MPE+“ arba kitą suderinamą programinę įrangą pagal straipsnyje pateiktą duomenų nuskaitymo metodiką [20]. Vėliau ataskaitų forma duomenys importuojami į analizės programinę įrangą, kur atsakingi programinės įrangos komponentai atitinkamai vykdo panaudos atvejų diagramoje numatytas užduotis. Šie vidiniai komponentai atitinka ankščiau vaizduotas paketų diagramas ir duomenų bazę, kurios paskirtis saugoti socialinio tinklo kontaktų informaciją.

## 2.4. Skaičiavimo elgsenos modelis

Programinės įrangos nauda pagrįsta metrikų skaičiavimo metodais. Analitinėje darbo dalyje pateiktos numatytos metrikos, kurių reikšmės programinė įranga apskaičiuoja ir vėliau naudoja tinklo modelio vaizdavimui ir svarbių komponentų išskyrimui iš bendro modelio. Tiesinio algoritmo žingsniai pateikti 15 pav. .



15 pav. Metrikų skaičiavimo ir tinklo modelio konstravimo algoritmas

Algoritmo pradžioje visada reikia užkrauti duomenis iš duomenų bazės į tam paskirtas laikinas duomenų saugojimo struktūras programoje. Vėliau patikrinami duomenų filtrai ir išgryninami reikalingi duomenys. Pagal duomenis sukuriama grafo objektas apimantis mazgus ir briaunas, tačiau be briaunų svorių ir mazgų hierarchijos. Vėliau vykdomas ciklas, kurio metu apskaičiuojamos kiekvienos telefono duomenų metrikos reikšmės ir vėliau visos struktūros metrikos. Gautų metrikų vertės analizuojamos, o paskutinio žingsnio pagalba vėliau atvaizduojamos vartotojui.

## **2.5. Projektinės dalies rezultatai**

1. Parinkti ir išanalizuoti komunikavimo tarp tinklo vartotojų būdai ir priemonės, tinkami sukurti komunikavimo intensyvumo analizės modelį.
2. Nustatytas programinės įrangos funkcionalumas naudojant trečiųjų šalių suderinamą programinę licencijuotą įrangą.
3. Suprojektuota duomenų bazės struktūra pasinaudojant „super“ rakto principu, įgalinančiu manipuluoti vienu sudėtinu raktu visose duomenų bazės lentelėse.

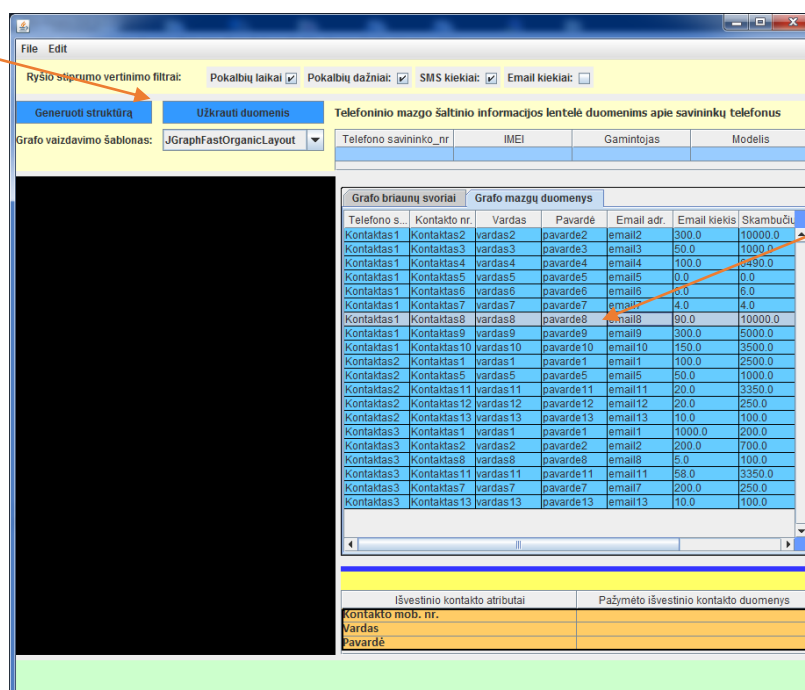
### 3. MOBILIŲJŲ ĮRENGINIŲ KONTAKTŲ TINKLO ANALIZĖS PROGRAMINĖS ĮRANGOS REALIZACIJA IR KOKYBINĖ ANALIZĖ

Šioje darbo dalyje pateikiamas realizuotas programinės įrangos produktas ir jo kokybės valdymo procesas.

#### 3.1. Sistemos funkcionalumas

Mobiliųjų įrenginių socialinės „Ad-Hoc“ tinklo kontaktų analizės programinė įranga skirta skaitmeninės, socialinę įrenginio savininko veiklą apibrėžiančios informacijos ištyrimui (*ang. forensic*). Programinės įrangos funkcionalumas orientuotas į duomenų apdorojimą ir grafinės analizės modelio sukūrimą pagal išgautą liktinę informaciją. Ji leidžia nustatyti įrenginio savininko socialinius ryšius, identifikuoti galimas organizacines kontaktų grupes ar pastebėti didelius duomenų srautus.

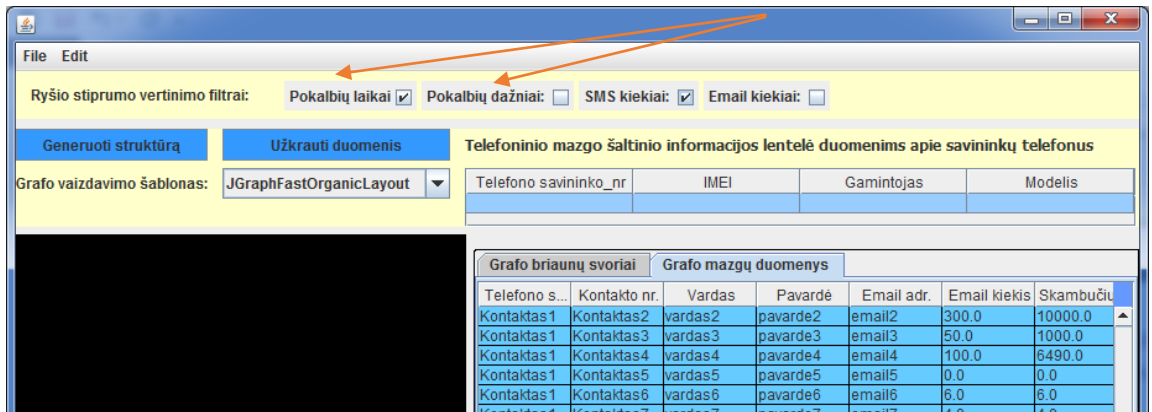
Sistemos funkcionalumas pirmiausiai prasideda nuo duomenų importavimo ir duomenų bazės, skirtos duomenų užkrovimui, sukūrimo. Duomenų bazės duomenys yra iš anksto paruošiami „AccessData MPE+“ produkto pagalba, atliekant elektroninių adresų, kontaktų sąrašų, SMS istorijos ir skambučių istorijos surinkimą ir importavimą į duomenų bazę. Tai atlieka funkcinis mygtukas – „Užkrauti duomenis“. Toks duomenų užkrovimo sprendimas leido pašalinti sudėtingą architektūrinę duomenų importavimo problemą, aptartą šio darbo projektinėje dalyje.



16 pav. Duomenų užkrovimas

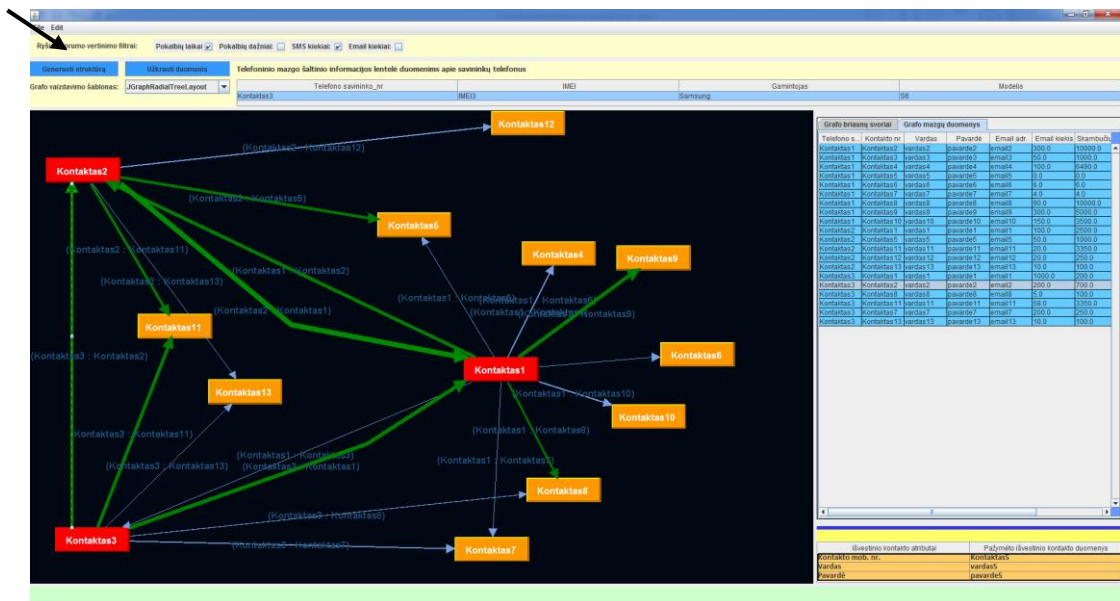
Duomenų filtrų parinkimas atliekamas pažymint varnele prie vieno iš numatytų socialinės informacijos tipų, informacijos filtrų juostoje (žr. 17 pav.). Duomenų atnaujinimas atliekamas iš naujo

užkraunant duomenis programoje. Filtrų nustatymas įgyvendina įrašų filtravimo panaudos atvejį ir yra grindžiamas duomenų kategorijų nustatymu.



17 pav. Duomenų filtrų pasirinkimas varnele

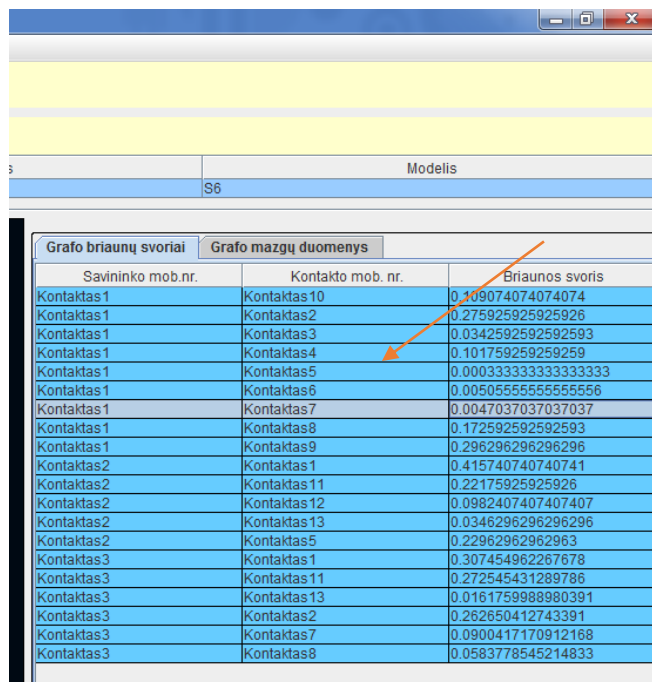
Socialinio Ad-Hoc tinklo struktūros generavimas inicijuojamas paspaudus mygtuką „Generuoti struktūrą“. Struktūros generavimas atliekamas tik po duomenų užkrovimo programoje (18 pav. ). Grafo struktūros vaizdavimas pasižymi tam tikrais požymiais, leidžiančiais lengviau analizuoti duomenis grafiškai.



18 pav. Struktūros generavimas

## Programinės įrangos vaizduojamo grafo aprašas:

- Grafo modelis briaunomis vaizduoja ryšius tarp grafo mazgų. Mazgai yra dviejų tipų. Raudonai pažymėti – išvestiniai savininkų tel. nr. , oranžine spalva pažymėti mazgai reiškia išvestinius kontaktų numerius.
- Modelyje briaunos išreiškia socialinio bendravimo ryšį tarp kontaktų ir išsiskiria storiu ir spalva, priklausoma nuo turimos informacijos kiekio tarp savininko ir jam priklausančio kontakto numerio. Žalios briaunos reiškia, kad kontaktai artimai susiję.
- Paspaudus ant grafo objektų (briaunų, viršūnių), atitinkamas programos lango objektas pateikia susijusią informaciją apie grafo modelio komponentą, o orientuotos briaunos nurodo objekto ryšius su kitais komponentais.
- Briaunos svoris ar kitaip dar vadinamas socialinio bendravimo koeficientas programoje skaičiuojamas pagal santykinų dydžių apskaičiavimo metodiką, įvertinančią pritaikytus informacijos filtrus. Gautų koeficientų reikšmės pateikiamos programos lentelėje ,pateiktoje 19 paveiksle.

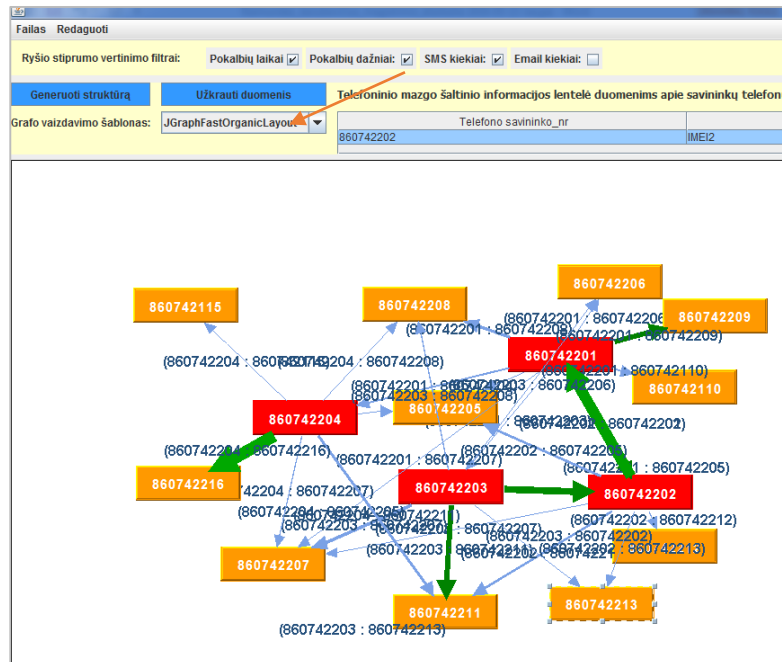
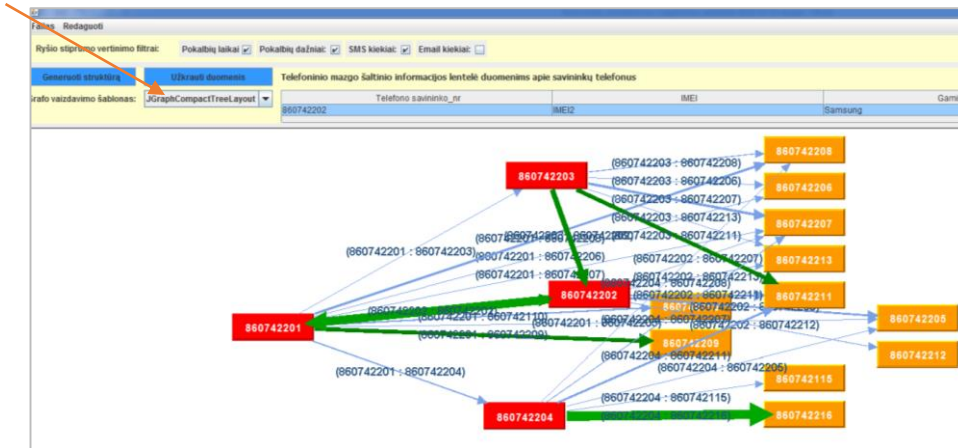


Savininko mob.nr.	Kontaktų mob. nr.	Briaunos svoris
Kontaktas 1	Kontaktas 10	0.109074074074074
Kontaktas 1	Kontaktas 2	0.275925925925926
Kontaktas 1	Kontaktas 3	0.0342592592592593
Kontaktas 1	Kontaktas 4	0.101759259259259
Kontaktas 1	Kontaktas 5	0.0003333333333333333
Kontaktas 1	Kontaktas 6	0.00505555555555556
Kontaktas 1	Kontaktas 7	0.0047037037037037
Kontaktas 1	Kontaktas 8	0.172592592592593
Kontaktas 1	Kontaktas 9	0.296296296296296
Kontaktas 2	Kontaktas 1	0.415740740740741
Kontaktas 2	Kontaktas 11	0.22175925925926
Kontaktas 2	Kontaktas 12	0.0982407407407407
Kontaktas 2	Kontaktas 13	0.0346296296296296
Kontaktas 2	Kontaktas 5	0.22962962962963
Kontaktas 3	Kontaktas 1	0.307454962267678
Kontaktas 3	Kontaktas 11	0.272545431289786
Kontaktas 3	Kontaktas 13	0.0161759988980391
Kontaktas 3	Kontaktas 2	0.262650412743391
Kontaktas 3	Kontaktas 7	0.0900417170912168
Kontaktas 3	Kontaktas 8	0.0583778545214833

19 pav. Programos briaunų skaičiavimo rezultatai

Sugeneruotoje struktūroje vis dar sunku išskirti pagrindinius dominuojančius ryšius, bei nustatyti tarpusavio kontaktų sąryšius, kai tiriama scenarijaus metu kontaktinė informacija generuojama atsitiktiniais vardais ir objektai dalinai persidengia. Dėl to programinėje įrangoje galima pasirinkti keletą skirtingų numatytų struktūros modelio generavimo šablonų skirtingai orientuojančių grafo komponentus ir jų grupes. Vėliau, pelės pagalba, pažymint grafo komponentus, struktūrą galime modifikuoti laisvai. Grafo struktūrų šablonų pavyzdžiai vaizduojami 20 pav. . Raudona spalva

pažymėti mazgai – savininkų telefonai iš kurių buvo surinkta informacija tyrimo metu ir importuota į programą. Oranžine spalva pažymėti savininkams priklausantys kontaktai. Tą taip pat nurodo briaunos kryptis.



20 pav. Grafo modelio šablonai

Pastarųjų šablonų naudojimas ir grafo organizacinių grupių nustatymo mechanizmai leidžia pastebėti struktūros savybes net ir persidengiant grafo komponentams. Keičiant jų dydžius ir pozicijas vėliau galime pilnai išsirinkti kas yra svarbiausia, ir kokie duomenų srautai tam turi įtakos. Tokie šablonai kaip medžio ar apskritimo, orientuoja svarbiausius mazgus centruose, o jiems pavaldžius priklausomus elementus nuosekliai grupuoja aplink centrinę komponentą. Paprastai tai būna įrenginio savininko kontaktas, kuris generuoja pats iš savęs daug informacijos. Todėl medžio ir žvaigždinio tipo šablonų panaudojimas tikslingai atskleidžia vizualinę naudą.



### 3.2. Testavimo strategijos

Programinės įrangos realizavimo procesas neatsiejamas nuo testavimo. Siekiant pasiekti užsibrėžtą programinės įrangos kokybę, viso programinės įrangos kūrimo proceso metu, lygiagrečiai vykdomi realizavimo, kokybės valdymo ir testavimo vidiniai procesai.

**Testavimo tikslas** – testavimo proceso metu siekiama rasti kuo daugiau defektų ir įvertinti programinės įrangos kokybę.

**Testavimo objektas** – programinė įranga, naudojama mobiliųjų įrenginių kontaktų socialinės informacijos tyrimams.

#### Testavimo strategijos:

Šiame skyriuje aptariamos keturios taikytos testavimo strategijos, kurių pagrindu siekta įgyvendinti testavimo tikslą.

- **Vienetų testavimas**

Vienetų testavimo atvejuose testavome atskirus programinės įrangos komponentus (t.y. klasės, metodai). Naudojome tiek baltos, tiek juodos dėžės testavimo būdą, kai paduodavome pradinius duomenis, kuriuos apdorodavo tam tikras programos komponentas ir stebėjome gautus rezultatus, programos vykdymo eigą, bei programos klaidas. Tikrinome numatytas sąlygas ir tai, kaip pasirinktas komponentas jas tenkina ir netenkina pagal gautų ir laukiamus rezultatus. Tikslas, kad visi komponentai dirbtų patikimai išvengiant nenumatytų situacijų, o gauti rezultatai atitiktų laukiamus testo rezultatus.

- **Integravimo testavimas**

Šiame etape išėjom plačiau iš klasės ribų ir testavome klasių tarpusavio sąveiką, kai klasės yra paveldimos, arba objekto metodai naudojami kitoje klasėje. Šio etapo tikslas ištestuoti pagrindinės programos modulio funkcijas arba kitaip tariant panaudos atvejus.

Pirmiausiai tyrėme algoritmo, generuojančio grafo modelį, tinkamą veikimą. Testavome visus vienetinius komponentus kartu, darančius įtaką algoritmo funkcionalumui panaudojant juodos dėžės testavimo metodą. Buvo svarbu įsitikinti, kad operuojama visais galimais kriterijais ir duomenimis. Taip pat užtikrinamas jų vientisumas ir nepažeidžiamas ryšys tarp duomenų.

Kitais panaudos atvejais kuriuos išreiškia PAM (Panaudos atvejų modelis) tikrinome duomenų importavimo numatytą veiksmų seką, vartotojo sąsajos tinkamą veikimą bei grafo struktūros šablonų veikimą. Tačiau nuodugniau ištestuoti šių metodų atitikimą kokybiniais reikalavimams šiuo atveju testavome panaudojant aukšto lygio testavimą ir priėmimo testavimą, nes pastarieji artimai susiję su visa sistema ir jų veikimas turi būti įvertintas vartotojo.

- **Priėmimo testavimas**

Šio etapo metu laboratorijoje pristatėme programinės įrangos veikimą ir siekėme nustatyti trūkumus bei priežastis dėl kurių programa vartotojui pasirodytų netinkama. Paruošime testinius duomenis, testavimo scenarijus ir naudojant juodos dėžės metodą tikrinsime sistemos veikimą kartu su programinės įrangos vartotoju.

Taip pat atidžiai tikrinome projekto dokumentaciją, siekiant nustatyti, ar programinė įranga atitinka specifikacijoje numatytus reikalavimus. Dėl to demonstraciniai testai buvo paruošti taip, kad būtų galima patikrinti ne tik funkcinius, bet ir nefunkcinius reikalavimus. Šio testavimo proceso etapo rezultate siekėme nustatyti vartotojo netenkinančius programos funkcinius trūkumus ir tobulinimo perspektyvas.

- **Aukšto lygio testavimas**

Galutinis testavimas vartotojo aplinkoje. Šį testavimo metodą taikėme testavimo proceso pabaigoje, siekiant nustatyti ar programinės įrangos modulis atitinka jam keliamus nustatytus nefunkcinius reikalavimus vartotojo aplinkoje:

- išliekamumas. Įvykus programos nenumatytiems atvejams ar klaidoms programinė įranga sektų sistemos veiklą ir nesugadintų duomenų .
- saugumas. Užtikrinama duomenų kontrolė nuo neteisėtos prieigos. Apsaugojami duomenys nuo atsitiktinio redagavimo.
- apkrova. Sugebėjimas sukurti struktūrai grafo tinklą pagal specifikacijoje numatytus reikalavimus.

**Testavimo rezultatai:**

1. Vienetų testavimas leido pasiekti norimus skaičiavimo algoritmo rezultatus, tačiau tam pirmiausiai nemažai pastangų pareikalavo orakulo problemos sprendimas.
2. Integracinis testavimas leido aptikti duomenų bazės klaidas, dėl netinkamo duomenų rinkinio rakto naudojimo, duomenų užpildymo ir įrašų tipo klaidų, taip pat rasti duomenų atvaizdavimo netikslumus.
3. Sistemos bendro testavimo ir priėmimo testavimo metu pasiekėme, kad programinės įrangos kokybė atitiktų programinės įrangos reikalavimus ir vartotojo lūkesčius, taip pat nustatėme naujų funkcinių reikalavimų, siekiant patobulinti programinės įrangos veikimą ir numatėme ateities darbus.

### 3.3. Kokybės vertinimo kriterijai ir kokybės valdymas

#### 3.3.1. Kokybės vertinimo kriterijai

Sistemos, kaip bendro vieneto kokybė, vertinamos pagal tokius vartotojo pateiktus svarbiausius kriterijus:

- patikimumas – kadangi vykdomi rikiavimo, grupavimo ir filtravimo mechanizmai, būtina ir privaloma užtikrinti, jog nebūtų prarandami duomenys, o ypač pažeistas jų unikalumas. Šiam kriterijui užtikrinti turi būti įvestas kontrolės mechanizmas programinėje įrangoje, suderinti atitinkami testai ir kokybės planavimo procese numatyti nuolatiniai šio kriterijaus vertinimai. Kriterijus įgyvendintas tada, kai testiniai duomenys po skaičiavimo operacijų ir struktūros generavimo nepakinta. Taip pat importuotų duomenų aibė atitinka duomenų šaltinio duomenų aibę;
- išplečiamumas – tai yra bandomasis projektas, siekiant išsiaiškinti informacijos susietumą ir tokių ryšių atvaizdavimo informacijos tyrimuose, todėl svarbiausia, kad visas duomenų valdymo mechanizmas hierarchijos modelio pakete būtų lengvai išplečiamas ir galiausiai panaudotinas kaip atskiras komponentas kitose sistemose duomenų analizės uždaviniams spręsti;
- nauda. Programinės įrangos naudingumas vertinamas pagal tris programinės įrangos rezultatus reikšmingus duomenų analizės procesui:
  - ✓ išryškintos svarbiausios duomenų ryšių briaunos viršijančios struktūros vidurkį ir parodančios didžiausius duomenų srautus;
  - ✓ išryškinti svarbiausi informaciniai kontaktai, generuojantys didžiausią kiekį informacijos ir formuojantys organizacinę grupę;
  - ✓ duomenų struktūros vaizdas leidžia identifikuoti alternatyvius kelius tarp pasirinktų kontaktų.

Pastarųjų kriterijų nustatymas leido identifikuoti galimas programinės įrangos kokybės rizikas ir padėjo paskirstyti prioritetus programinės įrangos kokybės valdymo procese. Toliau aptarsime kokias galimas rizikas išvelgėme, ir kokius sprendimus taikėme, kad jų išvengtume.

### 3.3.2. Sistemos kokybės rizikos

6 lentelė. Sistemos kokybės rizikos

Rizika	Tikimybė	Sprendimas
Nepilnas dokumentacijos paruošimas, dėl laiko ir patirties trūkumo veiklos srityje.	50%	Sudarytas dokumentacijos ruošimo planas reikalavimų surinkimo ir projektavimo darbams. Suderintas dokumentacijos kokybės patikrinimas su universiteto bendruomene.
Žmonių klaidos, tinkamai neįvertus užduočių ir joms skiriamą laiką.	50%	Nustatėme darbo tikslą, užduočių vykdymo planą ir nuolatos vykdėme atliekamų darbų kontrolę perskirstant darbus laike. Taip pat atlikome panašių produktų analizę, konsultavome su programinės įrangos vartotojais.
Trūkumas darbuotojų patirties.	60%	Projekto vykdymo atsakingą asmenį įpareigojome įgyti specialisto sertifikatą panašių programinių produktų taikymui šioje veiklos srityje. Tai leido įgyti tiesioginės patirties.
Architektūros sudėtingumas ir reikalavimų neatitikimas.	30%	Skyrėme daugiau laiko reikalavimų surinkimui ir galimų sprendimų paieškai. Bandėme numatyti ateities perspektyvas.
Rezultatų patikimumas	40%	Vertinome tarpinius skaičiavimų rezultatus pritaikant įvairių skaičiavimo programinę įrangą atskirtiems skaičiavimams atlikti. Nuolatos sprendėme orakulo problemas.

### 3.3.3. Programinės įrangos kokybės valdymas

Programinės įrangos kokybės valdymas ir jos planavimas nemažai laiko ir pastangų reikalaujantis procesas. Šis procesas buvo vykdomas lygiagrečiai su visu projekto įgyvendinimo procesu vadovaujantis kokybės valdymo planu. Jame buvo numatyti testavimo ir kokybės kriterijai, resursai ir terminai. Kokybės valdymo proceso metu nustatėme kokybinius parametrus surinktus iš vartotojų ir užsakovų lūkesčių ir jais remiantis nuolat atlikdavome patikrinimus. Tikslas buvo apsibrėžti, ko nori vartotojas ir stebėti, ar programinės įrangos produktas artėja prie pageidaujamų lūkesčių. Priklausomai nuo tarpinių rezultatų projekto planas buvo atnaujinamas arba vykdomas sėkmingai toliau. Svarbiausia buvo esmines klaidas aptikti kuo anksčiau, nes vėliau jų ištaisymas, kainuoja žymiai brangiau, negu pasiruošimas ir metodų pritaikymas kokybės valdymo procese.

#### **3.3.4. Kokybės vertinimo rezultatai**

1. Programinės įrangos patikimumo kokybė įvertinta teigiamai. Pastebimai daugiausiai laiko buvo skirta skaičiavimo metodams ir teisingam veikimui užtikrinti, tad gauti skaičiavimai tenkina lūkesčius ir jais galime pasitikėti.
2. Programinės įrangos atitikimas specifikacijai įvertintas gerai, tačiau projekto pabaigoje paaiškėjo, kad galbūt daugiau laiko reikėjo skirti laukiamo rezultato analizei ir programinės įrangos architektūros plėtrai: projekto eigoje struktūros analizės uždavinio apibrėžimas vis keitėsi ir įtakojo papildomus funkcinių programinės įrangos pakeitimus.
3. Daugiausiai problemų kilo įvertinant programinės įrangos naudingumą vartotojui. Vertinant pagal numatytus naudos kriterijus, programinė įranga buvo įvertinta gerai, tačiau pastebėjome daugiau vartotojo lūkesčių programinės įrangos valdymui ir rezultatų pateikimui, taip pat skatinamas lankstesnis duomenų filtrų ir duomenų paieškos funkcionalumo atsiradimas.

## **4. MOBILIŲJŲ ĮRENGINIŲ KONTAKTŲ TINKLO ANALIZĖS MODELIO EKSPERIMENTINIS TYRIMAS**

### **4.1. Eksperimentinio tyrimo tikslas**

Eksperimentu siekiama iširti, kaip kinta mobiliųjų įrenginių naudotojų sudaromo socialinio tinklo pasiskirstymas įtraukus surinktus kontaktų informacinių srautų duomenis. Tikimasi, kad naudojant kompleksinį sprendimą, paremtą grafų analizės metodais ir duomenų srautų vertinimo metodais, galėsime tiksliau įvertinti socialinio tinklo struktūros svarbius mazgus ir briaunas.

Prieš pradėdant eksperimentinį tyrimą jau atlikome šias užduotis:

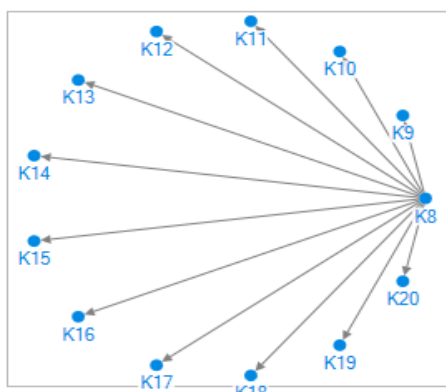
- Ankstesnėse darbo dalyse jau aptarėme mobiliųjų įrenginių informacijos analizės procesą ir jo problemas.
- Atlikome teisiniuose informacijos tyrimuose taikomų įrankių lyginamąją analizę ir nustatėme jų trūkumus.
- Apsvarstėme informacijos duomenų tipus ir jų analizės metodus panaudojant grafo modelį.
- Sudarėme duomenų ryšių santykinių dydžių įvertinimo metodiką informacijos srautams pamatuoti.
- Sėkmingai įgyvendinome bandomąją programinę įrangą specializuotam socialinės kontaktų analizės procesui vykdyti ir nustatėme jos kokybę, pasinaudojant testavimo metodais.
- Pagal HDFI modelio gaires surinkome duomenų rinkinius eksperimentiniam tyrimui ir paruošėm juos analizės programinei įrangai.

Lygindami numatytas darbo užduotis ir ką tik įvardintas darbo užduotis, galime daryti išvadą, kad eksperimentiniam tyrimui yra pasiruošta ir jau esame įgyvendinę pirmą šio darbo tikslo dalį – sukurti socialinės duomenų analizės programinę įrangą pritaikant Ad-Hoc struktūros tinklo kontaktų modelį. Kita tikslo dalis yra iširti tinklo ryšių priklausomybės pasinaudojant numatytomis grafo ir duomenų metrikomis. Tam papildomai turime numatyti tyrimo duomenis ir eksperimento scenarijus.

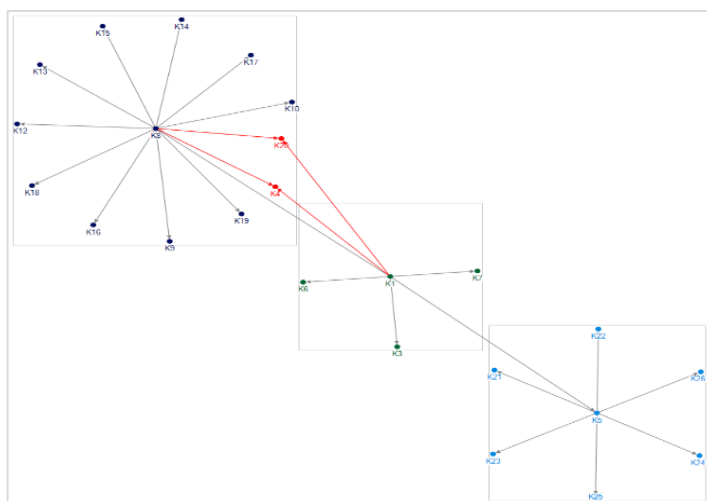
### **4.2. Tyrimo duomenys**

Atlikus programinių alternatyvių programinių įrankių analizę pastebėjome, kad dažniausiai tiriamų duomenų rinkinių kiekis priklauso nuo galimybės surasti patį mobilųjį įrenginį. Dažniausiai tai gali būti vienas įrenginys iš kurio informacijos galime sudaryti tik vieną žvaigždės tipo bendruomenę ir tirti tinklo informacines metrikas, kurių pagrindu išskiriami svarbūs ryšiai ir kontaktų mazgai. Tačiau sudėtingesniais atvejais tai apima keliolikos, ar net keliasdešimt įrenginių informacijos

rinkinius, kurie atitinkamai formuoja savo organizacines grupes ir tarpusavyje sukuria persidengiančias bendruomenes. Tokių bendruomeninių struktūrų pavyzdžiai parodyti 21 ir 22 paveiksle. Kelių įrenginių struktūros tampa sudėtingesnės dėl atsirandančių lygiagrečių ryšių per tarpinius kontaktų mazgus, kurie išreiškia bendrai pažystamą asmenį. Ryšiai gali būti tiesioginiai per vieną mazgą, per du ir t.t.. Taip sudaroma tam tikra lygiagrečių kelių hierarchija. Tokius kelius galime matyti (22 pav.) pažymėtus raudona spalva.



21 pav. Duomenų struktūra viena įrenginiui



22 pav. Duomenų struktūra trims įrenginiams

Norint juos palyginti mums neužtenka tiesiog žinoti egzistuojantį ryšį. Reikalinga jį kažkaip įvertinti kitų kelių atžvilgiu visame tinkle ir tam tikroje vidinėje grupėje. Toks įvertinimo procesas susideda iš kitų tarpinių vidinių procesų:

- nustatyti tinklo kritinius kelius;
- surasti svarbiausius tinklo mazgus;
- įvykdyti briaunų svorių skaičiavimo algoritmus;
- nustatyti organizacines grupes panaudojant analizės dalyje pateiktas grafo metrikas.

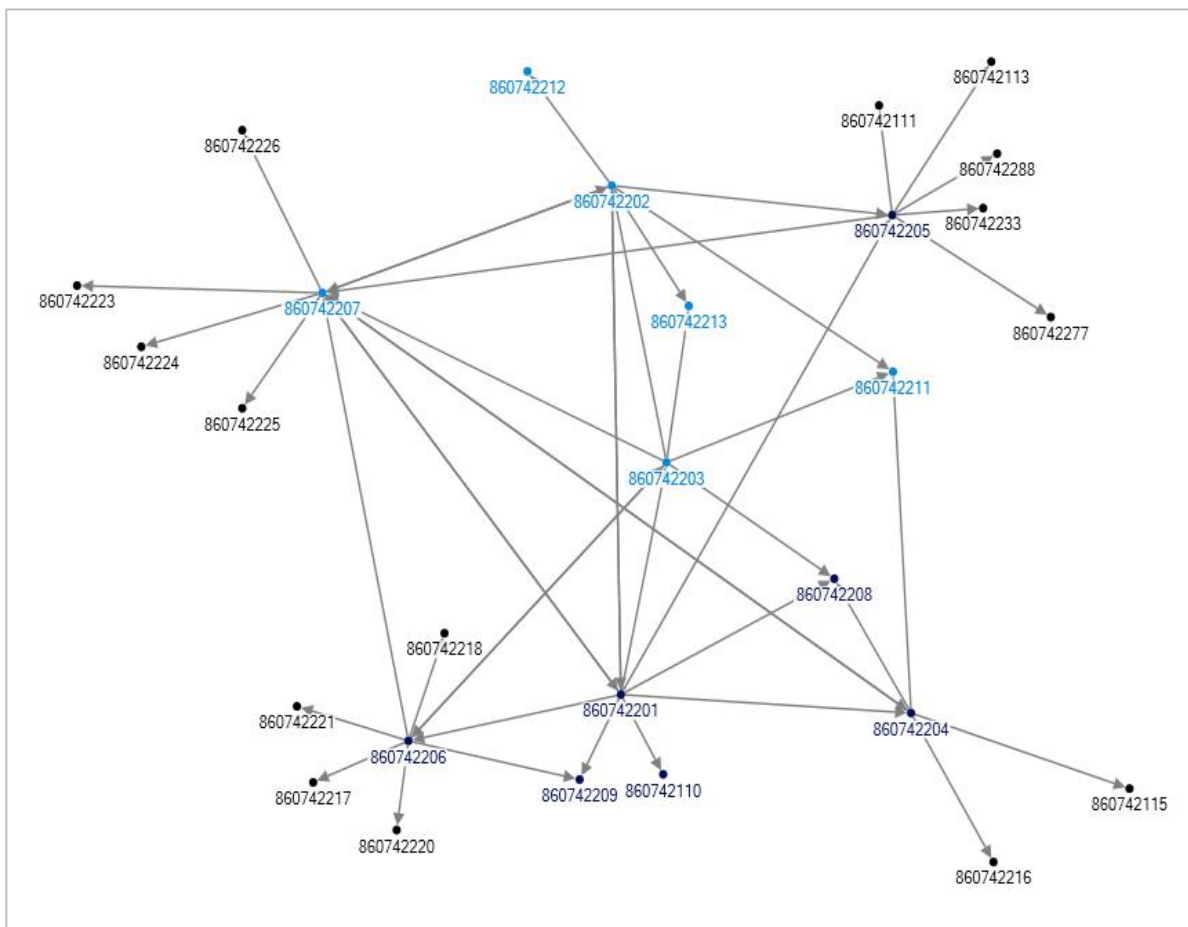
Išvada tokia, kad vartotojui nustatyti ir natūraliai suvokti kontaktų ryšius pažiūrėjus į dideles duomenų lenteles tampa sudėtinga. Neužtenka tik įvertinti didelius duomenų srautus, nežinant kritinių kelių struktūros kelių.

Atliekamo eksperimento metu vykdysime paruoštą socialinio tinklo scenarijų, kurio metu pavaldėsime tam tikrą numatytą bendravimo schemą ir ja remiantis bendrausime su priskirtais tiesioginiais kontaktais. Tokiu būdu sugeneruosime atitinkamą duomenų rinkinį iš kurio sieksime atkurti suprojektuotą schemą ir padarysime išvadas. Duomenų analizės metu importuosime vis daugiau duomenų programinėje įrangoje pridėdant po vieną iš septynių įrenginių informacijos rinkinių. Taip plėsimė organizacinę struktūrą ir stebėsime kaip ji augs ir kaip keisis svarbių mazgų bei kritinių kelių vaidmuo tinkle. Kaip jau minėjome anksčiau, tyrimų duomenys programinėje įrangoje importuojami

iš trečių šalių sugeneruotų duomenų ataskaitų ieškomiems duomenų tipams. Tai gali būti šimtai ar net tūkstančiai įvairių įrašų, kurių kiekis mums nurodo atitinkamą santykinę dažnumą ir ryšio stiprumą lyginant kontaktus tarpusavyje.

Eksperto duomenys septintoje lentelėje pateikia importuotą informaciją apie nuskaitytus mobiliųjų įrenginių savininkus ir telefonų modelius. Šie duomenys yra modifikuoti siekiant išsaugoti asmens duomenų privatumą, todėl tikrieji telefonų numeriai ir asmeninė kontaktinė informacija yra pakeista bendriniais raktiniais žodžiais. Ši informacija surinkta panaudojant „AccessData MPE+“. Ruošiant duomenis eksperimentui, surinkti septyni skirtingi mobilūs įrenginiai, kuriais siuntinėjome informaciją pagal iš anksto numatytą bendravimo schemą pateiktą pav. 23.

Schemoje mazgai atitinka kontaktų telefonų numerius, briaunos nurodo bendravimo ryšius. Taip pat panaudotas orientuoto grafo modelio tipas, kuris nurodo ir bendravimo ryšio kryptį. Tyrimo uždutis – palyginti eksperimento metu gautą programinės įrangos schemą su iš anksto numatyta socialinio tinklo schema. Taip pat stebėti gaunamus tinklo schemas rezultatus ir tinklo parametrus, parodančius, koks mazgas socialinio tinklo struktūroje dominuoja ir kokiuose ryšiuose bendravimas yra aktyviausias.



23 pav. Testuojama socialinio tinklo struktūra



7 lentelė. Mobilųjų įrenginių savininkų eksperimentiniai duomenys

Telefono nr.	Vardas	Pavardė	El. pašto adresas	Telefono gamintojas	Telefono modelis
860742211	Kontaktas1	Pavardė1	email1@gmail.com	Samsung	S2
860742222	Kontaktas2	Pavardė2	Email2@gmail.com	Samsung	S6
860742233	Kontaktas3	Pavardė3	email3@gmail.com	Samsung	S5
860742244	Kontaktas4	Pavardė4	email4@gmail.com	Sony	Xperia
860742255	Kontaktas5	Pavardė5	email5@gmail.com	HTC	One
860742266	Kontaktas6	Pavardė6	email6@gmail.com	Samsung	S3 mini
860742277	Kontaktas7	Pavardė7	email7@gmail.com	Samsung	S5

Surinktų mobiliųjų įrenginių kontaktų informacijos duomenų kiekiai pateikti 8 lentelėje. Jais remiantis skaičiuojamas santykinis ryšio stiprumas tarp įrenginio savininko ir jo kontakto.

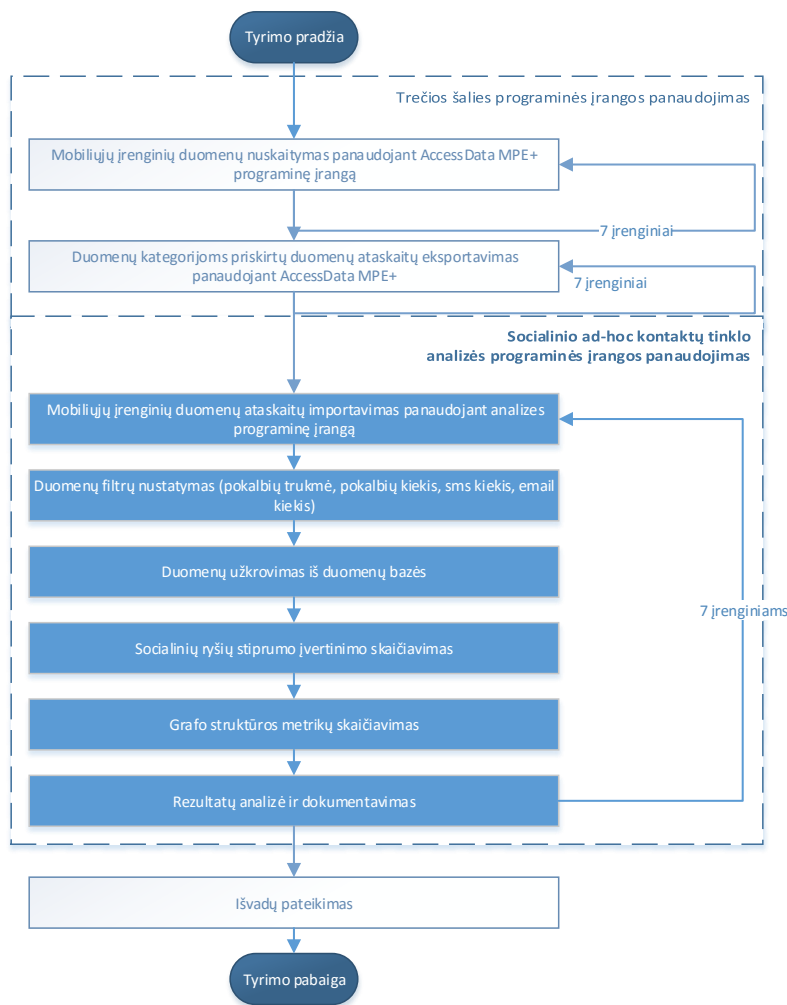
8 lentelė. Mobilųjų įrenginių socialinės informacijos duomenų kiekio reikšmės

Savininko mobilus nr.	Kontakto mobilus nr.	Kontakto vardas	Kontakto pavardė	Pokalbių kiekis	Pokalbių laikas (sec.)	SMS kiekis	Kontakto el. paš. adresas	Kontakto el. pašto kiekis
860742201	860742201	vardas1	pavarde1	1000,00	36000,00	1000,00	email1	200
860742201	860742202	vardas2	pavarde2	300,00	10000	250	email2	10
860742201	860742203	vardas3	pavarde3	50,00	1000	25	email3	15
860742201	860742204	vardas4	pavarde4	100,00	6490	25	email4	25
860742201	860742205	vardas5	pavarde5	0,00	0	1	email5	0
860742201	860742206	vardas6	pavarde6	6,00	6	9	email6	40
860742201	860742207	vardas7	pavarde7	4,00	4	10	email7	15
860742201	860742208	vardas8	pavarde8	90,00	10000	150	email8	35
860742201	860742209	vardas9	pavarde9	300,00	5000	450	email9	40
860742201	860742110	vardas10	pavarde10	150,00	3500	80	email10	20
860742202	860742202	vardas2	pavarde2	310	12000	820	email2	190
860742202	860742201	vardas1	pavarde1	200	7200	500	email1	100
860742202	860742205	vardas5	pavarde5	50	1000	150	email5	5
860742202	860742211	vardas11	pavarde11	20	3350	50	email11	2
860742202	860742212	vardas12	pavarde12	20	250	80	email12	3
860742202	860742213	vardas3	pavarde3	10	100	20	email3	40
860742202	860742207	vardas7	pavarde7	10	100	20	email7	40
860742203	860742203	vardas3	pavarde3	483	4600	820	email3	190
860742203	860742202	vardas2	pavarde2	200	700	500	email2	100
860742203	860742208	vardas8	pavarde8	5	100	150	email8	5
860742203	860742211	vardas11	pavarde11	58	3350	50	email11	2
860742203	860742207	vardas7	pavarde7	200	250	80	email7	3
860742203	860742213	vardas13	pavarde13	10	100	20	email13	40
860742203	860742206	vardas6	pavarde6	10	100	20	email6	40
860742204	860742204	vardas4	pavarde4	1751	8400	1450	email4	255
860742204	860742204	vardas5	pavarde5	5	100	150	email5	5
860742204	860742208	vardas8	pavarde8	5	100	150	email8	5
860742204	860742211	vardas11	pavarde11	58,00	3350	50	email11	2
860742204	860742207	vardas7	pavarde7	200	250	80	email7	3
860742204	860742115	vardas15	pavarde15	10	100	20	email15	40
860742204	860742216	vardas16	pavarde16	1473	4500	1000	email6	200
860742205	860742205	vardas5	pavarde5	1756	8400	1320	email5	290
860742205	860742288	vardas2	pavarde2	5	100	150	email2	5
860742205	860742111	vardas11	pavarde11	58	3350	50	email11	2
860742205	860742277	vardas4	pavarde4	200	250	80	email4	3
860742205	860742113	vardas13	pavarde13	10	100	20	email13	40
860742205	860742233	vardas3	pavarde3	1473	4500	1000	email3	200
860742205	860742207	vardas7	pavarde7	10	100	20	email7	40
860742206	860742206	vardas6	pavarde6	1956	9100	1820	email6	390
860742206	860742209	vardas9	pavarde9	200	700	500	email9	100
860742206	860742217	vardas17	pavarde17	5	100	150	email17	5
860742206	860742218	vardas18	pavarde18	58	3350	50	email18	2
860742206	860742220	vardas20	pavarde20	200	250	80	email20	3
860742206	860742221	vardas21	pavarde21	10	100	20	email21	40
860742206	860742203	vardas3	pavarde3	1473	4500	1000	email3	200
860742206	860742207	vardas7	pavarde7	10	100	20	email7	40
860742207	860742207	vardas7	pavarde7	3419	13500	2800	email7	550
860742207	860742201	vardas1	pavarde1	200	700	500	email1	100
860742207	860742202	vardas2	pavarde2	5	100	150	email2	5
860742207	860742223	vardas23	pavarde23	58	3350	50	email23	2
860742207	860742224	vardas24	pavarde24	200	250	80	email24	3
860742207	860742225	vardas25	pavarde25	10	100	20	email25	40
860742207	860742226	vardas26	pavarde26	1473	4500	1000	email26	200
860742207	860742204	vardas4	pavarde4	1473	4500	1000	email4	200

Kiekviena lentelės eilutė atitinka grafo tinklo atitinkamas briaunas, kurios identifikuoja savininko ir kontakto mobiliųjų numerių porą. Šis „super“ raktas naudojamas duomenų užklausoms formuoti programinėje įrangoje ir taip išskaičiuoti bendrą santykinį dydį. Lentelėje taip pat matome, kad suformuotos perteklinės eilutės, kurių kontaktų ir mobilaus įrenginio numeris sutampa. Tai kontrolinės sumos eilutės, leidžiančios patikrinti ar surinktų duomenų suma atitinka gautas su atskirais kontaktais ar atitinkamos kategorijos tipo duomenimis susietą sumą. Tai leidžia išvengti duomenų praradimo klaidų atvejų.

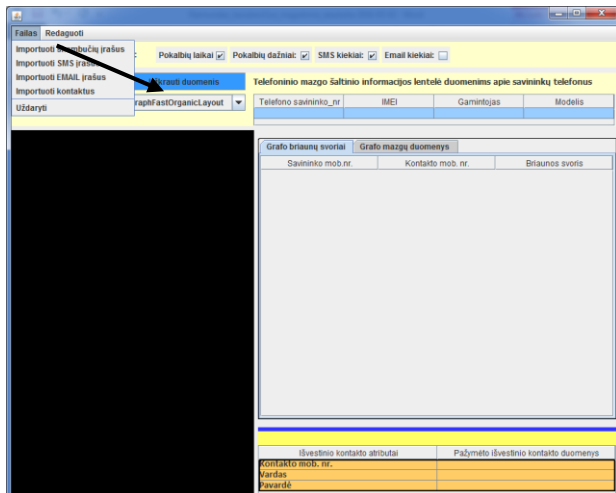
### 4.3. Eksperimentinio tyrimo scenarijus

Eksperimentinis tyrimo scenarijus yra iteracinis auginant duomenų struktūrą ir taip apjungiant vis daugiau mobiliųjų įrenginių. 7 lentelėje parodyti 7 įrenginiai, todėl ir šio eksperimento importuojamų duomenų ir struktūros auginimo iteracijų skaičius sutampa. Šio tyrimo tikslas yra nustatyti, ar socialinio tinklo duomenų analizės programinė įranga gali pasitarnauti kaip sprendimas modeliuojant kontaktų organizacines grupes ir leisti tiksliau nustatyti ne tik tokių ryšių egzistavimą praeityje, bet ir įvertinti tinklo ryšius pagal turimą informaciją. Logine scenarijaus įvykių seka pateikta 24 pav. .

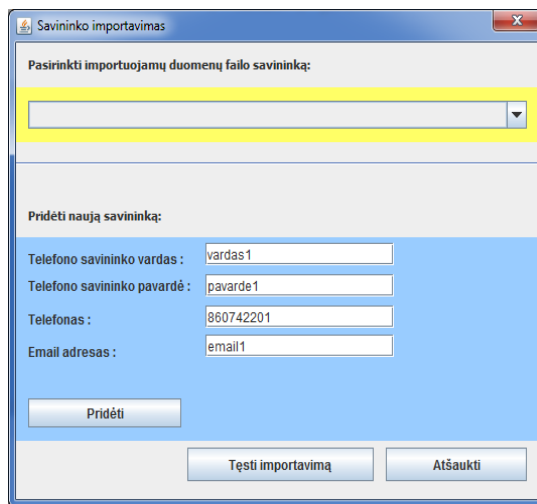


24 pav. Eksperimentinio tyrimo įvykių scenarijaus fazės

Duomenų analizės etapai atliekami panaudojant sukurtą programinį sprendimą nuosekliai vykdomi pradedant nuo duomenų importavimo etapo. Mobilųjų įrenginių duomenų ataskaitų importavimas vykdomas kairiajame viršutiniame programos lange pasirinkus importuoti norimą duomenų tipą iš kontekstinio meniu ( 25 pav.). Vėliau pateiktame dialogo lange nurodomi savininko mobilaus įrenginio duomenys (26 pav.).

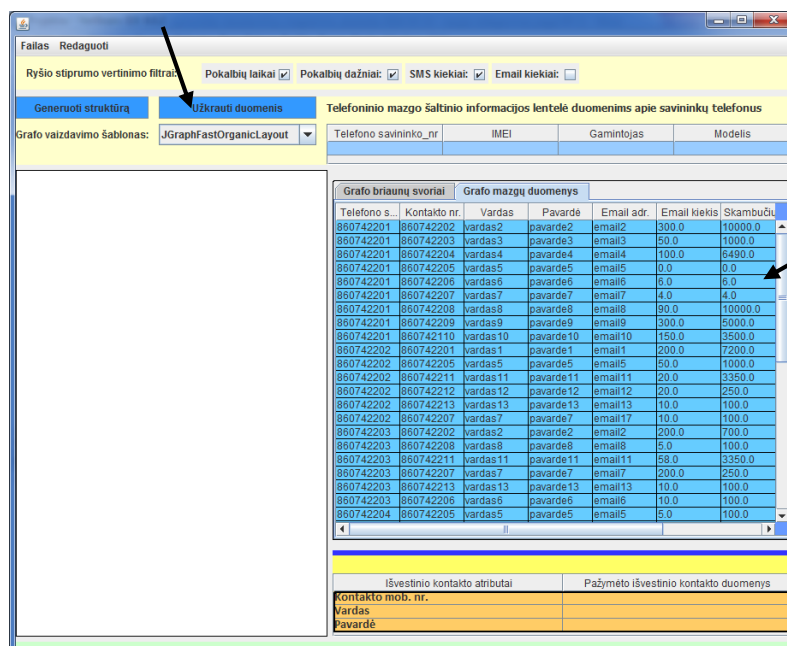


25 pav. Duomenų ataskaitų importavimas



26 pav. Savininko duomenų įvedimas

Sėkmingai atlikus duomenų importavimo procedūras programoje nuspaudžiamas duomenų užkrovimas ir programos lange lentelė užpildoma mobiliųjų įrenginių socialinės informacijos duomenų kiekiu reikšmėmis turinčiais atitikti 8 lentelės duomenis po 7 įrenginių duomenų importavimo (27 pav.).



27 pav. Duomenų užkrovimas

Pagal pateiktus rezultatus (27 pav.) duomenų importavimas atliktas sėkmingai ir programa gali toliau tęsti kitus eksperimentinio scenarijaus etapus. Atlikus duomenų užkrovimo etapą programoje, kartu suskaičiuojamos duomenų ryšių metrikos, priklausomos nuo nustatytų duomenų filtrų. Filtrai nurodo, kokius duomenų sluoksnius įtraukti skaičiavimo procesuose. Atlikus šiuos veiksmus, programinė įranga generuoja rezultatus ir socialinio kontaktų tinklo organizacinę struktūrą. Eksperimento metu nurodėme naudoti trijų skirtingų duomenų sluoksnius: pokalbių laikai, pokalbių dažnis ir žinučių kiekis. Programinė įranga paskaičiavo atitinkamų duomenų santykinų dydžių reikšmes ir gavo bendrus įverčius kiekvienai tinklo briaunai.

#### 4.4. Eksperimentinio tyrimo rezultatai

Programinės įrangos pilnam tikslui įgyvendinti svarbu buvo patikrinti, ar programinė įranga geba įvertinti duomenų ryšius priklausomai nuo informacijos srauto ir krypties. Pagal importuotus septynių įrenginių duomenis toliau eksperimento metu gavome tokias grafo metrikas, kurios leidžia stebėti struktūros pasikeitimus (žr. 9 lentelė) :

- matome, kad didinant importuojamų įrenginių duomenų skaičių, vis didėja grafo viršūnių ir briaunų skaičius. Kitaip tariant socialinis tinklas vis auga. Siekiant nustatyti kiek aktyviai mazgai susiję tarpusavyje mes galime pažvelgti į grafo tankumą, kuris pradžioje yra neigiamas dėl to, kad tik viena viršūnė pažysta kitas, o vėliau šis parametras po truputį auga į teigimą pusę, tačiau vieneto reikšmę pasiektų tik „super“ jungimo atveju, kai visi mazgai susieti su visais.
- grafo skersmens metrikas mums taip pat yra svarbi. Ji rodo didžiausią atstumą nuo toliausiai esančios centrinės grafo viršūnės iki kitų viršūnių. Tai parodo tam tikrą galimą ryšio sudėtingumą, kai norime informacija pasidalinti su visais mazgais.
- kitos metrikos, stebinės įeinančių ir išeinančių briaunų charakteristikas, leidžia mums įvertinti viršūnių dominavimą savo kuriamuose sub-organizacinėse žvaigždinėse struktūrose. Jeigu viršūnė turi daugiausiai išeinančių briaunų, ji pati inicijuoja daug ryšių ir tai šiuo atveju visada yra tiriamojo įrenginio savininkas. Stebint kelis įrenginius, galime vertinti kuris iš tiesų labiau galėtų įtakoti visą socialinį tinklą arba sutampančias kontaktų aibes tarp kelių savininkinių kontaktų.
- iš rezultatų taip pat matome grafo tamprumo metrikos skaičiavimus. Ši metrika matavo mazgų įtaką kitiems ryšiams. Skaičiavimo algoritmas ieško, ar viršūnė priklauso kritiniam keliui ir sudaro kelią kitoms dviem viršūnėms susijungti. Mazgai, kurie sudaro sujungimus su kitomis grupėmis ir turi aukštą rodiklį įvardijami kaip vartininkai, galimai gebantys valdyti informacijos srautus. Pagal gautus rezultatus eksperimento metu, matome, kad augant

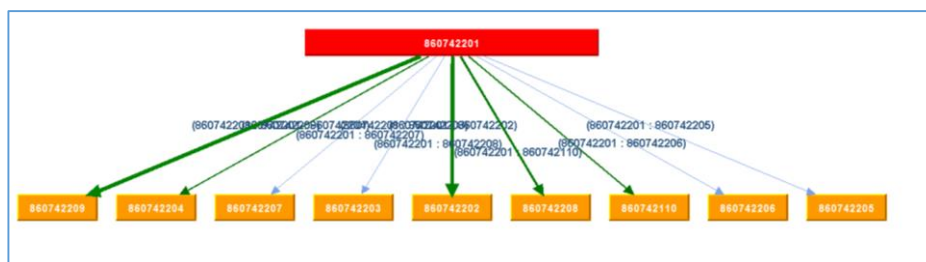
struktūrai tiek maksimali, tiek vidutinė šio parametro reikšmė augo. Kiekvieno etapo metu prisijungdavo papildoma savininko kontakto viršūnė ir pagal šią metriką didžiausią paprastai užimdavo ta, kuri turi didžiausią išeinančių briaunų skaičių. Pagal 9 lentelėje pateiktus duomenis didžiausias išeinančių briaunų skaičius nekito nuo pat pirmo etapo, tai reiškia, kad neatsirado stipresnės viršūnės, kaip pirmoji.

- Klasterizacijos koeficiento reikšmės parodo, kad struktūroje dominuoja arba labai stiprūs mazgai turintys vieneto koeficientą, arba labai silpni- turintys nulinio koeficientą. Pastarųjų yra žymiai daugiau, nes generuojamų kontaktų ir savininkų mobiliųjų įrenginių yra žymiai daugiau.

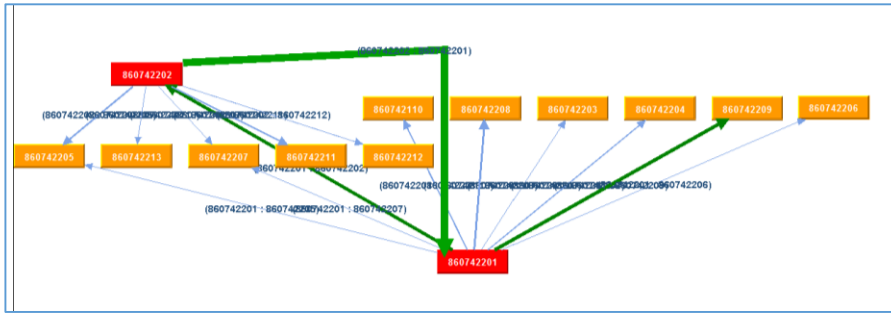
9 lentelė. Grafo metrikų rezultatai

Grafo metrika	1 etapo reikšmės	2 etapo reikšmės	3 etapo reikšmės	4 etapo reikšmės	5 etapo reikšmės	6 etapo reikšmės	7 etapo reikšmės
Grafo tipas	orientuotas	orientuotas	orientuotas	orientuotas	orientuotas	orientuotas	orientuotas
Viršūnių skaičius	10	13	13	15	20	24	28
Briaunų skaičius	9	15	21	26	32	39	46
Skersmuo	2	3	3	4	4	4	4
Grafo tankumas	0,1	0,96153846	0,13461539	0,12380952	0,084210526	0,070652174	0,060846561
Modalumas	-0,098765	-0,037778	0,155329	0,149408	0,04473	0,054241	0,384452
Mažiausias įeinančių briaunų viršūnės laipsnis	0	1	1	1	1	1	1
Didžiausias įeinančių briaunų viršūnės laipsnis	1	2	3	4	5	6	6
Vidurkis įeinančių briaunų	0,9	1,154	1,615	1,733	1,6	1,625	0
Mažiausias išeinančių briaunų viršūnės laipsnis	0	0	0	0	0	0	0
Didžiausias išeinančių briaunų viršūnės laipsnis	9	9	9	9	9	9	9
Vidurkis išeinančių briaunų	0,9	1,154	1,615	1,733	1,6	1,625	1,643
Mažiausias perdavimo centriškumas (Betweenness centrality)	0	0	0	0	0	0	0
Didžiausias perdavimo centriškumas (Betweenness centrality)	72	103	73	81,881	160	200	276,881
Vidutinis perdavimo centriškumas (Betweenness centrality)	7,2	12,615	10,615	14,667	25,4	35,5	42,286
Mažiausias Artumo centriškumas (Closeness centrality)	0,059	0,034	0,036	0,027	0,018	0,014	0,011765
Didžiausias Artumo centriškumas (Closeness centrality)	0,111	0,067	0,067	0,053	0,034	0,027	0,022727
Vidutinis Artumo centriškumas (Closeness centrality)	0,064	0,042	0,046	0,036	0,023	0,018	0,014933393
Minimalus Klasterizacijos koeficientas (Clustering Coefficient)	0	0	0	0	0	0	0
Maksimalus Klasterizacijos koeficientas (Clustering Coefficient)	0	1	1	1	0,5	0,5	0,5
Vidutinis Klasterizacijos koeficientas (Clustering Coefficient)	0	0,161	0,314	0,229	0,124	0,108	0,091227324

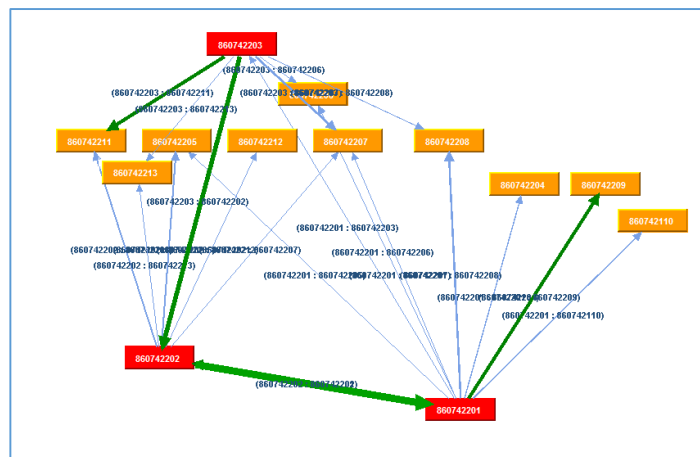
Toliau pateiktuose programinės įrangos ekrano kopijos vaizduojančios socialinės kontaktų tinklo struktūros pokyčius kiekvieno duomenų importavimo etapo metu. Pasirinktas vaizdavimo šablonas atitinka medžio struktūrą, kuri pasirodė tinkamiausia atvaizduoti žvaigždinio tipo savininkinių kontaktų bendruomenes. Ją modifikavome aiškinantis analizės rezultatus. T.y. kokie ryšiai dominavo ir su kokiomis viršūnėmis. Iškart galime pasakyti, kad po pirmojo etapo importuojant pirmojo savininko duomenis, jis aktyviai bendravo su antru ir devintu kontaktais (žalia spalva). Tai nustatoma tada, kai briaunos svorio parametras viršija savininko kontaktų grupės briaunų vidurkį.



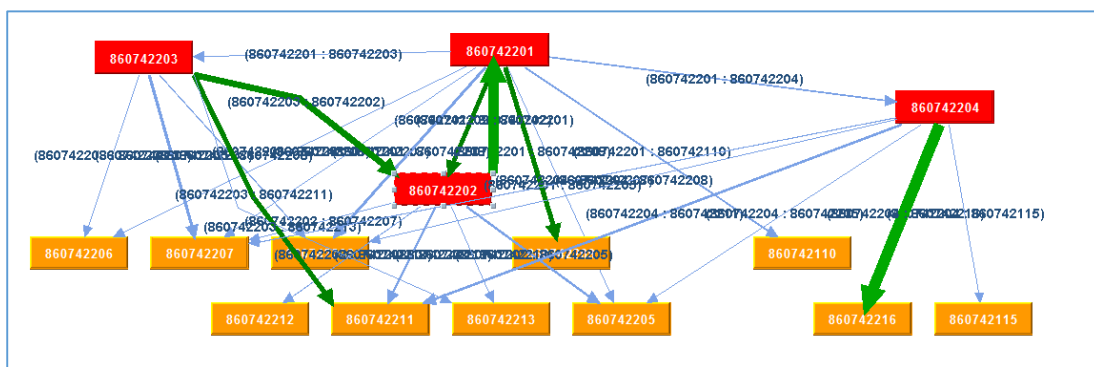
28 pav. Pirmojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra



29 pav. Antrojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra



30 pav. Trečiojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra



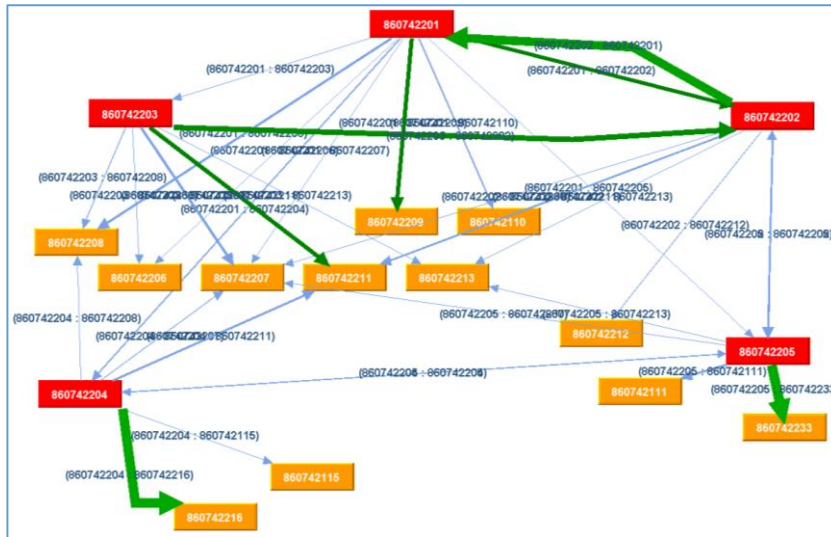
31 pav. Ketvirtojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra

Kituose trijuose etapuose atsiranda daugiau dominuojančių briaunų. Tokių briaunų ir apskritai storesnių savo svorio verte briaunų gausa parodo intensyvų bendravimą tarp pirmo ir antro savininkinio kontakto, bei galimą aktyvų bendravimą ketvirto kontakto su savo vidiniais kontaktais. Tai galime patikrinti pagal santykinų ryšių stiprumų lentelę (žr. 10 lentelė.). Šioje lentelėje pateikiami visi gauti santykiniai stiprumai po septynių etapų. Briaunos ryšį identifikuoja savininko ir jo kontakto mobiliųjų numerių pora. Briaunos svoris gali svyruoti nuo nulio iki vieneto. Kuo jis didesnis, tuo

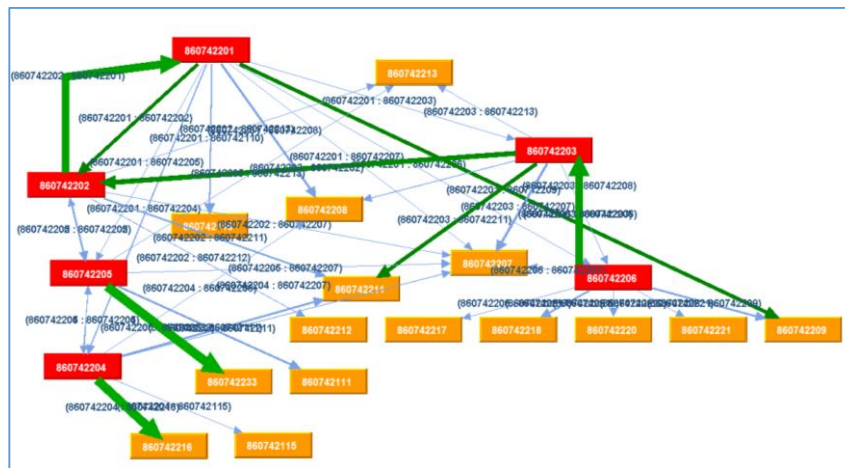
briaunos storis grafike didesnis. Tai reiškia, kad informacijos kiekis su šiuo kontaktu tarp kitų to savininko kontaktų užima tam tikrą svorio vertę.

**10 lentelė.** Santykiniai ryšių stiprumai

860742201	860742110	0,109074074
860742201	860742202	0,275925926
860742201	860742203	0,034259259
860742201	860742204	0,101759259
860742201	860742205	0,000333333
860742201	860742206	0,005055556
860742201	860742207	0,004703704
860742201	860742208	0,172592593
860742201	860742209	0,296296296
860742202	860742201	0,618305796
860742202	860742205	0,142516828
860742202	860742207	0,021660547
860742202	860742211	0,134886135
860742202	860742212	0,060970146
860742202	860742213	0,021660547
860742203	860742202	0,392002895
860742203	860742206	0,022277769
860742203	860742207	0,188662492
860742203	860742208	0,071672642
860742203	860742211	0,303106432
860742203	860742213	0,022277769
860742204	860742115	0,010469629
860742204	860742205	0,03940285
860742204	860742207	0,066384921
860742204	860742208	0,03940285
860742204	860742211	0,155472071
860742204	860742216	0,68886768
860742205	860742111	0,15660408
860742205	860742202	0,042798879
860742205	860742204	0,068196137
860742205	860742207	0,010922433
860742205	860742213	0,010922433
860742205	860742233	0,710555875
860742206	860742203	0,599007843
860742206	860742207	0,009030165
860742206	860742209	0,15129928
860742206	860742217	0,03198761
860742206	860742218	0,141752249
860742206	860742220	0,057892687
860742206	860742221	0,009030165
860742207	860742201	0,096306639
860742207	860742202	0,020813751
860742207	860742204	0,373767973
860742207	860742223	0,094323105
860742207	860742224	0,035195528
860742207	860742225	0,005825032
860742207	860742226	0,373767973

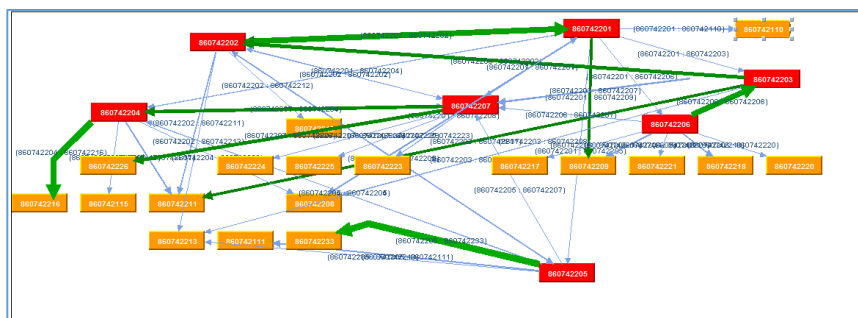


32 pav. Penktojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra



33 pav. Šeštojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra

Šiame etape pastebima sutampančių kontaktų aibė tarp savininkinių kontaktų. Detaliau panagrinėjus šių kontaktų srautus pagal briaunų svorį matome, kad aktyviai buvo bendrauta su vienuoliku ir devintu kontaktiniu numeriu, ir reiktų pagal galimybes nuskaityti šių kontaktų duomenis, kurie tikėtinais patikslintų esamo tinklo vertinimą.



34 pav. Septintojo etapo socialinio kontaktų tinklo struktūra



Paskutinio etapo duomenimis sugeneruota struktūra pavaizduota 34 paveiksle. Ji atitinka eksperimentinio tyrimo scenarijaus numatytą struktūrą, kas parodo, kad programinė įranga veikia, kaip numatyta ir gražina laukiamus rezultatus. Tačiau šio brėžinio ir vidinių programinės įrangos charakteristikų rezultatai leidžia daugiau spręsti, koks socialinis tinklas buvo sudarytas ir kokie mazgai gali turėti didžiausią įtaką socialiniame tinkle.

#### **4.5. Eksperimentinio tyrimo išvados**

1. Mobilųjų įrenginių socialinės kontaktų analizės eksperimentas parodė, kad taikomas HDFI modeliu pagrįstas proceso scenarijus įgalina tinkamai vykdyti eksperimentinį scenarijų ir išvengti kontaktinių duomenų iškraipymų.
2. Kompleksinis struktūrinės analizės ir numatytų grafo metrikų taikymas sudaro prielaidas tiksliau identifikuoti aktyviausius ad-hoc tinklo dalyvius.
3. Kiekvienos briaunos santykinio svorio taikymas įgalina atlikti kontaktų ryšių reitingavimą kintant tarpusavio komunikavimo intensyvumui ir į tinklą sujungtų asmenų skaičiui.
4. Asmenų komunikacijų per tarpinius mazgus ištyrimas leidžia atskleisti organizacines persidengiančių grupių struktūras.

## 5. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS

1. Šiuo metu nėra tinkamos universalios priemonės mobiliųjų įrenginių socialinių tinklų tyrimo metodikos taikymui incidentų tyrimams. Atlikta komunikavimo uždaroje bendruomenėse analizė parodė, kad incidentų tyrimas panaudojant komunikavimo informaciją gali būti vykdomas taikant HDFI modelį. Atlikta komunikavimo informacijos ištraukimo įrankių analizė atskleidė, kad tinkamiausia darbe informacijos surinkimui taikyti „AccessData FTK“ licencijuotą įrankį.
2. Parinkti ir išanalizuoti komunikavimo tarp tinklo vartotojų būdai ir priemonės, tinkami sukurti komunikavimo intensyvumo analizės modelį. Ištirtas trečiųjų šalių licencijuotas komunikavimo informacijos išgavimo programinės įrangos funkcionalumas ir įvertintas jo tinkamumo laipsnis, pasiekti darbo rezultatus. Suprojektuota duomenų bazės struktūra pasinaudojant „super“ rakto principu, įgalinančiu manipuluoti vienu sudėtinu raktu visose duomenų bazės lentelėse.
3. Gerai įvertintas sukurtos programinės įrangos atitikimas reikalavimų specifikacijai. Rezultatas pasiektas laipsniškai tobulinant programinės įrangos funkcionalumą.
4. Mobilųjų įrenginių socialinės kontaktų analizės eksperimentas parodė, kad taikomas HDFI modeliu pagrįstas kontaktų informacijos ištyrimo proceso scenarijus įgalina tinkamai vykdyti eksperimentinį scenarijų ir išvengti kontaktinių duomenų iškraipymų.
5. Komunikacijų atvaizdavimą apibūdinančios briaunos santykinio svorio taikymas įgalina atlikti kontaktų ryšių reitingavimą kintant tarpusavio komunikavimo intensyvumui ir į tinklą sujungtų asmenų skaičiui. Komunikacijų per tarpinius mazgus ištyrimas leidžia atskleisti organizacines persidengiančių grupių struktūras

### **Tolimesni darbai:**

Projekto vykdymo metu išsiaiškintos mobiliųjų įrenginių tyrimų problemos ir analizės įrankiai. Projektuojant originalų įrankį apibrėžtos pradinės sąlygos sprendžiant konkrečią kontaktinių duomenų, gaunamų ištraukiant iš išmaniųjų įrenginių, analizės problemą.

Gauti rezultatai atskleidė platesnės mobiliųjų įrenginių analizės programinės įrangos pritaikymo galimybes ir rekomenduojama įgyvendinti šias funkcijas:

- sukurti efektyvų duomenų paieškos metodą surinkti aktualius duomenis iš įrenginių;
- sukurti lankstesnį tinklo duomenų atvaizdavimo modelį įvairios aprėpties struktūroms;
- adaptyviai taikyti daugiau rezultatų atvaizdavimo algoritmų ir tirti jų efektyvumą įvairiose situacijose;
- patobulinti esamus arba kurti naujus duomenų tipų filtravimo ir kategorijų kūrimo metodus;
- įgyvendinti automatinį išėities duomenų eksportavimą.

## 6. LITERATŪRA

- [1] Statista, “• Smartphone users worldwide 2014-2019 | Statistic.” 2015.
- [2] Oxygen Forensics, “Oxygen Forensic® Suite - Mobile forensics solutions: software and hardware.” 2014.
- [3] M. Newman, “Modularity and community structure in networks,” *Proc. Natl. Acad. ...*, vol. 103, no. 23, pp. 8577–82, 2006.
- [4] M. Girvan, M. Girvan, M. E. J. Newman, and M. E. J. Newman, “Community structure in social and biological networks,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 99, no. 12, pp. 7821–7826, 2002.
- [5] M. M. Pollitt, “An Ad Hoc Review of Digital Forensic Models National Center for Forensic Science Department of Engineering Technology University of Central Florida,” 2007.
- [6] AccessData, “Forensic Toolkit (FTK),” *Forensic Toolkit (FTK) Brochure*. p. 2, 2015.
- [7] N. F. Moço, “Mobile Forensics A Smartphone-Based Activity Logger,” *2014 21st Int. Conf. Telecommun.*, pp. 462–466, 2014.
- [8] J. E. R. McMillan, W. B. Glisson, and M. Bromby, “Investigating the increase in mobile phone evidence in criminal activities,” *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, pp. 4900–4909, 2013.
- [9] H. K. S. Tse, K. P. Chow, and M. Y. K. Kwan, “The next generation for the forensic extraction of electronic evidence from mobile telephones,” *Int. Work. Syst. Approaches Digit. Forensics Eng., SADFE*, 2014.
- [10] F. A. Awan, “Forensic Examination of Social Networking Applications on Smartphones,” pp. 36–43, 2015.
- [11] E. R. Mumba and H. S. Venter, “Mobile forensics using the harmonised digital forensic investigation process,” *2014 Inf. Secur. South Africa - Proc. ISSA 2014 Conf.*, 2014.
- [12] P. Thomas, P. Owen, and D. McPhee, “An Analysis of the Digital Forensic Examination of Mobile Phones,” *2010 Fourth Int. Conf. Next Gener. Mob. Appl. Serv. Technol.*, pp. 25–29, 2010.
- [13] E. R. Mumba and H. S. Venter, “Testing and Evaluating the Harmonized Digital Forensic Investigation Process in Post Mortem Digital Investigations,” *Proc. Conf. Digit. Forensics, Secur. Law*, no. 2012, pp. 83–98, 2014.
- [14] X. Bao, J. Yang, Z. Yan, L. Luo, Y. Jiang, E. M. Tapia, and E. Welbourne, “CommSense : Identify Social Relationship with Phone Contacts via Mining Communications,” no. 1, pp. 227–234, 2015.
- [15] P. Dibb and M. Hammoudeh, “Forensic data recovery from android os devices: An open source toolkit,” *Proc. - 2013 Eur. Intell. Secur. Informatics Conf. EISIC 2013*, no. May, p. 226, 2013.
- [16] O. Osho and S. O. Ohida, “Tools Comparative Evaluation of Mobile Forensic Tools,” *I.J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 1, no. January, pp. 74–83, 2016.
- [17] S. Catanese, E. Ferrara, and G. Fiumara, “Forensic analysis of phone call networks,” *Soc. Netw. Anal. Min.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–33, 2013.
- [18] E. Ferrara, P. De Meo, S. Catanese, and G. Fiumara, “Detecting criminal organizations in mobile phone networks,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 41, no. 13, pp. 5733–5750, 2014.

- [19] S. Fortunato, "Community detection in graphs," *Phys. Rep.*, vol. 486, no. 3–5, pp. 75–174, 2010.
- [20] P. Andriotis, G. Oikonomou, and T. Tryfonas, "Forensic analysis of wireless networking evidence of Android smartphones," *WIFS 2012 - Proc. 2012 IEEE Int. Work. Inf. Forensics Secur.*, pp. 109–114, 2012.

## **PRIEDAI**

## PANAUDOS ATVEJAI

1. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	<i>Importuoti duomenis</i>
<b>Vartotojas/Aktorius:</b>	Vartotojas
<b>Aprašas:</b>	Importuojamos duomenų ataskaitos, kurias eksportavo AccessData MPE+ įrankis.
<b>Prieš sąlyga:</b>	Duomenų ataskaitų failai neturi būti kaip nors modifikuoti.
<b>Sužadinimo sąlyga:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuspaudžiamas importavimo mygtukas;</li> <li>• Pasirenkamas įrenginio savininkas;</li> <li>• Nurodoma importuojamo failo vieta;</li> </ul>
<b>Po-sąlyga:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vartotojui pateikiamas pranešimas apie sėkmingą duomenų importavimą, arba klaidą.</li> <li>• Duomenų bazė papildoma naujais duomenimis.</li> </ul>

2. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	<i>Peržiūrėti įrašus</i>
<b>Vartotojas/Aktorius:</b>	Vartotojas
<b>Aprašas:</b>	Peržiūrimi importuotos informacijos įrašai rankiniu būdu.
<b>Prieš sąlyga:</b>	Duomenys yra sėkmingai importuoti.
<b>Sužadinimo sąlyga:</b>	Sėkmingai importuotų duomenų patvirtinimas.
<b>Po-sąlyga:</b>	Vartotojui pateikiamas importuotų įrašų kiekis priskirtas kiekvienam tinklo ryšiui.

3. PANAUDOJIMO ATVEJIS:	<i>Filtruoti įrašus</i>
<b>Vartotojas/Aktorius:</b>	Vartotojas
<b>Aprašas:</b>	Filtruojami įrašai pagal nustatytus duomenų filtrus.
<b>Prieš sąlyga:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasirenkami filtrai.</li> <li>• Yra importuotų duomenų.</li> </ul>
<b>Sužadinimo sąlyga:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuspaudžiamas filtravimo mygtukas.</li> </ul>
<b>Po-sąlyga:</b>	Išskiriama aibė įrašų atitinkančių kriterijus.

## 2 PRIEDO TĘSINYS

<b>4. PANAUDOJIMO ATVEJIS:</b>	<i>Paskaičiuoti metrikas</i>
<b>Vartotojas/Aktorius:</b>	Vartotojas
<b>Aprašas:</b>	Suskaičiuojamos importuojamų duomenų ir grafo metrikos
<b>Prieš sąlyga:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duomenys yra sėkmingai importuoti.</li> </ul>
<b>Sužadinimo sąlyga:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuspaudžiamas duomenų užkrovimo mygtukas.</li> </ul>
<b>Po-sąlyga:</b>	Reikšmėmis užpildoma briaunų santykinų ryšių lentelė.

<b>5. PANAUDOJIMO ATVEJIS:</b>	<i>Sukurti duomenų hierarchijos ryšių medį</i>
<b>Vartotojas/Aktorius:</b>	Vartotojas
<b>Aprašas:</b>	Kuriamas ryšių grafas pagal nustatytus bendrus įrašų kriterijus.
<b>Prieš sąlyga:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nustatomi duomenų filtrai</li> <li>• Paskaičiuotos duomenų metrikos.</li> <li>• Užkrauti duomenys lentelėse.</li> <li>• Nustatytas tinklo vaizdavimo šablonas.</li> </ul>
<b>Sužadinimo sąlyga:</b>	Nuspaudžiamas generavimo mygtukas
<b>Po-sąlyga:</b>	Vartotojui pateikiamas vizualus duomenų grafas.



„ACCESS DATA“ TYRĖJO SERTIFIKATAS



## FUNKCINIAI REIKALAVIMAI

<b>Reikalavimas: 1</b>	<b>Reikalavimo tipas:9</b>	<b>Įvykis/panaudojimo atvejis: PA 1</b>
<b>Aprašymas:</b> atriktų duomenų importavimas.		
<b>Pagrindimas:</b> duomenų importavimas yra vienas esminių procesų atliekamo tyrimo metu.		
<b>Šaltinis:</b> Programinės įrangos vartotojas, veiklos proceso tyrimo dokumentacija.		
<b>Tinkamumo kriterijus:</b> visų duomenų importavimas į duomenų bazę ir programinę įrangą nepažeidžiant jų vientisumo. Duomenys suskirstyti į kategorijas.		
<b>Užsakovo patenkinimas: 5</b>		<b>Užsakovo nepatenkinimas: 5</b>
<b>Priklausomybės:</b> nenumatyta		<b>Konfliktai:</b> nenumatyta
<b>Papildoma medžiaga:</b> [11]		
<b>Istorija:</b> sukurtas 2015 03 08		

<b>Reikalavimas: 2</b>	<b>Reikalavimo tipas:9</b>	<b>Įvykis/panaudojimo atvejis: PA5</b>
<b>Aprašymas:</b> kontaktų tinklo modelio generavimas		
<b>Pagrindimas:</b> sugeneruoto modelio rezultatai nagrinėjami mobilaus įrenginio tyrimo procese.		
<b>Šaltinis:</b> Vartotojas.		
<b>Tinkamumo kriterijus:</b> automatinis tinklo struktūros generavimas pagal pasirinktus duomenų sluoksnius.		
<b>Užsakovo patenkinimas: 5</b>		<b>Užsakovo nepatenkinimas: 5</b>
<b>Priklausomybės:</b> nenumatyta		<b>Konfliktai:</b> nenumatyta
<b>Papildoma medžiaga:</b> nenumatyta		
<b>Istorija:</b> sukurtas 2015 03 08		

<b>Reikalavimas: 3</b>	<b>Reikalavimo tipas:9</b>	<b>Įvykis/panaudojimo atvejis: PA3</b>
<b>Aprašymas:</b> duomenų filtravimas pagal pasirinktus duomenų tipus.		
<b>Pagrindimas:</b> duomenų filtravimas leidžia sluoksniuoti duomenų srautus ir nagrinėti ryšius tarp kontaktų priklausomai nuo atitinkamos informacijos srautų.		
<b>Šaltinis:</b> Užsakovas		
<b>Tinkamumo kriterijus:</b> pateiktos filtrų kategorijos, kurias pasirinkus į modelio tyrimo rezultatus įtraukiami atitinkami duomenų sluoksniai.		
<b>Užsakovo patenkinimas: 5</b>		<b>Užsakovo nepatenkinimas: 5</b>
<b>Priklausomybės:</b> nenumatyta		<b>Konfliktai:</b> nenumatyta
<b>Papildoma medžiaga:</b> nenumatyta		
<b>Istorija:</b> sukurtas 2015 03 08		

## NEFUNKCINIAI REIKALAVIMAI

<b>Reikalavimas: 1</b>	<b>Reikalavimo tipas:10</b>	<b>Įvykis/panaudojimo atvejis: PA5</b>
<b>Aprašymas:</b> duomenų modelio vaizdavimas		
<b>Pagrindimas:</b> duomenų ryšių informacijos kiekis yra labai didelis, todėl reikalingas duomenų struktūros modelio atvaizdavimas pateikiantis svarbiausius duomenų struktūros požymius.		
<b>Šaltinis:</b> vartotojas		
<b>Tinkamumo kriterijus:</b> programinė įranga pateikia grafo modelį, generuojamą pagal importuotus duomenis. Modelį sudaro mazgai ir briaunos. Briaunos svorį atitinka briaunos storis. Skirtinga spalva išskiriami mobiliųjų įrenginių savininkų informacija.		
<b>Užsakovo patenkinimas: 5</b>		<b>Užsakovo nepatenkinimas: 3</b>
<b>Priklausomybės:</b> nenumatyta		<b>Konfliktai:</b> nenumatyta.
<b>Papildoma medžiaga:</b> nenumatyta		
<b>Istorija:</b> sukurtas 2015 03 08		

<b>Reikalavimas: 2</b>	<b>Reikalavimo tipas:10</b>	<b>Įvykis/panaudojimo atvejis: PA1,2,5</b>
<b>Aprašymas:</b> informacijos vientisumas turėtų būti išlaikomas duomenų nuskaitymo metu. Atidarius failą operacinės sistemos programa ir jį modifikavus turėtų būti pažymimas neatitikimas programoje.		
<b>Pagrindimas:</b> informacijos vientisumas yra pagrindinis argumentas teisiniuose procesuose.		
<b>Šaltinis:</b> informacijos tyrimų specialistas		
<b>Tinkamumo kriterijus:</b> sistemos duomenys turi vienareikšmiškai atitikti vartotojo įrenginyje esančiai informacijai.		
<b>Užsakovo patenkinimas: 3</b>		<b>Užsakovo nepatenkinimas: 5</b>
<b>Priklausomybės:</b> nenumatyta		<b>Konfliktai:</b> nenumatyta.
<b>Papildoma medžiaga:</b> nenumatyta		
<b>Istorija:</b> sukurtas 2014 11 19		