



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

**Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo
mobiliesiems įrenginiams**

Baigiamasis magistro studijų projektas

Deimantė Zemeckytė

Projekto autorė

Prof. Jevgenijus Toldinas

Vadovas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams

Magistro studijų projektas

Informacijos ir informaciniu technologijų sauga (621E10003)

Deimantė Zemeckytė

Projekto autorė

Prof. Jevgenijus Toldinas

Vadovas

Doc. Statys Maciulevičius

Recenzentas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Deimantė Zemeckytė

Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Deimantė Zemeckytė, baigiamasis projektas tema „Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams“ 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.

Deimantė Zemeckytė

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Deimantė Zemeckytė. Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams. Magistro baigiamasis projektas vadovas prof. Jevgenijus Toldinas; Kauno technologijos universitetas, informatikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Informacijos ir informacinių technologijų sauga (kodas 621E10003)

Reikšminiai žodžiai: mobilus telefonas, užmaskavimas, vietovė, Android, išmanusis įrenginys, jautri informacija, sekimas.

Kaunas, 2021. 85 p.

Santrauka

Išmaniųjų telefonų naudojimas kiekvienais metais tik didėja. Mes juos naudojame ne tik tam, kad galėtume paskambinti ar kitaip susisiekti su draugais ar artimaisiais. Šie įrenginiai praktiškai tapo mūsų gyvenimo dalimi, su jais mes naršome internete, susirandame artimiausia kavinę, žaidžiame žaidimus, naudojames socialiniais tinklais, žiūrime filmus ar net fotografuojame. Visos šios plėtros dėka atsirado ir vietos nustatymo paslaugos, šios paslaugos naudodamos GPS, „Bluetooth“ ar bevielį tinklą gali vartotojui suteikti informacija apie jo esama vieta. Tačiau ši esama vieta dažniausiai yra pasiekama ne tik įrenginio vartotojui. Vartotojas naudodamasis šia integruota paslauga telefone labai ribotai gali kontroliuoti, kiek jo asmeninė buvimo vietos informacija gali būti atskleidžiama. Daugelis išmaniųjų telefonų programėlių, kurias naudoja vartotojai, automatiškai seka judesius erdvėje ir laike, o vartotojas parsiųsdamas ir įsirašydamas tokią programą jai duoda tiesioginį sutikimą prie savo globalios padėties nustatymo.

Darbe naudojama „Android“ atviro kodo operacinė sistema. Ši operacinė sistema yra bene labiausiai naudojama pasaulyje ir sukurta „Linux“ pagrindu. Sistema yra nuolatos atnaujinama, tačiau jai taip pat yra kuriamos ir programėlės, kurios talpinamos „Play Store“. Daugelis parsiųsiunčiamų programėlių visada prašo leidimo prie tokių įrenginio sričių, kurių dažnu atveju jos veikimui nė nereikia, tačiau nesuteikiant prašomų leidimų programėlė gali tiesiog neįsijungti.

Dažnu atveju vartotojas net ir suteikdamas leidimus programėlei pasiekti vieną ar kitą sritį nelabai supranta kur ši informacija bus panaudota. Tokiu atveju kai programėlė nori pasiekti vartotojo vietos informaciją tačiau vartotojas nenori atskleisti savo tikrosios vietos šiai programėlei galima naudoti vietos užmaskavimą.

Deimantė Zemeckytė. Method of Privacy Protection Against Location Detection for Mobile Devices. Master's Final Degree Project / supervisor prof. Jevgenijus Toldinas; Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Security of Information and Information Technology (Reference 621E10003).

Keywords: mobile phone, obfuscation, location, Android, smart device, sensitive information, tracking.

Kaunas, 2021. 85 p.

Summary

The use of smartphones is increasing every year. We do not just use them to call or otherwise connect with friends or loved ones. These devices have practically become a part of our lives, with them we surf the internet, find the nearest cafe, play games, use social networks, watch movies, or even take photos. As a result of all this development, location services have emerged, which can provide users with information about their current location via GPS, Bluetooth, or a wireless network. However, this existing location is usually not limited to the user of the device. With this integrated service, the user has very limited control over the extent to which his or her personal location information can be disclosed. Many of the smartphone apps used by users automatically track movements in space and time, and by downloading and installing an app, the user gives them direct consent to determine their global position.

In this work we use the Android open-source operating system. This operating system is probably the most widely used in the world and is based on Linux. The system is constantly updated, and apps that are hosted on the Play Store are also being developed. Many downloadable apps always ask for permission to areas of the device that often do not need it to work, but without giving the requested permissions, the app may simply not turn on.

In many cases, the user does not really understand where this information will be used, even when allowing the app to access one area or another. In this case, when the app wants to access the user's location information, but the user does not want to reveal their actual location, the app can use location masking.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	11
Įvadas	12
1. Privatumo apsaugos metodų nuo buvimo vietos nustatymo analizė	13
1.1. Asmeninės informacijos atskleidžiamos tinklo sekimo priemonėmis klasifikacija.	13
1.1.1. Asmens duomenų privatumo kategorijos.....	13
1.1.2. Informacijos atskleidimas ir vartotojų informuotumas.....	14
1.2. Tinklinės įrangos sekimo priemonės ir metodai	14
1.2.1. GPS	15
1.2.2. „Bluetooth“	15
1.2.3. Belaidis tinklas.....	15
1.2.4. Stebėjimas per socialinę žiniasklaidą naudojant geografinės vietos žymas	15
1.2.5. Dėvimų asmeninių priemonių saugumas	16
1.2.6. Vartotojų elgesio stebėjimas	20
1.2.7. Vietos nustatymo paslauga	21
1.3. Metodai skirti apsaugoti asmeninę informaciją nuo atskleidimo tinklinės įrangos sekimo priemonėmis.....	21
1.3.1. Privatumo išsaugojimo sistema mobiliosios informacijos rinkimui.....	22
1.3.2. Vietos privatumo išsaugojimo mechanizmai	24
1.4. Diferencinis geografinis maskavimo metodas	25
1.5. Vietos semantikos metodas.....	26
1.6. Vietos privatumo apsauga atsižvelgiant į vietą (L2P2 metodas).....	27
1.7. Išvados	29
2. Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams	30
2.1. Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo	30
2.2. Taškinės vietos užmaskavimo modelis	32
2.3. Kelionės maršruto užtemdymo modeliai	34
2.3.1. Atsitiktinio užtemdymo modelis.....	34
2.3.2. Bereikšmių maršruto taškų įterpimas.....	35
2.3.3. Eilės tvarkos užtemdymas.....	36
2.4. Išvados	38
3. Privatumo apsaugos metodo nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams prototipo realizacija	39
3.1. Eksperimentinio tyrimo įrankiai ir technologijos	39
3.2. Android programėlių leidimai.....	40
3.3. Vietos leidimai ir jų įgalinimai	42
3.4. Vietos maskavimas	44
3.5. K-anonimizavimo naudojimas maskavimui	45
3.6. Math.random() naudojimas maskavimui	45
3.7. Vietos maskavimo programėles struktūra.....	46
3.7.1. Vartotojo vietos stebėjimas.....	46
3.7.2. Taškinės vietos užfiksavimas.....	48
3.7.3. Judėjimo iš taško A į tašką B imitacija	49

3.8. Išvados	50
4. Privatumo apsaugos metodo nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams eksperimentinis tyrimas	51
4.1. Populiariausių maršrutų Lietuvoje užmaskavimo tyrimas naudojantis trimis programėlėmis.	52
4.2. Taškinės vietos eksperimentinis tyrimas.	54
4.2.1. Taškinės vietos eksperimentinis tyrimas naudojant k-anonimizacijos metodą.	54
4.2.2. Taškinės vietos užmaskavimo tyrimas naudojant math.random() metodą.	57
4.3. Maršruto užmaskavimo eksperimentinis tyrimas	58
4.3.1. Eilės tvarkos užtemdymo metodo eksperimentinis tyrimas.....	58
4.3.2. Atsitiktinio užtemdymo metodo eksperimentinis tyrimas	61
4.3.3. Bereikšmiu maršruto taškų įterpimo metodo eksperimentinis tyrimas.....	62
4.4. Eksperimentinio tyrimo rezultatų apibendrinimas	65
Išvados.....	66
Literatūros sąrašas.....	68
Priedai	70
1 priedas. Vietos užmaskavimo programėlių metodu tyrimo lentelės.	70
2 priedas. Maršruto užmaskavimo programėlių metodų tyrimo lentelės.....	77

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Vietos privatumo tipai, pagrįsti savybėmis ir grėsmėmis.....	14
2 lentelė: Įvairių dėvimų įrenginių saugos pažeidžiamumą ir saugos išpuolių analizė [8].....	19
3 lentelė. Programinė ir aparatinė įranga.....	51
4 lentelė. 20 taškinių vietų aplink Kauną.....	52
5 lentelė. 20 populiariausių maršrutų.....	53
6 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimo metodo teigiama nuspėjama reikšmė (angl. Positive predictive value) naudojant k-anonimizacijos metodą.....	55
7 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimo metodo teigiamos nuspėjamosios vertės santykis naudojant math.random() metodą.....	57
8 lentelė. Maršruto užmaskavimo metodo teigiama nuspėjamoji vertė naudojant eilės tvarkos užtemdymo metodą.....	60
9 lentelė. Maršruto užmaskavimo metodo teigiama nuspėjamoji vertė naudojant atsitiktinio užtemdymo metodą.....	61
10 lentelė. Maršruto užmaskavimo metodo teigiama nuspėjamoji vertė naudojant bereikšmių maršruto taškų įterpimo metodą.....	63
11 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Bolt“ programėlę ir k-anonimizacijos metodą.....	70
12 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Google maps“ programėlę ir k-anonimizacijos metodą.....	71
13 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Track Me“ programėlę ir k-anonimizacijos metodą.....	72
14 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Bolt“ programėlę ir math.random() metodą.....	73
15 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Google Maps“ programėlę ir math.random() metodą.....	75
16 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „MyTracks“ programėlę ir math.random() metodą.....	76
17 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Google maps“ programėle su eilės tvarkos užtemdymo metodu.....	77
18 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Google maps“ programėle su atsitiktinio užtemdymo metodu.....	78
19 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Google maps“ programėle su bereikšmiu maršruto taškų įterpimo užtemdymo metodu.....	79
20 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Bolt“ programėle su eilės tvarkos užtemdymo metodu.....	80
21 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Bolt“ programėle su atsitiktinio užtemdymo metodu.....	81
22 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Bolt“ programėle su bereikšmiu maršruto taškų įterpimo užtemdymo metodu.....	82
23 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „MyTracks“ programėle su eilės tvarkos užtemdymo metodu.....	83
24 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „MyTracks“ programėle su atsitiktinio užtemdymo metodu.....	83
25 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „MyTracks“ programėle su bereikšmiu maršruto taškų įterpimo užtemdymo metodu.....	84

Paveikslų sąrašas

1 pav. 10 populiariausių išmaniųjų laikrodžių saugumo pažeidimų analizės rezultatai. [8].....	18
2 pav. Bendroji duomenų kaupimo architektūra dėvimuose įrenginiuose. [8].....	19
3 pav. Elgesio stebėjimo išpuolis [11].....	21
4 pav. Mobiliosios informacijos rinkimo sistemos architektūra. [13].....	23
5 pav. Diferencinis geografinis maskavimo metodas [17]	25
6 pav. Anonimizacijos serverio veikimas	27
7 pav. L2P2 metodas	28
8 pav. Vartotojo-serverio modelis	30
9 pav. Asmens vietos informacijos apsaugojimo struktūros modelis.....	31
10 pav. Vietos apsaugos metodų požymių diagrama	32
11 pav. K-anonimizacijos proceso modelio interpretacija	33
12 pav. Atsitiktinio užtemdymo modelis A yra maršrutas, B užmaskuotas maršrutas	35
13 pav. Bereikšmių maršruto taškų įterpimo modelio struktūra. A tikrasis maršrutas. B užtemdytas maršrutas.	36
14 pav. Eilės tvarkos užtemdymo modelio struktūra. A tikrasis maršrutas. B užtemdytas maršrutas.	37
15 pav. „Android“ operacinės sistemos architektūra.....	40
16 pav. Leidimų suteikimas iki „Android 6.0 Marshmallow“	41
17 pav. Leidimų suteikimas nuo „Android 6.0 Marshmallow“	42
18 pav. „Programuotojo parinktys“ meniu įgalinimas	43
19 pav. Imituotos vietos programos nustatymas	44
20 pav. Užmaskavimo algoritmo pagrindinis principas	45
21 pav. Pirmasis programėlės langas.....	46
22 pav. Programėlės leidimų suteikimo diagrama.....	47
23 pav. Koordinačių vertimas į fizinį adresą.	47
24 pav. Gražinamos vietovės atvaizdavimas programėlėje.....	48
25 pav. Taškinės vietos užmaskavimas	49
26 pav. Judėjimo imitacijos užmaskavimas	49
27 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis.	55
28 pav. Vartotojo taškinės vietos užmaskavimas panaudojant k-anonimizacijos metodą.	56
29 pav. Vartotojo taškinės vietos užmaskavimas panaudojant random() funkcijos metodą.	56
30 pav. Bendras taškų bei klaidingai teigiamu ir tikrųjų teigiamų taškų santykis.	57
31 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis.	58
32 pav. Eilės tvarkos užtemdymo metodo pradinio taško atvaizdavimas emuliatoriuje.....	59
33 pav. Eilės tvarkos užtemdymo metodo maršruto tarpinio taško atvaizdavimas emuliatoriuje, kai laikoma kad maršrutas atitinka klaidingai teigiama rezultata.	59
34 pav. Programėlių ir eilės tvarkos užtemdymo metodo palyginimas.....	60
35 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis ir eilės tvarkos užtemdymo metodu.	60
36 pav. Programėlių ir atsitiktinio užtemdymo metodo palyginimas.....	61
37 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis ir atsitiktinio užtemdymo metodu.....	62
38 pav. Programėlių ir bereikšmiu maršruto taškų įterpimo metodo palyginimas.....	62
39 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis ir bereikšmiu maršruto tašku įterpimo užtemdymo metodu.....	63

40 pav. Užmaskuoto ir realaus maršruto galutinių taškų atvaizdavimas emuliatoriaus nustatymu lange bei „Google Maps“ programėlėje.	63
41 pav. Visų programėlių tikrieji teigiami rezultatai.....	64

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

GPS - Globali vietos nustatymo sistema (angl. Global Positioning System)

MAC adresas - Duomenų prieigos kontrolės adresas (angl. Media Access Control Address)

PIN - Asmeninis identifikavimo numeris (angl. Personal identification number)

SSID - Pagal IEEE 802.11 belaidžio tinklo standartą "paslaugų rinkinys" reiškia belaidžių tinklo įrenginių, turinčių tuos pačius parametrus, rinkinį. Taigi, SSID yra identifikatorius (vardas), kuris nurodo, į kokį paslaugų rinkinį (arba tinklą) prisijungti. (angl. Service Set Identifier)

DoS - Paskirstyta paslaugos trikdyimo ataka (angl. Distributed Denial of Service, DDoS)

BTLE - Bluetooth taupymo režimas (angl. Bluetooth Low Energy)

Ivadas

Mobilieji įrenginiai vaidina svarbią kasdienio gyvenimo dalį milijardams žmonių visame pasaulyje. Dėl globalios padėties nustatymo sistemos (angl. GPS) ir kitų lokalizacijos technologijų, įdiegtų mobiliajame įrenginyje, kurios bendradarbiauja su visur esančių belaidžiu ryšiu atsirado ir naujos vietos nustatymo paslaugos. Sparčiai tobulėjant įrenginiams vietos nustatymo technologijos taip pat įgavo didelį plėtros pagreitį. Vartotojas naudodamasis pagal jį individualizuotomis vietos nustatymo paslaugomis labai ribotai gali kontroliuoti, kiek jo asmeninė buvimo vieta gali būti atskleidžiama ir su kuo paslaugų tiekėjai gali ją pasidalinti. Todėl šios paslaugos naudojimas kartais gali ne tik padėti susigaudyti žemėlapyje bet ir tapti priešu, kuris šią jautrią informaciją apie vartotojo vietą gali atskleisti tretiesiems asmenims.

Nors vietos nustatymo paslaugos teikia vis labiau patobulintas funkcijas, jos taip pat atveria ir naujas pažeidžiamumą galimybes, kurios gali būti panaudotos siekiant sukelti saugumo ir privatumo pažeidimus. Tiesa sakant, vietos nustatymo paslaugų vartotojai pirmiausia turi patys matyti vietas, kurias pateikia vietos tiekėjai (ang. Location Provider).

Norint apsisaugoti nuo mobiliojo įrenginio vietos nustatymo būtina naudoti užmaskavimo metodus, kurie leistų naudotis įrenginiu, nesuteikiant galimybės jo sekti. Tokiu būdu ši jautri informacija liktų apsaugota, o vartotojo vietos realiąją informaciją žinotų pats įrenginys tik iki tol, kol nebūtų įjungtas užmaskavimas

Magistrinio darbo tikslas – sukurti vartotojo vietos užmaskavimo programėlę mobiliesiems įrenginiams, kurios dėka vartotojai galės naudotis mobiliuoju įrenginiu nesuteikdamas galimybės sekto šio įrenginio realios vietovės.

Darbo tikslui pasiekti iškelti šie uždaviniai:

- Atlikti vartotojo vietos sekamumo analizę;
- Išsiaiškinti vartotojo vietos sekimo galimybes naudojantis mobiliųjų įrenginiu;
- Sudaryti privatumo apsaugos metodų nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams modelius;
- Remiantis sukurtais modeliais sukurti programėlės prototipą;
- Naudojantis sukurtu prototipu atlikti vartotojo vietos užmaskavimo eksperimentinį tyrimą.

1. Privatumo apsaugos metodų nuo buvimo vietos nustatymo analizė

Informacinės technologijos bei internetas padarė didelę įtaką žmogaus gyvenimui, tačiau saugumas bei asmeninės informacijos apsauga vis dar kelia didelį susirūpinimą vartotojams. Žvelgiant į technologijas vien tik jos negali pilnai apsaugoti ir užtikrinti saugią aplinką informacijai gyvuoti, čia atsiranda ir žmogiškasis faktorius. Vartotojas negali būti tikras, kad jo informacija yra apsaugota jei jis tuo nepasirūpina pats. Informacijos saugumo stoka, nežinojimas, nesidomėjimas, apatija bei aplaidumas yra pagrindinės vartotojų klaidos. Kiekvienas vartotojas nurodo galutinį tašką kompiuterio tinkle ar sistemoje, tad jei vartotojo elgesys neatitiks saugumo reikalavimų – tinklas nebus saugus. Saugus elgesys apima [1]:

- Reguliarių atsarginių kopijų darymą;
- Slaptažodžių keitimą;
- Skenavimą nuo virusų,
- Programų atnaujinimą,
- Nereikalingų prievadų išjungimą;
- Užkardų konfigūravimą.

Tačiau mažai tinklinės įrangos vartotojų žino ir naudojami šiomis galimybėmis. Dėl šių priežasčių dažniausiai jie tampa aukomis, o jų asmens duomenis tampa neapsaugoti ir laisvai pasiekiami.

1.1. Asmeninės informacijos atskleidžiamos tinklo sekimo priemonėmis klasifikacija.

Daiktų internetas pastaraisiais metais įgijo pagreitį ir prie interneto yra prijungiama vis daugiau įvairiausių prietaisų [2]. Tačiau saugumas, ypač privatumas ir pasitikėjimas, tebėra pagrindiniai iššūkiai. Tinklinės interneto programos, tokios kaip išmanieji namai, kurios savo jutikliais atpažįsta buvimą kambaryje ir kontroliuoja šviesą, renka informaciją asmeniškiausiose ir jautriausiose mūsų gyvenimo srityse. Be to, tokią asmenį identifikuojančią informaciją ne visada tvarko informacijos savininkas. Pavyzdžiui išmaniųjų namų įrangos tiekėjai dažnai kartu su savo prietaisais taip pat siūlo „debesų“ paslaugas. Palyginus su kitomis technologinėmis revoliucijomis, daiktų internetas daro didesnę poveikį privatumui. Pirmiausia keitimasis asmeniniais duomenis daiktų internete nėra aiškiai ir tiksliai reglamentuotas, be to daiktų internetas įsiskverbia į mūsų gyvenimą naudojant jutimo ir veikimo prietaisus namuose bei prietaisuose, kuriuos mes dažnai nešiojamės su savimi.

1.1.1. Asmens duomenų privatumo kategorijos

Asmens duomenų privatumą galima suskirstyti į 4 kategorijas [3]:

- Informacijos privatumas: tai apima duomenų, kuriuose gali būti asmenį identifikuojančią informaciją, tokie kaip medicinos įrašai, banko duomenų ataskaitos, įvairūs valstybinių institucijų dokumentai
- Kūno privatumas: tai žmonių apsauga nuo fizinio įsiveržimo į jų privatumą. Kaip pavyzdys narkotiku ir genetiniai testai.
- Ryšių privatumas: tai vartotojų apsauga nuo visų rūšių komunikacijos perėmimo. Perėmimas gali būti susijęs su elektroninio pašto pasisavinimu, susirašinėjimu stebėjimu, mobilaus telefono perėmimu.
- Teritorinis privatumas: tokiu būdu turi būti apsaugotas vartotojo namų, darbo ar viešosios erdvės adresas esant joje.

Taip pat galime klasifikuoti prevencijos metodus:

- *Tapatybės privatumas*. Šiuo metodu bandoma užkirsti kelią pakartotiniam vartotojų identifikavimui vietos nustatymo paslaugomis, kurios teikia anonimines paslaugas.
- *Vietos privatumas*. Šis metodas taikomas siekiant užkirsti kelią tikslų vartotojo pozicijų perdavimui vietos nustatymo paslaugų tiekėjams. Tiksliai žinant asmens buvimo vieta kyla pavojus jų privatumui ir fiziniam saugumui.
- *Reikšminių vietovių privatumas*. Šiuo būdu siekiama užkirsti kelią vartotojų vietų, kuriuose jis apsistoja ar dažnai lankosi, privatumą. Šių vietų atskleidimas gali užpuolikams pateikti neskelbtinus duomenis ar vartotojo elgesio informaciją.

1 lentelė. Vietos privatumo tipai, pagrįsti savybėmis ir grėsmėmis

	Privatumo savybės	Grėsmės privatumui
Griežtas privatumas	Konfidencialumas Neatsiejamumas Anonimiškumas ir slapyvardžiai Tikėtinas ne informuotumas Neaptinkamumas ir nepastebimumas	Informacijos atskleidimas Ryšys Identifikavimas Nepaneigimas Aptikimas
Lengvas privatumas	Turinio supratimas Politikos ir sutikimo laikymasis	Turinio nežinojimas Politikos ir sutikimo nesilaikymas

1.1.2. Informacijos atskleidimas ir vartotojų informuotumas

Atsiradus internetui, išmaniesiems telefonams, socialiniams tinklams pastebima, kad asmenys savanoriškai atskleidžia asmeninę informaciją įvairiomis formomis. Tai kelia svarbius asmens privatumo ir pilietinių laisvių klausimus. Šiuos susirūpinimus dar labiau padidina sparti išmaniųjų technologijų plėtra. Begalės naujai atsirandančių technologijų, tarp jų ir vietos nustatymo paslaugos atsiradimas, padidina poreikį giliau ir išsamiau tirti informacijos privatumo problemą. Dabartiniai informacinių sistemų tyrimai rodo mišrų informacijos privatumo aiškinimą [4].

Įvairiose informacinių sistemų literatūros apžvalgose informacijos saugumo klausimas yra aptariamas labai skirtingai ir nėra vieno apibrėžimo kaip informacija būtų galima apsaugoti. Vieni teigia, kad informacijos saugumas yra glaudžiai susijęs su informacijos privatumu. Kiti pasisako, kad privatumas ir saugumas yra susijusios sąvokos, tačiau skiriasi internetinėje verslo aplinkoje, kur reikalingas saugumas, kad būtų galima sukurti privatumo jausmą atliekant elektroninės prekybos operacijas. Įrodyta, kad personalizavimas ir privatumas yra susiję tarpusavyje, ypač teikiant vietos nustatymo paslaugas.

1.2. Tinklinės įrangos sekimo priemonės ir metodai

Naujosios technologijos sudaro begalę galimybių stebėti šių technologijų vartotojus. Visuose telefonuose, planšetėse ar netgi kompiuteriuose yra įdiegti GPS, Bluetooth, belaidis tinklas, socialiniuose tinkluose egzistuoja geografinės vietos žymos, kurios atsiranda paviešinus kokią nors informaciją - nuotrauką ar įrašą [5]. Taip pat gali būti sekamas ir mūsų elgesys internetinėje erdvėje – kur ir kada mes prisijungėme, ar vietos ir laikas kartojasi, ką perkame, ko ieškome ir pan. [6]. Vartotojų stebėjimas taip pat gali būti vykdomas atliekant įvairias apklausas, skaitant jų dienoraščius – tačiau visą šią informaciją jau pateikia pats vartotojas.

1.2.1. GPS

Globalios padėties nustatymo (angl. GPS) sistemos įrenginiai bei išmanieji įrenginiai, kuriuose naudojamas GPS, leidžia tiksliai atsekti vartotojų judėjimą. Įrenginiai su GPS sistema leidžia tyrėjams nuolatos rinkti ir sekti didelės skiriamosios gebos duomenis, kurie gali parodyti judėjimą laike ir erdvėje per tam tikrą laiką. Daugybė išmaniųjų telefonų programų, kurias naudoja vartotojai, automatiškai seka judesius erdvėje ir laike, o vartotojas parsišūsdamas ir įsirašydamas tokią programą jai duoda tiesioginį sutikimą prie savo globalios padėties nustatymo. Tačiau sekimas naudojant GPS gali turėti ir savų trūkumų [6]. Žmogus žinodamas, kad yra sekamas gali keisti savo buvimo vietas, taip klaidindamas tyrėjus. Be to, signalai gali būti pažeisti įvairiose situacijose, pavyzdžiui, kai keliautojai yra patalpose, tankiai miškingose vietose arba labai urbanizuotoje aplinkoje, kur yra daugiaaukščių pastatų. Sekimo įtaisas taip pat gali būti paveiktas jei yra dedamas į rankinę ar automobilio bagažinę. Tačiau nepaisant šių trūkumų GPS sekimas turi daug privalumų, jis yra netrukdantis vartotojui ir labai tikslus, gali nuolat sekti asmenis, įskaitant jų greitį ir kryptingumą.

1.2.2. „Bluetooth“

Bluetooth stebėjimo metodikoje naudojamas belaidis Bluetooth signalas, kuris yra įdiegtas daugelyje mobiliųjų telefonų, o Bluetooth skaitytuvai yra diegiami lankytinose vietose. Šie skaitytuvai nuolatos ieško mobiliųjų telefonų skleidžiamų Bluetooth signalų ir registruoja kiekvieną aptikimą. Metodas yra pagrįstas artumo principu [7]. Vadinasi, kad prietaiso vieta apytiksliai nustatoma pagal skaitytuvo vietą, jei įrenginį aptinka tam tikras skaitytuvas tai yra registruojama to skaitytuvo žurnale. Kelias gali būti rekonstruotas sujungiant visų skaitytuvų žurnalus, prie kurių pridedamas kiekvieno skaitytuvo buvimas kaip įrenginio vieta. Bluetooth metodika palengvina vartotojų sekimą. Dalyviai nežino, kad bus sekami ir jiems nereikia investuoti jokių pastangų įsirašant programėles. Tai taip pat reiškia, kad šis metodas neturės jokios įtakos jų elgesiui. Taigi Bluetooth stebėjimas įgalina nešališkus eksperimentus ir nepaveiktus stebėjimus. Tačiau tai nereiškia, kad vartotojai turi būti visada sekami ir negalima jų atsekti. Individualus identifikavimas įmanomas perregistruojant unikalų įrenginio laikmenos (angl. MAC) adresą.

1.2.3. Belaidis tinklas

Vartotojo vietos stebėjimas naudojant belaidžio tinklo signalus yra labai panašus į Bluetooth metodą. Abu metodai naudoja unikalų tinklo plokštės adresą, kad identifikuotų asmenis, o dauguma pranašumų ir trūkumų yra taikomi ir belaidžio tinklo atveju. Ta pati informacija yra užfiksuojama naudojant Bluetooth ir belaidį tinklą. [7] Tačiau palyginus su Bluetooth belaidžio tinklo tikslumas gali būti mažesnis, nes Bluetooth yra labiau skirtas ir pritaikytas mažo nuotolio belaidžiams ryšiams. Be to žmonės gali nepasitikėti nemokamais bevielio tinklo pasiūlymais esant toliau nuo namų ir tiesiog prie jų nesijungti, be to jie gali naudotis ir mobiliuoju plačiajuosčiu ryšiu, o Bluetooth kol kas alternatyvų, bent jau esančių tame pačiame įrenginyje, neturi. Tai lemia išvadą, kad Bluetooth sekimas yra pranašesnis. Tačiau įjungto ir prieinamo belaidžio tinklo aptikimo santykis yra didesnis. Taigi abi technologijos yra labai panašios tuo, kad naudoja tą patį metodą sekimui, tačiau vienur ir su vienais vartotojais gali būti naudojamas belaidžio tinklo metodas na, o kitur Bluetooth.

1.2.4. Stebėjimas per socialinę žiniasklaidą naudojant geografinės vietos žymas

Socialinės žiniasklaidos vartotojai labai gausiai naudojami geografinės vietos žymomis įkeldami vaizdo įrašus, nuotraukas, siūsdami ar skelbdami žinutės savo socialinių tinklų paskyroje. „Facebook“, „Twitter“ ir „Instagram“ yra integruojant geografinių vietų žymėjimo funkciją tarp savo pagrindinių

funkcijų. Šie skaitmeniniai pėdsakai leidžia socialinės žiniasklaidos vartotojams nurodyti geografinę vietą bei ją pasidalinti su savo draugais. Tokių svetainių kaip „Facebook“ ir „Instagram“ reikšmė vartotojų gyvenimui tik didėja ir didės toliau. Tačiau čia slypi gana rimtos pasekmės vartotojų privatumui. Tyrimo požiūriu šis geografinės padėties pateikimas atvėrė naujas galimybes žmonių sekimui [6]. Žvelgiant į vieną socialinių tinklų geriau žinomų Amerikoje „Flickr“, kurio paskirtis nuotraukų publikavimas internete, galime pastebėti, kad šis tinklas pasiekė daugiau nei 500 000 nuotraukų su geografiškai pažymėtomis vietomis. Taigi norint išsiaiškinti vartotojo keliavimą mums tereikia identifikuoti vartotoją, atsisiųsti geografines koordinatas ir sudėlioti nuotraukas eilės tvarka pagal datą. Tokiu būdu sukursime išsamų vartotojo lankomų vietų žemėlapi. Tačiau tokiu būdu yra sekami tik socialiniuose tinkluose aktyvūs vartotojai ir labiau banalios vietos (viešbučiai, parduotuvės, tualetai, degalinės) atliekant tokį vartotojų sekimą tampa nematomi. [6]

1.2.5. Dėvimų asmeninių priemonių saugumas

Naujausios technologijos elektroninių prietaisų srityje yra dėvimos technologijos. Jos yra sukurtos pačių įvairiausių formų, pavyzdžiui akiniai, apyrankės, laikrodžiai. Jos ne tik gali atlikti pagrindinę savo funkciją, ką daro išmanieji telefonai, bet taip pat gali atlikti papildomas funkcijas ir vartotojui teikti informaciją realiuoju laiku. Dėvimos technologijos pasižymi šiomis savybėmis [8]:

- laisvų rankų įranga – vartotojai naudodamiesi dėvimomis technologijomis nevaržomai gali atlikti ir kitus darbus;
- galimybė būti visada pasiekiamu – sistema yra reaguojanti, nes ji visada yra įjungtos būsenos ir vartotojas, bet kada gali ją valdyti;
- komunikacija – dėvimos technologijos visada yra prijungtos prie belaidžio tinklo ir informacija galima keistis realiuoju laiku;
- dėmesio patraukimas – jie gali vartotojui suteikti nuolatinį perspėjimų, pranešimų ar priminimų gavimą;
- suprantantis aplinką – dėvimos technologijos atpažįsta aplinką ir yra multimodalinės ir multijutiklinės.

Nešiojami jutikliai dažnai yra derinami su kitais jutikliais, kad būtų galima aptikti žmogaus kasdienio gyvenimo veiksmus, tokius kaip vaikščiojimas, bėgimas, sėdėjimas ar valgymas. Dėvimuose įrenginiuose naudojami skirtingi jutikliai atsižvelgiant į tai, kokia veiklos stebėjimo informacija bus renkama. Akselerometras ir giroskopas yra inercinio matavimo vieneto jutikliai, kurie dažniausiai yra naudojami dėvimuose įrenginiuose. GPS yra vietos jutiklis, kuris plačiai naudojamas navigacijai. Daugelyje nešiojamų daiktų yra integruota GPS sekimo sistema, kuri skirta nustatyti asmens vietą. GPS nustato vietą naudodamas laštelių bokštų trikampi arba belaidžius tinklus, naudojant žinomos vietos duomenų bazę. Mikrofonas – akustinis jutiklis, kuris garsą paverčia elektriniu signalu. Daugelyje nešiojamų technologijų yra integruotas balso jutiklis aktyvumui aptikti.

„GoogleGlass“

Google akiniai yra vienas iš pirmųjų dėvimų įrenginių, kurie pradėjo šių įrenginių augimą. Akiniai yra dėvimi kaip įprasti akiniai, o jų rėmuose yra įmontuotas kompiuteris, suteikiantis daugybę naujovių, leidžiančių žmonėms gyventi linksniau. Tačiau daugelis šaltinių tvirtina, kad „GoogleGlass“ gali kelti pavojų dėvėjusių žmonių saugumui ir privatumui. Šie akiniai šiuo metu neturi pakankamai saugios PIN sistemos ar autentifikavimo priemonės [8]. Be šių problemų „GoogleGlass“ taip pat kelia pavojų vartotojų privatumui, nustatyta, kad nuotraukas ir vaizdo įrašus galima įrašyti be vartotojo sutikimo, o

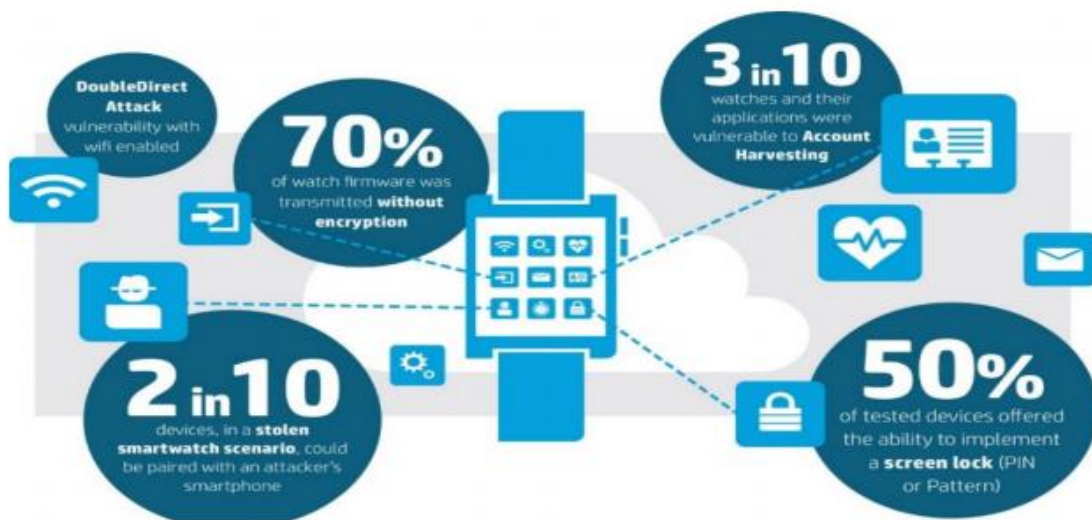
tai pažeidžia žmonių privatumą [9]. Dar įdomiau yra tai, kad šių akinių išleidimo metu buvo keletas realių atvejų, susijusių su šių akinių pažeidžiamumu. Buvo atskleista rimta saugumo spraga, kai šie akiniai skenuodami greito reagavimo (QR) kodą prisijungia prie priešiško belaidžio tinklo prieigos taško ir kažkas nuotoliniu būdu gali įgyti prieigą prie šio įrenginio bei jį valgyti [8]. Šią klaidą ištaisius atsirado kita spraga, taip pat leidžianti užgrobti įrenginio belaidį tinklą. Pirmiausia nustatomas belaidžio tinklo prieigos taško pavadinimas, prie kurio įrenginys jau buvo prisijungęs, tada panaudojant šį pavadinimą ir paslaugų rinkinio identifikatorių (SSID) apsimetama šiuo tinklu [8]. Įrenginys matydamas, kad prie šio tinklo jau buvo prisijungęs jungsis dar kartą, o tai greičiausiai bus užkrėstas tinklas.

„Fitbit“ įrenginiai

„Fitbit“ yra žinomas kaip išmanusis produktas, kuris yra nešiojamas ant rankos riešo kaip apyrankė ar laikrodis ir žmogui suteikia galimybę stebėti įvairias savo veiklas. Jame pateikiamas aktyviai praleistas laikas, nueitų žingsnių skaičius, miego kokybė ir kiti asmens sveikatos rodikliai kaip širdies ritmas ar kūno temperatūra. Tačiau viena didžiausių „Fitbit“ spragų yra autentifikavimo klausimas, dėl kurios įsilaužėlis gali lengvai gauti duomenis iš vartotojų jiems nesuteikus jokio sutikimo [10]. Šiam teiginiui įrodyti buvo sukurtas įrankis pavadinimu „FitBite“ kuris sukėlė keletą išpuolių prieš šias išmaniąsias apyrankes. Šis įrankis atliko DoS ir akumuliatorių iškrovimo atakas bei įvairių duomenų įkėlimo į „Fitbit“ įrenginį ataką. Rezultatai parodė, kad įrenginys yra lengvai pažeidžiamas ir netgi gali leisti įsilaužėliams užgrobti įrenginį bei manipuluoti jame esančiais duomenimis, o už įrenginio išvalymą ir atgavimą netgi galima prašyti piniginio atlygio [8]. Taip pat „Fitbit Flex“ yra pažeidžiamas dėl savo BTLE (Bluetooth energijos taupymo) technologijos, nes jis nepakeitė privatumo adreso arba tinklo plokštės adresas liko tas pats ir jį galima lengvai sekti. Dėl šių priežasčių „Fitbit“ įrenginiai kelia pavojų vartotojų privatumui, kadangi įsilaužėliai gali sekti vartotojų buvimo vietas, matyti jų aplankytas vietas, siųsti netikrus laiškus, kuriuose siūloma nuoroda, kuri dažniausiai būna susijusi su šnipinėjimo programomis ar virusais.

Samsung išmanieji laikrodžiai

Išmanieji laikrodžiai yra dar vienas nešiojamas įrenginys, turintis svarbių novatoriškų funkcijų, palengvinančių žmonių kasdienį gyvenimą. Šis įrenginys sulaukė savo populiarumo dėl to, kad jį galima susieti su išmaniuoju telefonu ir visi gaunami pranešimai ar svarbūs perspėjimai bus gaunami tiesiai į laikrodį esantį ant rankos. Taip pat galima stebėti savo žingsnius, plaukimo atstumą, sudegintas kalorijas, aktyviai praleistas minutes bei miego įpročius.



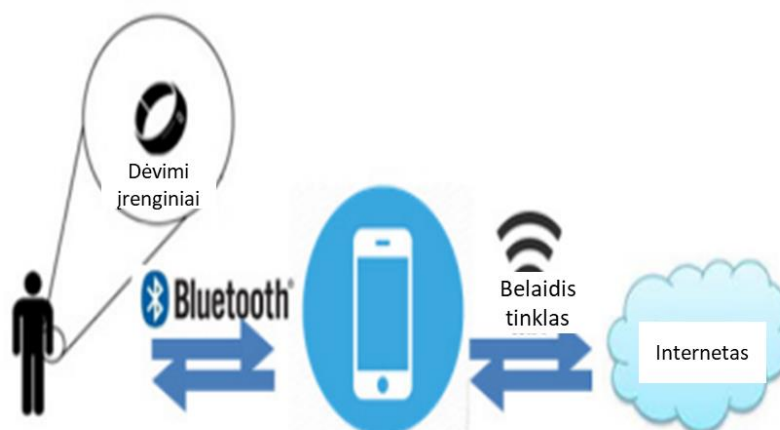
1 pav. 10 populiariausių išmaniųjų laikrodžių saugumo pažeidimų analizės rezultatai. [8]

Tačiau remiantis naujausiu HP tyrimu, kuriame išanalizuoti 10 populiariausių išmaniųjų laikrodžių esančių rinkoje, nustatyta, kad šie įrenginiai taip pat turi reikšmingų pažeidžiamumų, įskaitant autentifikavimo, šifravimo ir privatumo problemas. Pavyzdžiui 70% laikrodžių programinės įrangos buvo pateikta be šifravimo. 3 iš 10 laikrodžių buvo pažeidžiami dėl savo paskyros, kurioje yra per silpni slaptažodžiai ar išvis nėra paskyros užrakinimo. Tik 50 % patikrintų prietaisų suteikė galimybę įdiegti ekrano užraktą PIN kodu ar šablonu [8]. Rumunijoje įsikūrusio „Bitdefender“ tyrėjai sukūrė metodą įrodanti „Samsung Gear Live Smartwatch“, suporuotą su „Google Nexus 4“ galimą nulaužimą. Rezultatas parodė, kad šešių skaitmenų PIN kodas ir „Bluetooth“ ryšys tarp dviejų suporuotų įrenginių nėra saugus ir jį galima lengvai iššifruoti naudojant bet kurį atvirojo kodo šnipinėjimo įrankį [8]. Taigi, neturint stiprios autentifikavimo sistemos kyla pavojus saugumui ir privatumui. Be to, vartotojui netgi nereikia atrakinti išmaniojo laikrodžio, todėl duomenis iš kompiuterio galima pasiekti be autentifikacijos. Atlikus atrinktų nešiojamų įrenginių saugos analizę saugos pažeidžiamumai ir įrenginių puolimo atakos yra apibendrinti ir išvardinti 1 lentelėje.

2 lentelė: Įvairių dėvimų įrenginių saugos pažeidžiamumų ir saugos išpuolių analizė [8]

Dėvimi įrenginiai	Saugumo pažeidžiamumas	Atakos
„GoogleGlass“	Nesaugi PIN sistema arba autentifikacija	Gestais pagrįsta autentifikavimo sistema, kurią gali matyti ir įsiminti netoliese esantys žmonės.
	Privatumas: nuotraukas ir vaizdo įrašus galima įrašyti be vartotojo sutikimo ar leidimo stebėti akių judesius.	Įsiklausymas ir šnipinėjimas
	Belaidžio tinklo ryšys yra priklausomas nuo QR kodo	QR kenkėjiška programa prieš veidus: nuotraukas ar vaizdo įrašus
	Nesaugus tinklas ir gana priešiška aplinka	Wi-Fi užgrobimas, seanso užgrobimas ar šnipinėjimas
„Fitbit Devices“	Autentifikacijos stoka	Duomenų įkėlimo ataka, DoS ataka ir akumuliatorių iškrovos nulaužimas
	Nesandari BTLE („Bluetooth Low Energy“) technologija	Galimas lengvas sekimas
	Privatumas: galima sekti vartotojų buvimo vietą ar jų aplankytas vietas	Sukčiavimas
„Samsung Smartwatch“	Autentifikavimo mechanizmas nėra pakankamai saugus	Brutalios jėgos ataka.

2 lentelė rodo, kad tarp pasirinktų analizuoti nešiojamų įrenginių yra vienas bendras saugumo pažeidžiamumas – autentifikavimas. Dar iš šios lentelės galime pastebėti kad neįdiegus tinkamo saugumo autentifikavimo prieš šiuos įrenginius gali būti panaudotos atakos kaip DoS ar brutali jėgos. Pavyzdžiui Samsung išmaniųjų laikrodžių analizė parodė, kad šį laikrodį galima iššifruoti ir lengvai gauti prieigą prie prietaiso naudojant brutali jėgos išpuolį.



2 pav. Bendroji duomenų kaupimo architektūra dėvimuose įrenginiuose. [8]

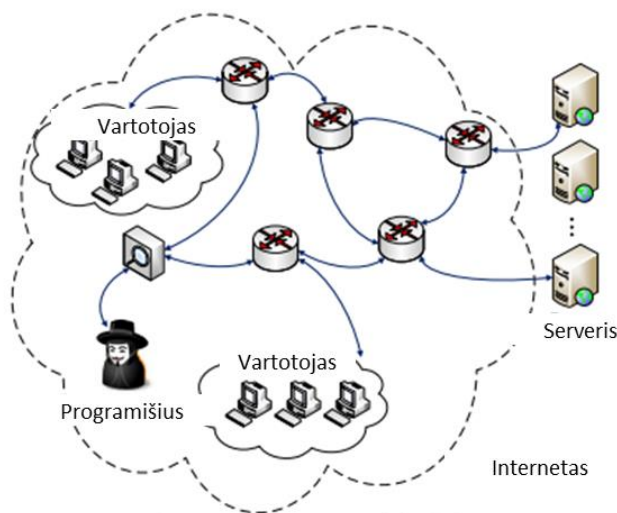
Dažniausiai pasitaikantys saugumo pažeidžiamumai, kuriuos galima aptikti dėvimuose įrenginiuose būdingi vykdant 2 paveikslėlyje parodytus veiksmus. Tokie veiksniai kaip nesaugus duomenų perdavimas Bluetooth ryšiu, programinės įrangos ryšys su debesimis per korinį ar belaidį tinklą,

nesaugus duomenų saugojimas debesyse, autentifikavimo trūkumas yra pagrindiniai dėvimų įrenginių saugumo pažeidžiamumai. Dar vienas nešiojamų technologijų pažeidžiamumas yra galimybė pamesti įrenginį. Šie įrenginiai dažniausiai yra labai maži ir tikimybė juos prarasti yra labai didelė. Taip susidaro galimybė, kad įrenginys patekęs į netinkamas rankas gali sukelti pavojų, jog jūsų asmens duomenys, kuriuos jūs laikėte konfidencialiais, bus nutekinti netinkamiems asmenims

Tobulėjant daiktų internetui, dėvimos technologijos populiarėja dėl jų suteikiamu galimybių ir patogumo vartotojams. Dėvimos technologijos siūlo įvairias funkcijas ir teikia duomenų ryšį realiu laiku, tačiau kartu kelia ir didesnę pavojų saugumui ir privatumui. Šie du pagrindiniai iššūkiai ir yra didžiausia dėvimu technologijų kliūtis norint įsitvirtinti rinkoje. Žmonėms rūpi dėvimų technologijų saugumas, jie nori apsaugoti savo duomenys, o kol kas šiomis technologijomis surinkti duomenys kaip asmens tapatybė, su sveikata susijusi informacija, kreditinės kortelės - gali būti atskleisti

1.2.6. Vartotojų elgesio stebėjimas

Duomenų perdavimo technologijos tampa vis labiau naudojamos. Vis daugiau ir daugiau svetainių yra kuriamos atsižvelgiant į augančius žmonių poreikius. Žmogus gali gyventi savo gyvenimą pasikliaudamas įvairiomis svetainėmis ir neišeinant iš namų apsipirkti, užsisakyti maistą, pramogas, bendrauti ar net dirbti. Tačiau šios įvairios svetainės gali atskleisti vartotojų privatumą. Pavyzdžiui kai vartotojas apsipirkinėja internete, visa kontaktinė informacija, vardas, pavardė, pristatymo adresas ir kredito kortelės numeris yra atskleidžiami svetainei. Turinio teikėjų požiūriu nebe naujiena, kad jie seka savo vartotojus slapukais [11]. Kai vartotojas lankosi šiose svetainėse, teikėjai juos pažymi unikaliu ID numeriu, tačiau vartotojas patekęs į tokią svetainę gauna įspėjimą, jog joje naršant jis bus sekamas. Kitą kartą, identifikuodami ID, jie susieja kelis to paties vartotojo seansus ir sukuria veiklos profilį, kuris gali būti perduodamas reklamuotojams – trečiosioms šalims. Netgi yra įrodyta, kad vidutinė vartotojo profilio kaina yra mažesnė nei 0,0005 USD. Be to, trečiųjų šalių interneto stebėjimo technologija dar labiau pablogina situaciją. Daugelis interneto vartotojų nežino apie trečiųjų šalių svetainių buvimą, todėl jie nežino kokių veiksmų galima imtis. Kita vertus, naudodamiesi slapukais ir prietaisų pirštų antspaudų, trečiųjų šalių paslaugų teikėjai gali koreguoti vartotojų veiksmus visose svetainėse. Be to, nustatyta, kad vartotojus galima sekti pagal jų elgesį internete. Manoma, kad asmens aplankytos svetainės tam tikru mastu atspindi jo pomėgius ir įpročius, o toks elgesys gali būti reguliariai kartojamas tam tikrą laiką [11]. Atsižvelgiant į asmeninius vartotojų įpročius elgesys žiniatinklyje yra nekintanti savybė, leidžianti klasifikuoti skirtingus vartotojus. O užpuolikui tereikia pasyviai šniukštinėti aukos generuojamą srautą, pavyzdžiui saugoti informaciją savo kompiuteryje, o ne bendrauti su juo. Dėl to, auka net neįsivaizduoja, kad yra sekama. Norint apsisaugoti nuo elgesio stebėjimo išpuolio vartotojai gali išjungti slapukus, „Flash“, „JavaScript“, tačiau dažniausiai išjungus juos visus naršymas svetainėje tampa nebesuprantamas arba netgi neveiksnius. Taip pat patogus sprendimas naudoti anonimizacijos įrankį kaip „Tor“ naršyklė.



3 pav. Elgesio stebėjimo išpuolis [11]

Taip pat stebėtojas gali vykdyti srauto analizės išpuolius, susijusius su vartotojų elgesiu, ir susieti kelis to paties vartotojo inicijuotus seansus, pagal jiems būdingus modelius. 1 paveikslėlyje matomas elgesio stebėjimo metodas naudojamas puolimams. Šiame metode užpuolikas įgyvendina elgesio principais pagrįsta stebėjimą vien tik remdamasis tinklo srautu. Manoma, kad užpuolikas gali pasyviai stebėti ir fiksuoti vartotojų srautą, nežinodamas jų tikrosios tapatybės. Užpuolikas gali būti kokio nors LAN tinklo administratorius, kuris gali fiksuoti visą srautą. Yra daromos prielaidos, kad kiekvieno vartotojo IP adresas per nustatytą laiką yra nekeičiamas ir visą srautą, kurį šiuo laikotarpiu sukuria tas pats IP adresas, galima apibendrinti kaip sesiją.

1.2.7. Vietos nustatymo paslauga

Dėl sparčios šiuolaikinių išmaniųjų įrenginių, bevielio ryšio ir padėties nustatymo technologijų plėtros pažangos per pastarąjį dešimtmetį vietos nustatymo paslaugos įgijo labai didelį populiarumą ir yra sparčiai populiarėjančios su veikla susijusios paslaugos, kuriomis naudojasi mobiliųjų įrenginių vartotojai. Naudotojai turintys mobiliuosius įrenginius su vietos nustatymo galimybėmis kaip GPS, gali užduoti užklausas vietos nustatymo paslaugų tiekėjams (angl. location service provider) ir matyti atitinkamus paslaugų duomenis [12]. Įprasti šių duomenų pavyzdžiai yra navigacijos informacija ir tiesioginio eismo ataskaitos, artimiausių restoranų ar kavinių pateikimas, nuolaidos iš netoliese esančių parduotuvių ar kitų istaigų. Kadangi vietos nustatymo paslauga nėra pilnai patikima, dėl vartotojo pateiktu užklausa gali būti atskleista neskelbtina informacija apie jį, tokia kaip tapatybė, tiksli vieta ar susidomėtas objektas. Nusikaltėlis patekęs į tokios sistemos vidų gali analizuoti duomenis ir sekti vartotojo trajektoriją, kad būtų galima nustatyti jo tapatybę. Vietos nustatymo paslaugos siūlo įvairias galimybes ir iššūkius tiek vartotojams tiek vietos nustatymo paslaugų tiekėjams. Pagrindinė problema yra vartotojų privatumo išsaugojimas, kai jie naudojami vietos nustatymo paslaugomis.

1.3. Metodai skirti apsaugoti asmeninę informaciją nuo atskleidimo tinklinės įrangos sekimo priemonėmis

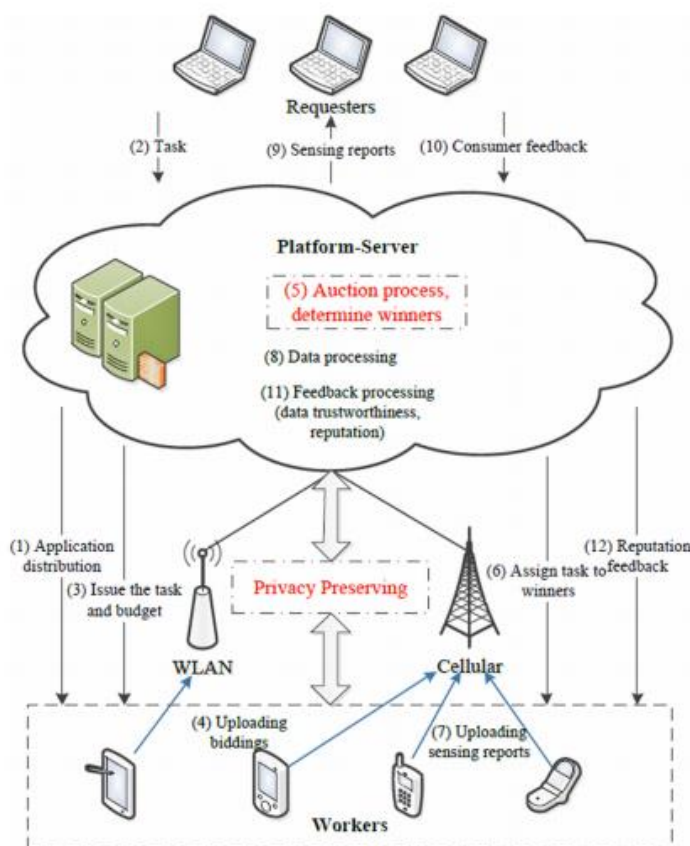
Šiais laikais dauguma žmonių turi mobiliuosius įrenginius, kurie savo esamą vietą gali matyti realiuoju laiku. Vietos nustatymo paslaugos požiūriu ši pažanga yra labai naudinga ir suteikia patogumo kasdieniam žmonių gyvenimui. Tačiau dažnai vietos nustatymo paslaugos buvimas gali nutekinti asmeninę vartotojo informaciją ir pažeisti jo privatumą. Todėl buvo pasiūlyta begalės vietos privatumo

išsaugojimo metodų. Bendrąją prasme vietos privatumo išsaugojimo metodo tikslas yra nutraukti ryšį tarp vartotojų ir jų vietų. Pagrindinė šio metodo idėja yra užmaskuoti vartotojo tapatybę ir užmaskuoti jo koordinatas, atitinkamai pakeičiant juos slapyvardžiais bei platesnėmis vietovėmis kaip regionai. Nors vietos privatumo išsaugojimo metodai egzistuoja, prieš asmens vietos privatumą vyksta labai daug išpuolių ir užpuolikai vis dar gali susieti vartotojus su jų buvimo vietomis, ypač kai yra tiriamas vartotojų pagrindinė informacija – greitis, užimtumas. Egzistuojančios literatūros aprašymuose išpuoliai dažniausiai yra nukreipti į tai kur vartotojai lankėsi. Būtent tai, kas iš tikrųjų yra įdomu užpuolikai, kalbant apie vietos privatumą, yra tai, ką vartotojas atliko savo judesio metu, kitaip sakant jiems įdomi vartotojo veikla.

Pasiūlyta daugybė metodų, kaip užpildyti spragą tarp to, kur vartotojai lankėsi ir kokia veikla jie užsiima [12]. Įvesta lankytinų vietų (Pol) koncepcija, nurodanti vietas kur vartotojas gali sustoti ir kokia veikla gali užsiimti. Vėliau yra išnaudojama tam tikros vietos semantika, kad būtų sugalvota galima veikla, kuria vartotojas gali atlikti toje vietoje. Pavyzdžiui ligoninėje atlikti tyrimus, universitete laikyti egzaminus ir pan. Kadangi lankytinos vietos, tokios kaip prekybos centrai, paprastai turi begalę galimų juose atlikti veiksmų (kinas, rūbų ar batų parduotuvės, kavinės, restoranai) tikimybės pasiskirstymas pagal vietą yra išgaunamas siekiant sumažinti netikrumą dėl tikrosios vietos. Taigi, nors lankytini objektai ir juose galimi atlikti veiksmai yra gana gausiai aprašyti literatūroje, jų nepakanka tiksliai nustatyti vartotojo veiklą. Užpuolikas vis dar turi didelę tikimybę, kad jis bus neteisis, nes toks statistinis vartotojų veiklos paskirstymas nesvarsto atskirų vartotojų apsilankymo tikslų.

1.3.1. Privatumo išsaugojimo sistema mobiliosios informacijos rinkimui

Asmeninė informacija nurodo informaciją, kurią asmuo nenori atskleisti. Ši informacija apima žmogaus elgesio modelį, pomėgius, vietoves, fizinę būklę ir pan. Vietovės privatumas parodo asmens buvimo vietos informaciją arba kitą susijusią informaciją kaip namų adresą, darbo vietą, gyvenimo įpročius ir dar daugiau. Ši informacija gali būti išskaičiuota iš asmens buvimo vietos informacijos. Todėl privatumo išsaugojimo mechanizmas turėtų izoliuoti neskelbtina vartotojų informaciją ir užkirsti kelią užpuolikams. Darbe [13] aptariama vieša mobiliosios informacijos rinkimo sistema (ang. crowdsourcing), vartotojų įsitraukimas ir su dalyvavimu susiduriamos problemos. Svarbiausia, kad sukurtas sistemos modelis, turėtų anonimiškai apdoroti vartotojo buvimo vietos informaciją, nes iš šios informacijos galima daug ką išskaičiuoti. 4 paveikslėlyje galime matyti autorių pasiūlyta mobiliosios informacijos rinkimo sistemos modelį. Šis modelis tiria aukcionų procesą išsaugodamas vartotojo privatumą. Siekiant įkvėpti žmones aktyviai dalyvauti labiausiai yra atsižvelgiama į privatumo išsaugojimo principą.



4 pav. Mobiliosios informacijos rinkimo sistemos architektūra. [13]

Reikėtų pabrėžti, kad vartotojų privatumo apsauga yra sudėtinga, todėl privatumo išsaugojimas naudojantis viešosiomis paslaugomis tapo svarbiu įvairių tyrimų objektu. Pagal vietovių privatumo išsaugojimo strategijas pagrindiniai metodai yra [13]:

- Fiktyvios buvimo vietos nustatymo metodas;
- Erdvinio laikino maskavimo metodas;
- Erdvinio šifravimo metodas.

Fiktyvios buvimo vietos nustatymo metodas. Siekiant apsaugoti vartotojo buvimo vietą naudojant fiktyvią buvimo vietą, platformoje yra skelbiama netikra vieta. Privatumo išsaugojimo lygis ir paslaugų kokybė yra siejama su atstumu tarp fiktyvios buvimo vietos ir tikrosios vietos. Kuo labiau atstumas tarp fiktyvios buvimo vietos ir tikrosios vietos didėja, tuo labiau paslaugų kokybė blogėja, tačiau didėja privatumo išsaugojimo lygis. Priešingai, jei atstumas tarp fiktyvios buvimo vietos ir tikrosios buvimo vietos mažėja, teikiamų paslaugų kokybė didėja, tačiau privatumo išsaugojimo lygis mažėja. Galima sakyti, kad fiktyvios buvimo vietos nustatymo metodas turi mažas skaičiavimo sąnaudas ir gerą paslaugų kokybę, tačiau taip pat yra žemas privatumo išsaugojimo lygis.

Erdvinio laikino maskavimo metodas perduoda erdvinį diapazoną, o ne tikrąją vartotojo vietą. Šis metodas padeda laikinai sumažinti vietos tikslumą, kadangi yra atsižvelgiama į visus vartotojus esančius toje pačioje vietoje tam tikru laiko intervalu, o ne tik vienu laiko momentu, be to anonimizuojamų vartotojų skaičius didėja [14]. Vartotojui uždavus užklausą ši yra užlaikoma ir yra stebima ar tuo pačiu laiko momentu šioje teritorijoje yra ir kitų vartotojų, teritorijos dydį nusako rezoliucijos parametras. Šis parametras nustato, kokių tikslumu gali būti pateikta vietos informacija. Laiko intervalas $[t_1, t_2]$ apskaičiuojamas taip: t_2 yra esamas laikas, t_1 vartotojo prašymo laikas atėmus

atsitiktinį maskavimo koeficientą. Šis atsitiktinis maskavimo faktorius yra svarbus, nes tiksli pirminė informacija galėtų būti gaunama iš t1. Tada yra gražinama suvestinė, kurioje yra erdvinė ir laiko informacija. Šio metodo pranašumas yra tas, kad paslaugų kokybė ir privatumo išsaugojimas kartu suteikia gerą pusiausvyrą, tačiau yra sunku pasiekti optimalų šio maskavimo metodo variantą.

Erdviniu šifravimo metodu anoniminis tikslas pasiekiamas užkoduojant vietą apimančia vartotoją ir mažiausiai k-1 kitų vartotojų.[14] Tuomet ši užmaskuota sritis perduodama vietos nustatymo paslaugų tiekėjams. Vienas iš variantų erdviniam maskavimui įgyvendinti yra kvadratinų algoritmų naudojimas. Bendra prielaida yra ta, kad sumažinus reikiamo tikslumo lygį, k-anonimiškumas gali būti užtikrintas kiekvienoje situacijoje. Algoritme pateikiama vartotojo informacija, parametras „kmin“, kuris nustato mažiausią nustatyto anonimiškumo didį, anonimizatoriaus aprėptą sritį ir visų kitų toje srityje esančių vartotojų informaciją. Trumpai tariant, algoritmas dalijasi į nagrinėjama sritį tiek, kiek toje pačioje srityje su vartotoju yra bent k-1 kitų vartotojų. Tada gražinamas mažiausias vietovės kvadratas. Šis šifravimo metodas geriau apsaugo privatumą, tačiau jo apdorojimo kainą yra didesnė.

1.3.2. Vietos privatumo išsaugojimo mechanizmai

Vietos privatumo išsaugojimo mechanizmus pagal X. Chen, A. Mizera, ir J. Pang galima suskirstyti į dvi klases. Pirmoji klasė naudoja kriptografinius metodus, kad užkoduotų vietos nustatymo paslaugų užklausas ir užkirstų kelią vartotojo vietoms būti surastoms [15]. Tačiau šis metodas dėl naudojamų primityvių kriptografinių resursų patiria papildomų skaičiavimų riziką, o visa tai užima daug laiko. Antroji klasė vietos privatumo išsaugojimo mechanizmų taiko tokį požiūrį, kuris modifikuoja vietos nustatymo paslaugų užklausas ir slepią ryšį tarp vartotojo ir tikslios jo vietos. Šios antrosios klasės metodus galime suskirstyti į dar du tipus, tai anonimizavimas ir užmaskavimas. Anoniminiai vietos privatumo išsaugojimo mechanizmai keičia vartotojų tapatybes slapyvardžiais, o užmaskuojami vietos išsaugojimo mechanizmai modifikuoja vietos nustatymo paslaugų užklausų geografinę informaciją. Slėpimas ir trikdymas yra du dažniausiai naudojami užmaskavimo būdai [12]. Pirmasis sumažina vietų tikslumą, o antrasis prideda kitas vietas kaip trikdžius. Paslėptų užklausų pridėjimas ir neteisingų užklausų pridėjimas yra dar du labai veiksmingi būdai. Praktiškai vietos išsaugojimo būdų yra labai įvairių, dėl kurių atsiranda ir įvairių vietos privatumo išsaugojimo mechanizmų. Vartotojas gali pasirinkti naudoti skirtingus slapyvardžius pagal vietos nustatymo paslaugą, arba naudoti vieną slapyvardį visoms užklausoms. Vietų tikslumas gali būti pritaikytas prie kilometrų ar metrų.

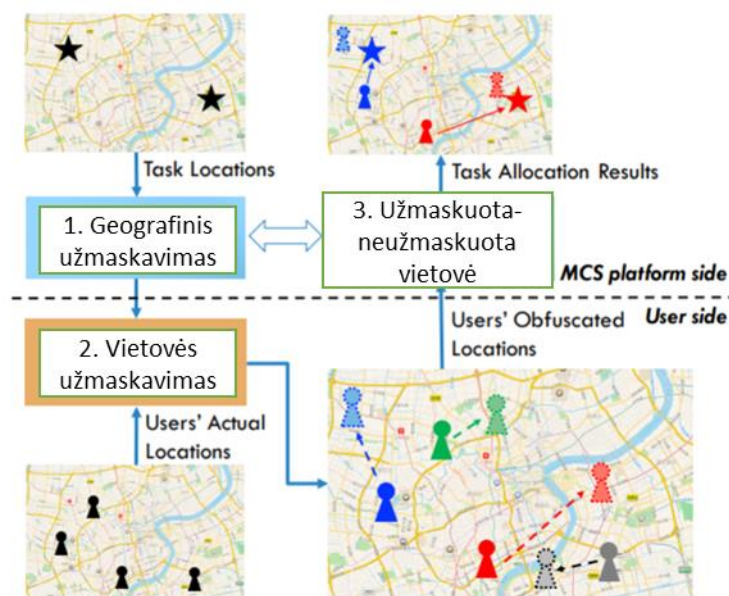
Nepaisant vietos privatumo išsaugojimo mechanizmų plėtros, vietos privatumas vis tiek gali būti pažeistas ypač kai yra naudojamosi bendrinėmis žiniomis apie vartotoją. Pavyzdžiui įrodyta, kad anonimines trajektorijas gali būti susietos su jų kūrėjų namų ar darbo adresais. Taip pat sakoma, kad įmanoma panaikinti anonimines trajektorijas, kai tik ankstesni vartotojų judesiai yra pateikiami [15]. Šioje atakoje yra naudojami „Markovo“ modelių vietos profiliai. Dėl vartotojų profilių ir atakų įvairovės, norint įgyvendinti išpuolius tokiu būdu, kuris leistų kokybiškai įvertinti vietos privatumo išsaugojimo modelius, reikalinga labai vieninga sistema. Tokia sistema buvo sukurta ir atliktas sėkmingas bandymas [15]. Originali sistema buvo kuriama siekiant apskaičiuoti optimaliausius vietos privatumo išsaugojimo mechanizmo nustatymus, kai buvo manoma, kad įsilaužėliai žino apie vietos privatumo išsaugojimo mechanizmo egzistavimą ir mato vartotojų profilius. Vėliau ši sistema buvo papildyta ir vietos nustatymo paslaugų prašymo išdavimas kiekvienu nagrinėjamu laiko momentu buvo reguliuojamas pagal „Bernoulli“ paskirstymą. Galiausiai sistema buvo dar kartą patobulinta atsižvelgiant į apribojimus tais atvejais, kai yra pateikiami fiktyvus duomenis, kad trikdytu tikruosius duomenis.

Kitaip sakant vietos privatumo išsaugojimo mechanizmai yra skirti apsaugoti vartotojų privatumą apdorojant jų vietos nustatymo užklausas prieš išsiunčiant duomenis vietos nustatymo paslaugų tiekėjams. Taigi, vietos privatumo išsaugojimo mechanizmai atsižvelgdami į vartotojo esamą vietą modifikuoja arba iškraipo tam tikrą susijusią informaciją [16]. Praktiškai šie mechanizmai gali būti įgyvendinami vietoje, kitaip sakant tame pačiame įrenginyje, arba nuotoliniu būdu.

1.4. Diferencinis geografinis maskavimo metodas

Šis vietos maskavimo metodas yra visai neseniai atsiradęs. Jis vykdomas kaip tikimybinis geografinio maskavimo procesas [17]. Tai yra, vartotojas pirmiausia užgožia savo realią vietą kita vieta, naudodamasis iš anksto sukonfigūruota tikimybės funkcija P (užkoduojuant esamos vietos $l - l^*$ atvaizdavimo tikimybę), o tada užmaskuota vieta yra įkeliama į serverį. Tikimybės funkcija yra raktas, užtikrinantis skirtingą privatumą. Pagrindinė mintis yra ta, kad jei tarkime, kad užmaskuota vieta yra l^* , bet kurioms dviem vietoms l^1, l^2 , jų tikimybė būti pažymėtoms l^* yra panaši. Tuomet, jei priešininkas pastebi vartotoją u esanti vietoje l^* , jis negali atskirti, ar u yra l^1 ar l^2 , net jei jis žino užmaskavimo funkciją P .

Tarkime, kad tam tikrame mieste yra MCS (ang. Mobile crowdsensing) platforma, atliekanti įvairias stebėjimo užduotis (pvz., Triukšmo ir oro kokybės nustatymą), kurias darbuotojams reikia atlikti. Norėdami apsaugoti vartotojų privatumą, o ne dažnai reikalaujanti atnaujinti vietą, esamoje sistemoje reikia tik, kad kandidatai įkeltų savo (užmaskuotas) vietas prieš užduočių paskirstymą, kuris vadinamas inicijavimo etapu (pvz., 1 valandą prieš užduočių paskirstymą). Tiksliau sakant, inicijavimo etape pirmiausia sugeneruojama geografinė maskavimo funkcija (atsižvelgiant į užduoties vietas), ši funkcija perduodama kandidatams, o tada surenkamos jų užmaskuotos vietos. Neatsakantys kandidatai gali būti laikomi neprieinamais, todėl šis inicijavimo etapas taip pat yra veiksmingas žingsnis norint filtruoti nepasiekiamus kandidatus. Galiausiai, surinkę galimas kandidatų užmaskuotas vietas, paskiriame užduotis tinkamiems kandidatams. Trumpai tariant, aukščiau pateiktą vykdymo procesą sudaro trys žingsniai, kaip parodyta 5 paveiksle: (1) platformos pusės geografinio maskavimo funkcijos generavimas, (2) vartotojo pusės buvimo vietos maskavimas ir (3) platformos pusės maskavimas žinant užduočių paskirstymą.



5. pav. Diferencinis geografinis maskavimo metodas [17]

- **Platformos maskavimo funkcijos generavimas.** Prieš renkant kandidatų vietas, kandidatams turi būti sukurta tikimybinė užmaskavimo funkcija su tam tikra skirtinga privatumo garantija. Atkreipkime dėmesį, kad kuriant geografinio maskavimo funkciją reikia atsižvelgti į užduočių vietą, nes bandomė sumažinti neigiamą tokio geografinio užmaskavimo poveikį darbuotojų nuvažiuotam atstumui iki užduočių vietos. Be to, platforma privalo pasirūpinti maskavimo funkcijos sukūrimu nepažeisdama vartotojų privatumo, nes teorinė diferencinio privatumo apsauga garantuojama darant prielaidą, kad priešininkas žino užtemimo funkciją.
- **Vartotojo pusės vietos klaidinimas.** Po to, kai platforma sukurs maskavimo funkciją, kandidatai gali ją atsisiųsti į savo išmaniuosius telefonus, o tada užmaskuoti savo tikrąją vietą pagal funkcijoje užkoduotą tikimybę. Užmaskuotos vietos įkeliamos į platformą, kuri ir paskirstys užduotis darbuotojams. Kadangi vietos užmaskavimas vartotojo telefone vykdomas visiškai lokaliai, niekas kitas nežino tikrosios vartotojo buvimo vietos.
- **Užduočių paskirstymas.** Galiausiai, gavusi kandidatų užmaskuotas vietas, MCS platforma paskirs užduotis tinkamiems darbuotojams, bandydama sumažinti pasirinktų darbuotojų atstumą iki užduočių vietų. Kadangi naudotojų įkeltos vietos yra netinkamos, tiesioginis jų matymas kaip faktinės vietos ir paskyrimas gali būti netinkamas. Vietoj to, siekiant geresnio užduočių paskirstymo efektyvumo, gali būti atsižvelgiama į užmaskavimo funkciją.

Siekiant sumažinti darbuotojų kelionės atstumą, geografinio užmaskavimo funkcijos dizainas ir užduočių paskirstymas yra susipynę tarpusavyje [17]. Kitaip tariant, užduočių paskirstymas galėtų būti optimizuotas tik tada, kai suteikiama geografinio užmaskavimo funkcija, ir atvirkščiai. Todėl, norint užtikrinti gerą sistemos naudingumą, būtina kartu optimizuoti šias dvi dalis.

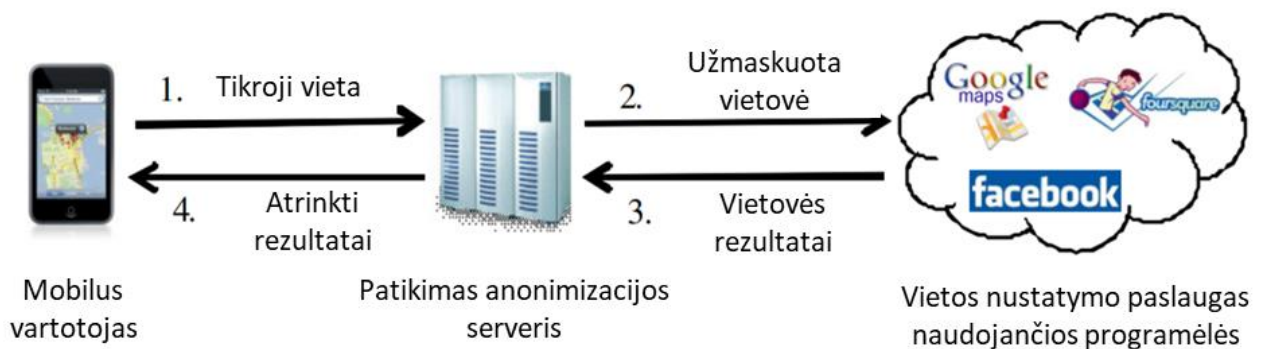
1.5. Vietos semantikos metodas

Kaip ir kiti vietos privatumo apsaugos metodai šis apsaugo naudotojo buvimo vietos semantiką nuo priešininko. Šiame metode vietos semantika pirmiausia yra sužinoma iš vietos duomenų [18]. Tada patikimas anonimizacijos serveris anonimizuoja vietą, naudodamas vietos semantinę informaciją, taip užmaskuodamas semantiškai heterogeniškas (nevienalytes) vietas. Taigi vietos semantinė informacija yra saugi, nes maskavimas atliekamas su semantiškai nevienalytėmis vietomis, o tikroji vietos informacija nėra perduodama vietos nustatymo paslaugų programoms. Pirminiai duomenys yra apibendrinti taip.

- Pirmiausia yra siūlomas vietos semantikos gavybos metodas vietos privatumo požiūriu. Pateikiama buvimo trukmės funkcija, skirta fiksuoti vietos semantiką iš trajektorijos duomenų ir tokia užmaskuotos vietos semantika saugoma santraukos diagramoje, kad būtų galima ją efektyviai naudoti.
- Taip pat šiame metode siūloma kaip gauti užmaskavimo vietą, apsaugančia nuo semantinių nuotėkių. Priešininko pradinės ir galutinės žinios apie vartotojo buvimo vietos semantiką paprastai yra modeliuojamos, o priešininko informacija iš užmaskavimo srities yra ribojama žemiau tam tikro laipsnio. Remiantis jau atliktais eksperimento rezultatais semantinio heterogeniškumo požiūriu šis metodas yra daug saugesnis esant toms pačiom sąnaudoms nei k-anonimiškumas ir ℓ įvairovė pagrįsti vietovės privatumo metodai.

Pagrindinė privatumo pažeidimo priežastis naudojantis vietos nustatymo paslaugomis yra ta, kad vietos nustatymo paslaugų programoms turėtų būti žinoma tiksli mobiliojo įrenginio padėtis. Taigi,

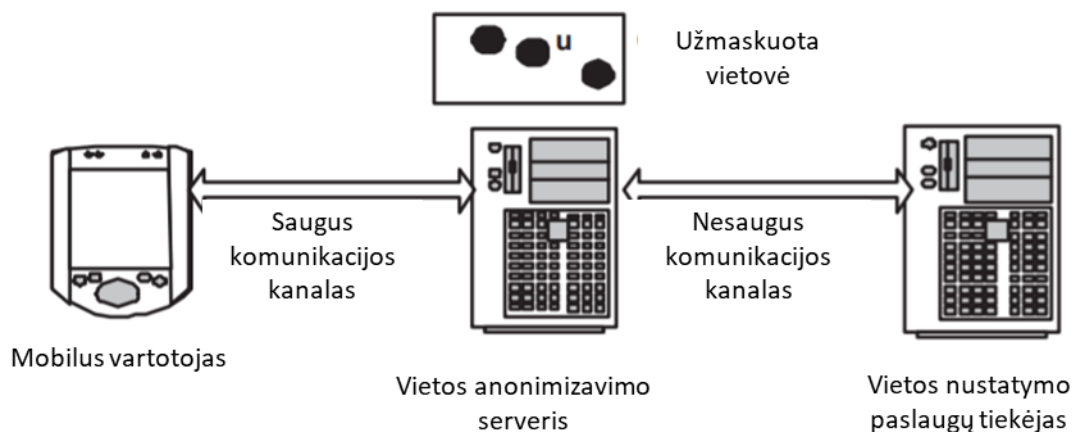
siekiant apsaugoti tikslią informaciją apie buvimo vietą, vietovės privatumo apsaugos metodai vietoj tikslios informacijos apie vietos nustatymo paslaugų užklausas naudoja maskavimo sritį. Maskavimo zona yra apibrėžta kaip zona, į kurią įeina dabartinė mobiliojo prietaiso padėtis. Naudodamasis maskavimo sritimi, priešininkas negali lengvai pažeisti mobiliojo telefono vartotojo privatumo, nes tiksli vieta yra užmaskuota. Maskavimo srities skaičiavimui iš esmės yra du būdai, kurių kiekvienas pagrįstas gerai žinomais duomenų publikavimo apsaugos būdais, k-anonimiškumas ir ℓ įvairovė. Labiausiai žinomas metodas yra vietos k-anonimiškumas, kuris suteikia bent jau „k“ anonimiškumo lygį. Vietoje k-anonimiškumo maskavimo sritis yra plečiama, kol bus įtraukti kiti „k-1“ vartotojai. Tai yra geras atskaitos taškas siekiant apsaugoti vietovės privatumą, nes priešininkas turi klasifikuoti kiekvieną asmenį tarp „k“ žmonių, kad nustatytų, kas iš tikrųjų pateikė LBS užklausas. Panašiai kaip k-anonimiškumas, vietos ℓ įvairovė išplečia maskavimo sritį kol įtraukiamos skirtingos „ $\ell-1$ “ vietos. Remiantis vietos priešininkas negali iš karto pasakyti, kurioje vietoje iš tikrųjų lankėsi mobiliojo ryšio vartotojas, nes maskavimo sritis apima kelias vietas. Šiuos vietos k-anonimiškumo ir ℓ įvairovės būdus vykdo patikimas anonimizacijos serveris, skirtas mobiliajam įrenginiui, ir šį modelį toliau vadiname patikimo anonimiškumo serverio pagrindu. 6 paveiksle parodytas patikimo anonimiškumo serverio modelis. Iš pradžių mobilusis vartotojas susisiekiama su paslaugos patikimumo nustatymo serveriu (1 eilutė). Šioje užklausoje mobiliojo telefono vartotojas nurodo tikslią savo buvimo vietą. Tada anonimiškumo nustatymo serveris apskaičiuoja maskavimo sritį naudodamas keletą vartotojų (vietovės k-anonimiškumas) arba vietas (vietos ℓ įvairovė), esančias šalia vartotojo vietos. Maskavimo sritis perduodama vietos nustatymo paslaugų programoms (2 eilutė), o šios pateikia visus su maskavimo sritimi susijusius rezultatus (3 eilutė). Anoniminis serveris filtruoja nereikalingus rezultatus ir grąžina rezultata, atitinkantį dabartinę mobiliojo telefono vartotojo vietą (4 eilutė). Dėl to tiksli vieta nėra veikiamą vietos nustatymo paslaugų programų, nes vietoj padėties naudojama maskavimo sritis. Nors deleguotasis anonimizacijos serveris žino tikslią mobiliojo įrenginio vietą, LBS programos mato tik sutrumpintą srities diapazoną.



6 pav. Anonimizacijos serverio veikimas [18]

1.6. Vietos privatumo apsauga atsižvelgiant į vietą (L2P2 metodas)

Bendrame vietos nustatymo paslaugų modelyje yra trys svarbūs komponentai: mobiliųjų telefonų vartotojai, patikimas vietos anoniminis serveris ir vieta grindžiamų paslaugų teikėjai. (7 pav.)



7 pav. L2P2 metodas [18]

Šiame modelyje mobilus vartotojas ui siunčia patikimam anonimizavimo serveriui vietos nustatymo paslaugos užklausą, kurioje yra jo buvimo vietos duomenys (x, y) , laiko žymos informacija t ir jo privatumo reikalavimas r . Toliau naudojama (ui, x, y, t, r) , kad pateiktume tokią užklausą. Atliekant šį veiksmą galima atlikti vartotojo autentifikavimą ir pranešimų šifravimą, kad būtų užtikrinta vietos apsauga. Kai anoniminis serveris gaus užklausos pranešimą, jis atliks buvimo vietos anonimizavimą (sugeneruos stebėjimo sritį c , apimančią vartotojo vietą (x, y)), kad užtikrintų vietos privatumo apsaugą, tada anonimizuota vietos informacija (uždengimo sritis c) bus siunčiama vietos nustatymo paslaugų teikėjam. Šiame modelyje mobiliojo telefono vartotojo privatumas išsaugomas vietoje tikslios vietos panaudojant sugeneruotą maskavimo sritį, o anonimiškumo nustatymo serveris paslepia tikslią vartotojo vietą nuo galimo priešininko ir taip apsaugo jo privatumą.

1.7. Išvados

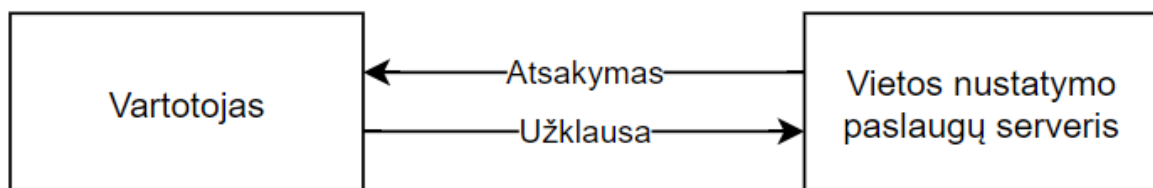
1. Kiekvieną kartą vartotojas naudodamasis įvairiomis technologijomis susietomis su internetu turi suprasti tai, kad jis visada yra galutinis taškas šiame tinkle. Vartotojo elgesys, netinkami veiksmai, kurie neatitinka saugumo reikalavimų gali sukelti nesaugaus tinklo būsenas. Nesuprasdami savo veiksmų svarbos jie leidžia savo asmens duomenims tapti neapsaugotiems ir laisvai pasiekiamiems.
2. Daiktų internetas yra didžiausia poveikį privatumui daranti technologija. Kiekvieną dieną mes naudojame ne vieną prietaisą, kuris yra prijungtas prie interneto, o keitimasis asmeniniais duomenimis šiuose įrenginiuose nėra aiškiai ir tiksliai reglamentuotas.
3. Personalizavimas ir privatumas yra susiję tarpusavyje, ypač teikiant vietos nustatymo paslaugas.
4. Įvairūs GPS, belaidžio tinklo, Bluetooth, socialinių tinklų geografinės vietos žymos, elgesys internete yra pagrindinės technologijos, kurios sudaro galimybę stebėti šių technologijų vartotojus.
5. Dėvimos technologijos yra viena ryškiausia technologinė šaka, kuri labiausiai nekelia vartotojams pasitikėjimo, kadangi jie neturi tinkamos PIN ar autentifikavimo sistemos, turi begales funkcijų, kurios sukelia įvairiausių išpuolius prieš šias technologijas.
6. Vietos nustatymo paslauga yra nepatikima. Vartotojams pateikiant užklausas vietos nustatymo paslaugų tiekėjams gali būti atskleista neskelbtina informacija apie juos, todėl vartotojų privatumo išsaugojimas yra pagrindinė vietos nustatymo paslaugos problema.

2. Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams

Bendrai šnekant, įvairiuose šaltiniuose galime rasti informacija apie 4 vietos privatumo išsaugojimo metodus: reguliavimo metodas, privatumo politika pagrįstas metodas, anonimiškumu grindžiamas metodas ir užtemdymu paremtas metodas .

Apžvelgus įvairius literatūroje dažniausiai taikomus vietovės apsaugos metodus, darbe yra siūlomas taškinės vietos užmaskavimo metodas bei kelionės maršruto užmaskavimo metodas grindžiamas užtemdymu paremtais metodais. Šio darbo tikslas atlikus išsamų tyrimą įvertinti, ar šie metodai gali atnešti didesnę pranašumą vartotojui siekiant apsaugoti asmens vietos informaciją.

2.1. Privatumo apsaugos metodas nuo buvimo vietos nustatymo



8 pav. Vartotojo-serverio modelis

Paveiksle parodytas vartotojas, kuris naudoja tam tikros rūšies vietos nustatymo paslaugą. Tai galbūt tiesiog yra programėlė, kurios naudojimuisi yra būtina prieiga prie vartotojo vietos, tačiau vartotojas savo tikrosios vietos programai atskleisti nenori. Čia atvaizduojama, kad vartotojui pateikus užklausą vietos nustatymo serveriu, atsakymas gaunamas iš vietos nustatymo serverio, atsižvelgiant į vietos nustatymo paslaugos funkcionalumą ir užklauso tipą. Šiame modelyje gali būti 2 rūšių išpuoliai.

- Užpuolikai gali sugadinti ryšį tarp vartotojo ir LBS serverio. Tokiu atveju užpuolikas gali sekti vartotoją ir naudoti šią informaciją kenkėjiškais tikslais. To galima išvengti, jei šifruoti duomenys siunčiami į serverį. Šifravimas užtikrins, kad net jei užpuolikas susilpnins ryšį tarp vartotojo ir serverio, jis negalės iš to gauti reikšmingos informacijos, jei šifravimo schema yra pakankamai tvirta.
- Daugelis įmonių svarsto galimybę pirkti geografinės padėties duomenis iš vietos nustatymo paslaugų teikėjų ir panaudoti juos potencialių klientų pageidavimams analizuoti. Taigi, informacija apie vietos nustatymo paslaugas yra piniginio pobūdžio. Blogiausiu atveju pats LBS serveris gali būti užpuolikas. Šifravimas tokiais atvejais negali užtikrinti vartotojo privatumo, nes iššifravęs serveris gaus realią informaciją apie vietą.

Šiame dokumente siūlomos vietos nustatymo informacijos šalinimo technikos metu faktinė vartotojo buvimo vietos informacija nėra siunčiama į serverį, todėl mūsų požiūris suteikia vartotojo privatumą net ir tokiais atvejais. Šiame darbe mes svarstome abiejų rūšių išpuolius. Tolesniuose skyriuose bus paaiškinta išsami informacija apie siūlomas užtemimo schemas ir kaip jos suteikia vartotojo privatumą.

Darbe aprašomame modelyje pirmiausia vartotojas suformuoja užklausą vietos nustatymo paslaugų serveriui (LBS), tačiau prieš išsiunčiant užklausą į serverį, vartotojo buvimo vieta yra užmaskuojama. Atlikus šį veiksmą galiausiai užklausa yra išsiunčiama į vietos nustatymo paslaugų serverį. Taip vartotojas liks anonimiškas, jo ne atsekamumas ir informacijos paviešinimas nesukels jam nepatogumu ir jis pilnai galės naudotis programėlėmis, nesuteikiant galimybės joms sekti esamos vartotojo vietos. Modelio struktūra matoma 9 pav.

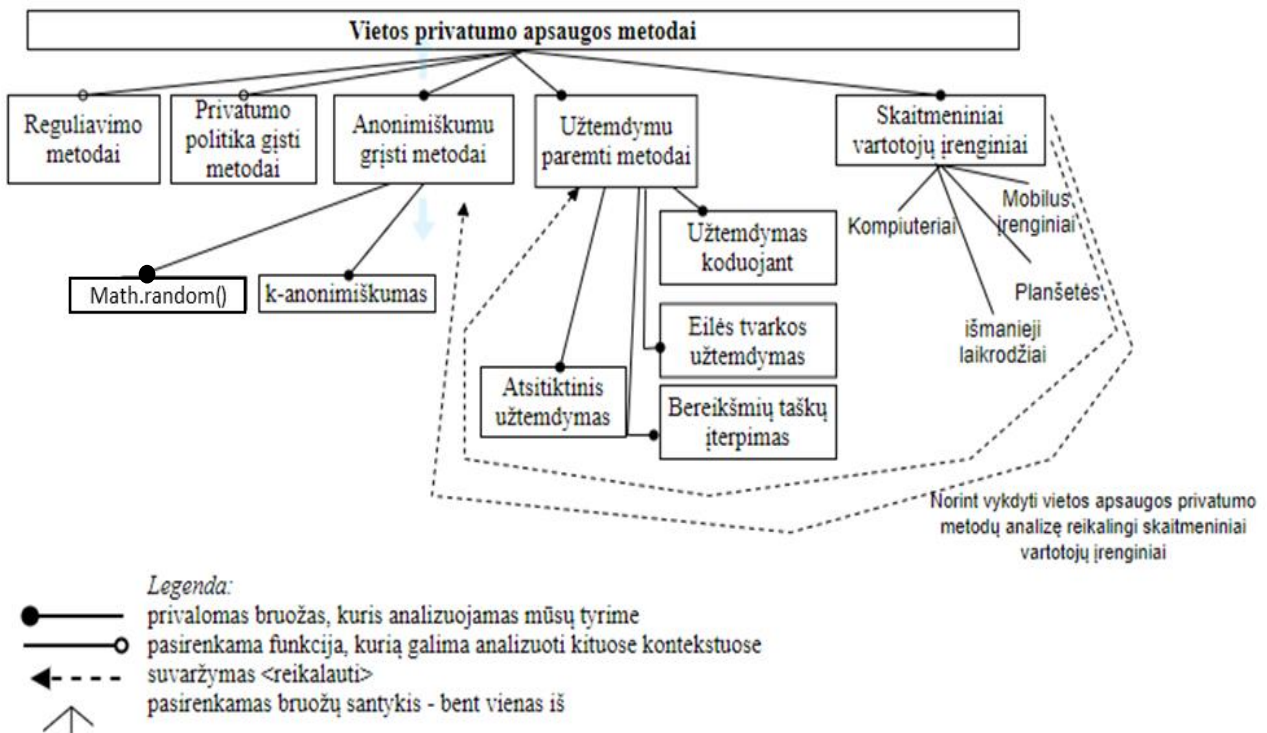


9 pav. Asmens vietos informacijos apsaugojimo struktūros modelis

Norint apsaugoti savo vietos informacija galime panaudoti begales metodų, šiame skyriuje pateiksime vietos apsaugos požymių diagramą naudojant funkcinę schemą. Įprastai bruožų diagrama yra tarsi medžio pavidalo žymėjimas, kuris susideda iš mazgų rinkinio, linijų rinkinio, ryšių bei apribojimų tarp bruožų. Funkcija paprastai yra suprantama kaip išoriškai matoma kažkokia daikto savybė. Diagramos pagrindas – viršus, reiškia aukščiausią lygi, tarpiniai mazgai žymi jungtines savybes bei leidžia atvaizduoti gilesnius išsiskaidymus. Linijos yra naudojamos parodyti laipsnišką išsiskaidymą. Ryšius bei apribojimus parodo tarp linijų esantis žymėjimas.

Funkcionalumas

1. Vartotojas suformuoja ir pateikia užklausa vietos nustatymo paslaugų serveriui. Užklausa yra išnagrinėjama ir perduodama užmaskavimo modeliui;
2. Užmaskavimo modulis gavęs užklausa ją apdoroja ir pagal vartotojo pasirinktą metodą užmaskuoja vartotojo vietos ar maršruto koordinatas;
3. Atvėrus programėlę, kuria norint naudotis yra būtina prieiga prie vartotojo vietos nors realiai ši vartotojo vieta nėra panaudojama taip, kad vartotojas ją matytų. Šiuo atveju vartotojas gali būti ramus, nes programa jo tikslios vietovės pasiekti negalės, ji matys tik užmaskuota vietovę ar maršrutą.



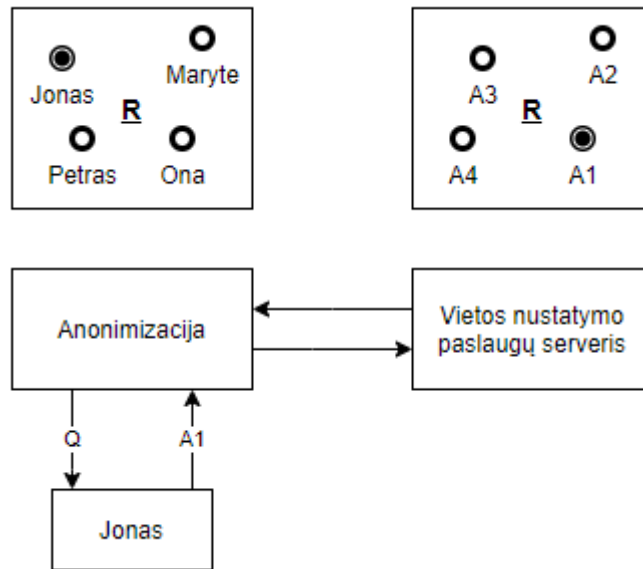
10 pav. Vietos apsaugos metodų požymių diagrama

Privalomi bruožai šiuo atveju yra tie, kuriuos mes nagrinėsime savo darbe. Kaip matome iš pateikto paveikslėlio naudosime anonimiškumu grįstus metodus ir užtemdymu paremtus metodus. Iš legendos galime matyti kad, tam jog šiuos metodus galėtume išbandyti mums reikalingas nors vienas skaitmeninis vartotojų įrenginys. Taip pat galime matyti, kad anonimiškumui pagrįsti naudosime k-anonimiškumu grindžiama metodą bei math.random() metodą, o užtemdymui naudosime net 3 skirtingus metodus grįstus kodo užtemdymo metodais (atsitiktinį užtemdymą, eilės tvarkos užtemdymą bei bereikšmių taškų įterpimo metodą).

2.2. Taškinės vietos užmaskavimo modelis

Taškinės vietos užmaskavimo modeliui naudosime du metodus. K-anonimizacija, kai subjektas gali būti laikomas k-anonimišku tada, ir tik tada, kai vartotojo vietos nustatymo paslaugos siunčiama vietos informacija yra panaši su dar k vartotojų, bei match.random metodą, kuris iš visų pateiktų ilgumų ir platumų ribų atsitiktiniu būdu išrinks vieną taškinę vietą ir ją laikys vartotojo buvimo vieta.

Suasmeninto k-anonimiškumo modelio veikimas grindžiamas kelių vartotojų sutapatiniu tame pačiame regione R . 10 paveikslėlyje vaizduojama vartotojo Jono užklausa vietos paslaugų nustatymo serveriui, kur Jonas nori sužinoti artimiausias kavines šalia jo. Naudojantis siūloma k-anonimizacija pirmiausia užklausa yra persiunčiama anonimizacijos moduliui, kuris žino ne tik Jono buvimo vieta, bet ir kitus šalia esančius vartotojus, tokiu atveju kaip parodyta paveikslėlyje anonimizatorius nustato dar 4 šalia Jono esančius vartotojus ir juos patalpina viename regione R . Gauname kad visi 4 vartotojai r priklauso aibei $r \in R$. Tuomet kai vietos nustatymo paslaugų tiekėjas gauna aibę R jis apskaičiuoja visas artimiausias kavines bet kuriam šios aibės elementui vartotojui. Suformavęs atsakymą paslaugų tiekėjas išsiunčia aibę A , kurioje yra artimiausios kavines $\{A1, A2, A3, A4\}$, užmaskavimo moduliui.



11 pav. K-anonimizacijos proceso modelio interpretacija

Mūsų atveju k-anonimizacijos metu vartotojas yra sutapatinamas su dar 5 vartotojais esančiais artimiausiai aplink jį. Tokiu būdu užmaskavimo metu vartotojas ir dar 5 asmenys yra vienoje vietoje ir realus vietovės atsekamumas nėra įmanomas.

Užmaskavimas vyksta tokia tvarka:

1. Vartotojas patikrina kokia vietovę mato jo įrenginys;
2. Jei vartotojas šios vietovės nenori atskleisti kitoms programėlėms jis pasirenka taškinės vietovės modulį su k-anonimizacijos metodu;
3. K-anonimizacijos metodas suranda aplink vartotoją esančius dar 5 vartotojus ir juos visus sutapatinęs į vieta vietovę šia vietą užmaskuoja kaip vartotojo esama vietą.;
4. Kai vartotojo vieta jau yra užmaskuota, vartotojas gali naudotis programėlėmis nebijodamas, kad jo realią vietovę bus atskleista.

Math.random() modelio veikimas yra tiesiogiai besiremiantis į maksimumo ir minimumo platumos ir ilgumos taškus. Nurodoma kad platumą gali svyruoti nuo -90° iki $+90^\circ$, o ilgumą nuo -180° iki $+180^\circ$. Tokiu atveju atsitiktiniu būdu iš abiejų koordinatinių ašių yra išrenkamos koordinatės ir jos yra panaudojamos taškinės vietos užmaskavimui. Šis metodas puikiai tinka tada, kai mums visiškai nerūpi kur mūsų vieta bus užmaskuota, svarbiausia, kad ši vieta nebūtų lengvai atsekama, o šiuo atveju tai veikia puikiai.

Užmaskavimas vyksta tokia tvarka:

- Pirmiausia vartotojas turėtų galimybę patikrinti kokią vietovę mato jo įrenginys;
- Jei vartotojas nuspręstų, jog jis esamos vietos nenori atskleisti kitoms programėlėms jis pasirenka taškinės vietovės modulį ir math.random() metodą;
- Math.random metodas atsitiktiniu būdu iš ilgumo ir platumos ašių išrenka koordinates ir jas nustato kaip esamas vartotojo koordinates. Šios koordinatės bus visiškai atsitiktinės ir niekaip nesusijusios su esama vieta. Greičiausiai jos bus netgi kitame žemyne, todėl realios vietovės atskleidimas būtų visiškai neįmanomas;

- Užmaskavus vartotojo vietą vėl galime patikrinti kokią vietovę mato mūsų įrenginys ir jei viskas yra užmaskuota galime naudotis kitomis programėlėmis.

2.3. Kelionės maršruto užtemdymo modeliai

Šiai kategorijai priskiriama keletas metodų. Vietovės trikdyto metodą, laikino maskavimo bei vietovės slėpimo metodą, elipsės formos atsitiktinį maskavimo metodą, modifikuota atsitiktinių trukdžių metodą, jausmais grįsta metodą bei tinklelio užtemdymo metodą. Bendrai sakant visi šie užtemdymo metodai turėtų sąmoningai pabloginti informacijos apie asmens vietą kokybę, taip, kad būtų apsaugotas to asmens buvimo vietos privatumas. Šiame darbe bus naudojami vietos užtemdymo metodai, kurie oficialiai naudojami kodo užtemdymui.

2.3.1. Atsitiktinio užtemdymo modelis

Naudodami šį užtemdymo metodą atsitiktinai įterpiame ar pakeičiame maršruto tašką, nepakeisdami pačio maršruto semantikos ir teisingumo. Pavyzdyje galime matyti, kad žmogus važiavo iš Kauno į Vilnių, užtemdžius maršrutą nepakito, tačiau atsirado papildomas taškas kaip Vievis ir Žiežmariai. Galbūt tai buvo sustojimo taškas, o galbūt to maršruto taško žmogus net nepasiekė.

Kitaip tariant galime sakyti, kad bet kuris mūsų atsitiktiniai vaizduojamas elementas miestas m priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M . Paprastai sakant m yra aibės M elementas ir priklauso jai $m \in M$. Bet kuris elementas maršruto miestas mr esantis maršrute taip pat priklauso ir maršrutų miestų sąrašo aibei MR ir užrašomas $mr \in MR$. Taip pat kadangi maršrutų miestų sąrašo aibės MR visi elementai priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M tai aibė MR yra M aibės poaibis $MR \subset M$. O elementas atsitiktinis maršruto miestas ma esantis maršrute priklauso atsitiktinių miestų sąrašo aibei MA . Taip pat atsitiktinių miestų sąrašo aibės MA visi elementai priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M , todėl aibė MA yra M aibės poaibis $MA \subset M$. Tuomet maršruto užtemdymo funkcija būtų lygi aibių MR ir MA sąjungai $MR \cup MA$

Galime pažvelgti į pavyzdį konkrečiu atveju.

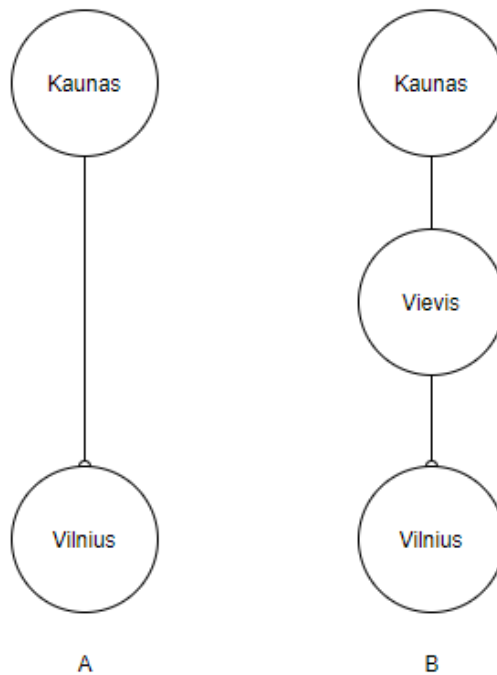
$M = \{Akmenė, Kaunas, \dots, Alytus, Vilnius, Utena, \dots, Vievis\}$ (visi Lietuvos miestai)

$MR = \{Kaunas, Vilnius\}$

$MA = \{Vievis\}$

$f = \{Kaunas, Vievis, Vilnius\}$

Iš pateiktų duomenų galime matyti, kad maršrutas buvo tarp šių miestų, tačiau negalime žinoti eilės tvarkos, dabartinės buvimo vietos ar pagrindinės vietos iš kurios buvo pajudėta.



12 pav. Atsitiktinio užtemdymo modelis A yra maršrutas, B užmaskuotas maršrutas

2.3.2. Bereikšmių maršruto taškų įterpimas

Šio metodo esmė yra įterpti įvairius papildomus taškus, kurie neturi jokios reikšmės mūsų esamam maršrutui. Vartotojas keliauja taip kaip ir keliavo iš Kauno į Vilnių, tačiau yra įterpti kiti mietai kurie maršrutui įtakos nesudaro, tačiau užima tam tikrą dalį maršruto kelyje. Todėl gali susidaryti išvada jog galbūt jis buvo kažkur kitur, galbūt jis taip ir nenuvyko į Vilnių, galbūt jo maršrute nė nebuvo Vilniaus ir jis niekur nenorėjo keliauti.

Tarkime atsitiktiniai vaizduojamas elementas miestas m priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M . Paprastai sakant m yra aibės M elementas ir priklauso jai $m \in M$. Bet kuris elementas maršruto miestas mr esantis maršrute taip pat priklauso ir maršrutų miestų sąrašo aibei MR ir užrašomas $mr \in MR$. Taip pat kadangi maršrutų miestų sąrašo aibės MR visi elementai priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M tai aibė MR yra M aibės poaibis $MR \subset M$. O elementas atsitiktinis maršruto miestas ma esantis maršrute priklauso atsitiktinių miestų sąrašo aibei MA . Taip pat atsitiktinių miestų sąrašo aibės MA visi elementai priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M , todėl aibė MA yra M aibės poaibis $MA \subset M$. Kitas pridėtas maršruto miestas mp yra aibės MP elementas, na o aibė MP yra aibės $MP \subset M$ poaibis. Kaip ir sekantis pridėtas elementas ms yra aibės MS elementas, o pati aibė MS priklauso aibės $MS \subset M$ poaibiui. Tuomet maršruto užtemdymo funkcija būtų lygi aibių $((MR \cup MA) \setminus MS) \setminus MP$

Galime pažvelgti į pavyzdį konkrečiu atveju.

$M = \{\text{Akmenė, Kaunas,, Alytus, Vilnius, Utena,, Vievis}\}$ (visi Lietuvos miestai)

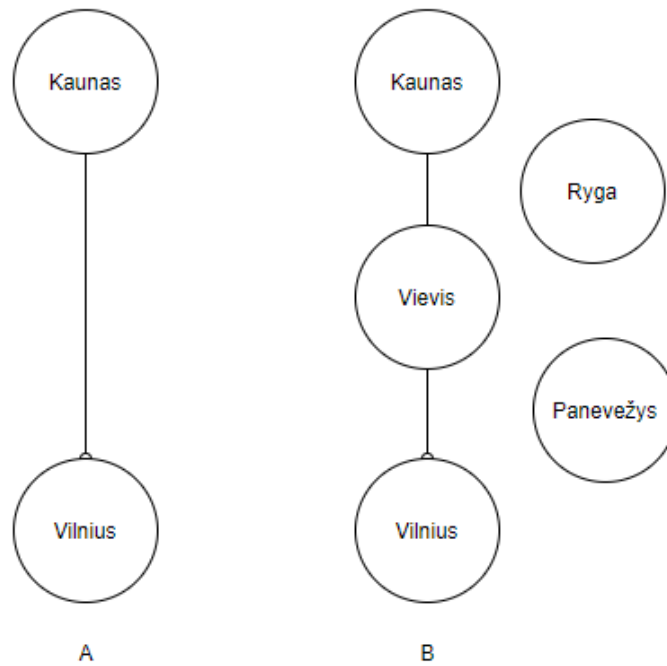
$MR = \{\text{Kaunas, Vilnius}\}$

$MA = \{\text{Vievis}\}$

$MP = \{\text{Ryga}\}$

$MS = \{\text{Panevėžys}\}$

$f = \{\{\text{Kaunas, Vievis, Vilnius}\}\{\text{Ryga}\}\{\text{Panevėžys}\}\}$



13 pav. Bereikšmių maršruto taškų įterpimo modelio struktūra. A tikrasis maršrutas. B užtemdytas maršrutas.

2.3.3. Eilės tvarkos užtemdymas

Šiame metode yra keičiama ciklų ar įvairių sąlygų vykdymo eilės tvarka išlaikant reikalingas priklausomybes. Žemiau pateiktame pavyzdyje galime matyti, kad kelias iš Kauno į Vilnių nepasikeitė, tačiau keliavimo sąlygos nėra aiškios. Ar vartotojas keliavo tiesiai iš Kauno į Vilnių ar jis aplankė kitus miestus, ar grįžo atgal į Kauną, ar pasiliko Vilniuje.

Tarkime visi vaizduojami elementai miestai m priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M . Kitaip sakant m elementas miestas yra aibės M elementas ir priklauso jai $m \in M$. Bet kuris elementas maršruto miestas mr esantis maršrute taip pat priklauso ir maršrutų miestų sąrašo aibei MR ir užrašomas $mr \in MR$. Taip pat kadangi maršrutų miestų sąrašo aibės MR visi elementai priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M tai aibė MR yra M aibės poaibis $MR \subset M$. O elementas atsitiktinis maršruto miestas ma esantis maršrute priklauso atsitiktinių miestų sąrašo aibei MA . Taip pat atsitiktinių miestų sąrašo aibės MA visi elementai priklauso visų žinomų miestų sąrašo aibei M , todėl aibė MA yra M aibės poaibis $MA \subset M$. Tuomet maršruto užtemdymo funkcija būtų lygi aibių $(MR \cup MA)$ sąjungai arba $(MA \cup MR)$, nes šios aibių operacijos turi komutatyvumo dėsnį.

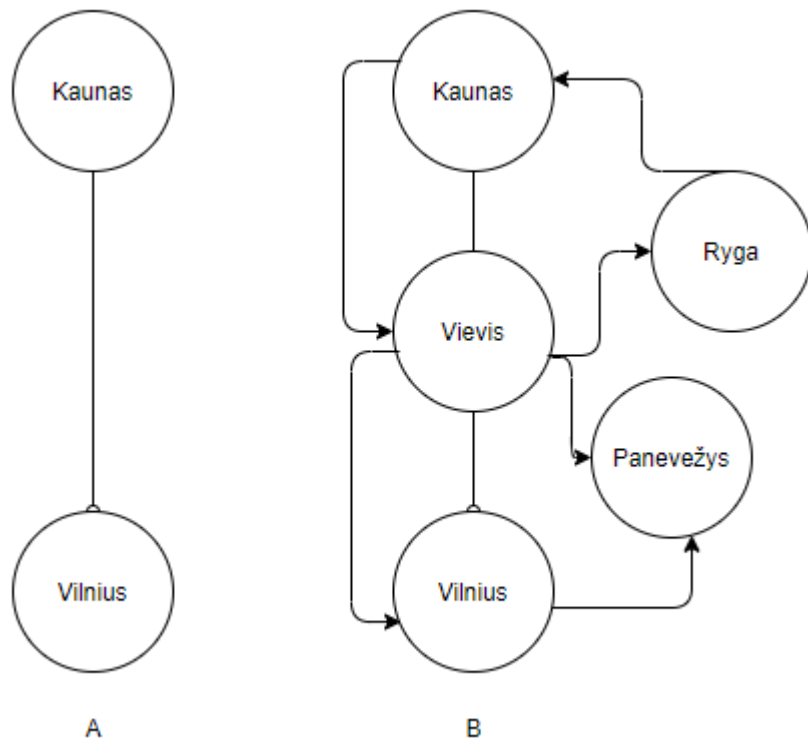
Galime pažvelgti į pavyzdį konkrečiu atveju.

$M = \{Akmenė, Kaunas, \dots, Alytus, Vilnius, Utena, \dots, Vievis\}$ (visi Lietuvos miestai)

$MR = \{Kaunas, Vilnius\}$

$MA = \{Vievis, Ryga, Panevėžys\}$

$f = \{Kaunas, Vievis, Vilnius, Ryga, Panevėžys\}$



14 pav. Eilės tvarkos užtemdymo modelio struktūra. A tikrasis maršrutas. B užtemdytas maršrutas.

2.4. Išvados

- Kodo užtemdymo metodai tokie kaip – atsitiktinis užtemdymas, bereikšmių maršruto taškų įterpimas bei eilės tvarkos užtemdymas dar niekada nebuvo panaudoti vartoto maršruto užtemdyme.
- Kadangi vartotojas ne visada juda iš taško A į tašką B arba dažnai jis tiesiog nori, kad jo vieta būtų užmaskuota nepriklausomai nuo to kaip jis juda, buvo pasirinkta naudoti taškinės vietos užmaskavimą. Šis metodas nepriklausomai nuo to ar vartotojas juda ar jis stovi vietoje visą užmaskavimo laikotarpį vartotojo vietą laikys užmaskuota vienoje pozicijoje.
- Nustatyta, kad daugelis programėlių reikalauja prieigos prie vietovės, nors vietovę programėlės naudojimui neturi jokios įtakos. Tokiu atveju vartotojas galės užmaskuoti savo vietovę ar maršrutą ir likti neatsekamas.

3. Privatumo apsaugos metodo nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams prototipo realizacija

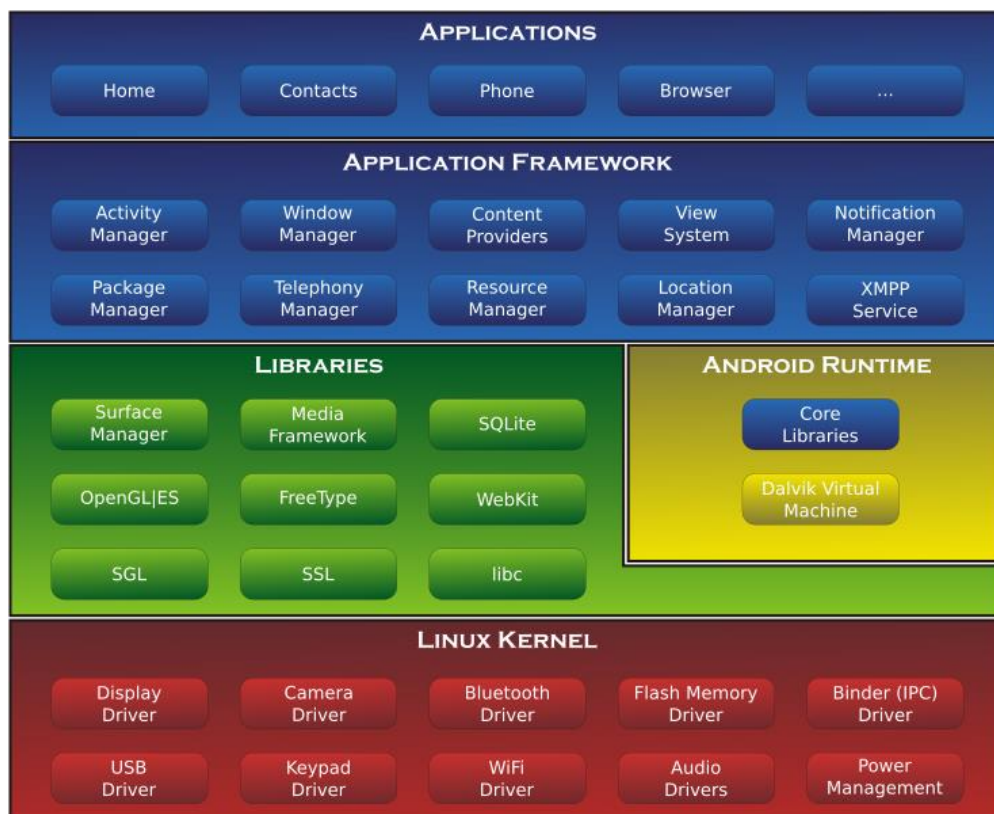
Šiame skyriuje aprašoma asmens buvimo vietos apsaugos metodo prototipas nuo sekimo tinklinės įrangos priemonėmis, tokiomis kaip GPS, bevielis tinklas, „Bluetooth“. Pateikiama įrankių ir technologijų, kuriomis pasirinkta realizuoti sistemą apžvalga. Pateikiama siūlomos sistemos architektūra, bei koncepcinis modelis. Apibrėžiamas vietos nustatymo modelis, bei programos leidimai.

3.1. Eksperimentinio tyrimo įrankiai ir technologijos

Šiame darbe pasirinkta naudoti „Android“ atviro kodo operacinę sistemą, kuriai sukurtas programos prototipas. Šį pasirinkimą lėmė tai, kad „Android“ operacinė sistema yra bene labiausiai naudojama pasaulyje, tiek išmaniuosiuose telefonuose tiek planšetiniuose kompiuteriuose ar televizoriuose.

„Android“ yra mobili operacinė sistema, pagrįsta modifikuota „Linux“ branduolio ir kitos atviro kodo programinės įrangos versija, skirta pirmiausia jutiklinio ekrano mobiliesiems įrenginiams, tokiems kaip išmanieji telefonai ir planšetiniai kompiuteriai. „Android“ sukūrė kūrėjų konsorciumas, žinomas kaip „Open Handset Alliance“, kuris yra komerciškai remiamas „Google“. Tai nemokama ir atviro kodo programinė įranga. Jo šaltinio kodas yra žinomas kaip „Android Open Source Project“ (AOSP), kuriam pirmiausia suteikiama licencija pagal „Apache“ licenciją. Tačiau daugumoje „Android“ įrenginių yra įdiegta papildoma patentuota programinė įranga, visų pirma „Google Mobile Services“ (GMS), į kurią įeina pagrindinės programos, tokios kaip „Google Chrome“, skaitmeninio platinimo platforma „Google Play“ ir susijusi „Google Play“ paslaugų kūrimo platforma. Maždaug 70 procentų „Android“ išmaniųjų telefonų naudoja „Google“ ekosistemą; konkuruojančiose „Android“ ekosistemose yra „Fire OS“ (sukurta „Amazon“) arba „LineageOS“. Tačiau „Android“ pavadinimas ir logotipas yra „Google“ prekių ženklai, kurie nustato standartus, kurie riboja „nesertifikuotus“ įrenginius už jų ekosistemos ribų naudoti „Android“ prekės ženklą. „Android“ yra geriausiai parduodama OS visame pasaulyje išmaniuosiuose telefonuose nuo 2011 m., o planšetiniuose kompiuteriuose - nuo 2013 m. „Play Store“ yra daugiau nei 3 milijonai programų. Dabartinė stabili versija yra „Android 11“, išleista 2020 m. Rugsėjo 8 d.

„Android“ operacinėje sistemoje kuriama programinė įranga naudojant „Java“ arba „Kotlin“ ir C++ programavimo kalbą. Mes savo projekte naudojame „Java“. „Android“ taip pat turi ir savo programinės įrangos kūrimo įrankį „Android SDK“(angl. Android software development kit). Šis įrankis savyje turi: virtualų įrenginį (emuliatorių), kuriame galima paleisti ir derinti programas „Android“ studijoje, taip pat savotiška derinimo programą (angl. Debugger), begales programinės įrangos bibliotekų. Be to Android SDK taip pat turi ir begales programinio kodo pavyzdžių ir pamokų. „Android“ operacinės sistemos architektūra yra pateikiama žemiau (**15 pav.**)



15 pav. „Android“ operacinės sistemos architektūra

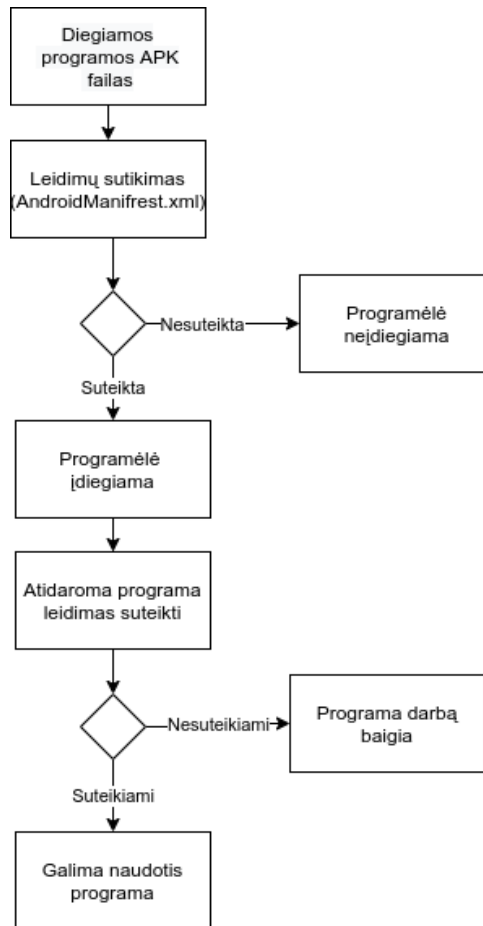
Savo metode mes konkrečiai kreipsimės į „Location Manager“ karkasą ir jame vietoje „GPS“, „Bluetooth“ ar belaidžio tinklo vietos nustatymo tiekėjo pakišime savo užmaskavimo programėlės sukurta programėlės vietovės tiekėją.

„Android“ operacinei sistemai skirtos mobiliosios programėlės kūrimui buvo naudota „Android Studio“ programinė įranga. „Android Studio“ – tai oficiali „Google“, nemokama integruota kūrimo aplinka (angl. Integrated development environment) sukurta naudojant „JetBrains“ „IntelliJ IDEA“ programinę įrangą ir sukurta specialiai „Android“ kūrimui.

3.2. Android programėlių leidimai

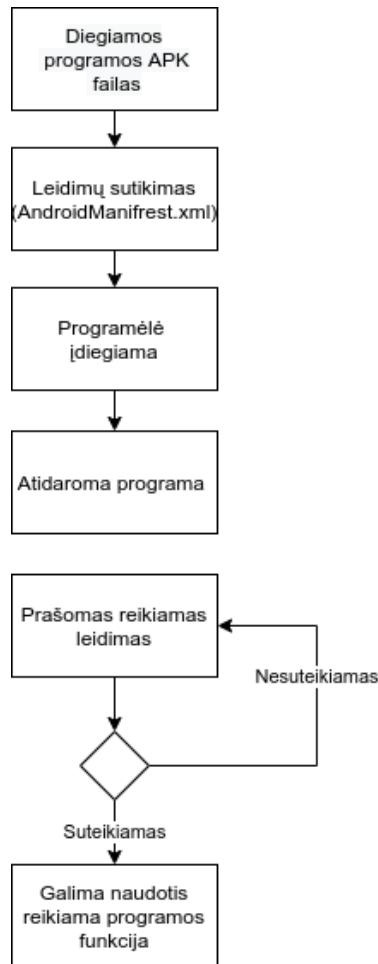
Pagrindinis „Android“ programėlių saugos mechanizmas yra leidimų kontrolė, kuri yra aprašoma kiekvienos programėlės „AndroidManifest.xml“ faile. Visos programėlės be išimties turi turėti nors vieną leidimą, kadangi tik turėdamos leidimą jos gali naudotis tam tikromis sistemos funkcijomis, aprašytomis konkrečiame leidime.

Iki „Android 6.0 Marshmallow“ prieš įrašant programą į išmanųjį įrenginį „Android“ paketų įrašymo sistema prašydavo sutikimo su leidimais dar prieš įrašant programą. Tokiu atveju jei vartotojas reikiamus leidimus pateikia programa buvo įrašoma, jei ne – atmetamas įrašymas.



16 pav. Leidimų suteikimas iki „Android 6.0 Marshmallow“

„Android 6.0 Marshmallow“ pristatė naują leidimų modelį, kuris leidžia programoms prašyti leidimų iš vartotojo programos vykdymo metu, o ne prieš diegiant. Programos, palaikančios naują modelį, prašo leidimų, kai programai iš tikrųjų reikia paslaugų ar duomenų, kuriuos saugo paslaugos. Nors tai nekeičia bendros programos elgsenos, sukuria kelis pakeitimus, susijusius su slaptų vartotojo duomenų tvarkymo būdu. Pirmiausia galime pabrėžti, kad programos neprašo leidimo tol, kol joms tikrai jo neprireikia. Tarkime kol mes nenorime iš programos nieko išsisaugoti prieigos prie mūsų galerijos jai tikrai nereikia, tačiau jei tik norime išsisaugoti kokią nors nuotrauką privalome suteikti programai prieiga prie galerijos ir panašiai.



17 pav. Leidimų suteikimas nuo „Android 6.0 Marshmallow“

3.3. Vietos leidimai ir jų įgalinimai

Kad programa galėtų naudoti programos naudotojo vietą „AndroidManifest.xml“ faile būtina nurodyti tam tikrus leidimus:

- ACCESS_FINE_LOCATION - leidžia programėlei sužinoti tikslią vietą.
- ACCESS_COARSE_LOCATION - leidžia programėlei sužinoti apytikslę vietą.
- ACCESS_BACKGROUND_LOCATION – leidžia pasiekti vietą programos fone.

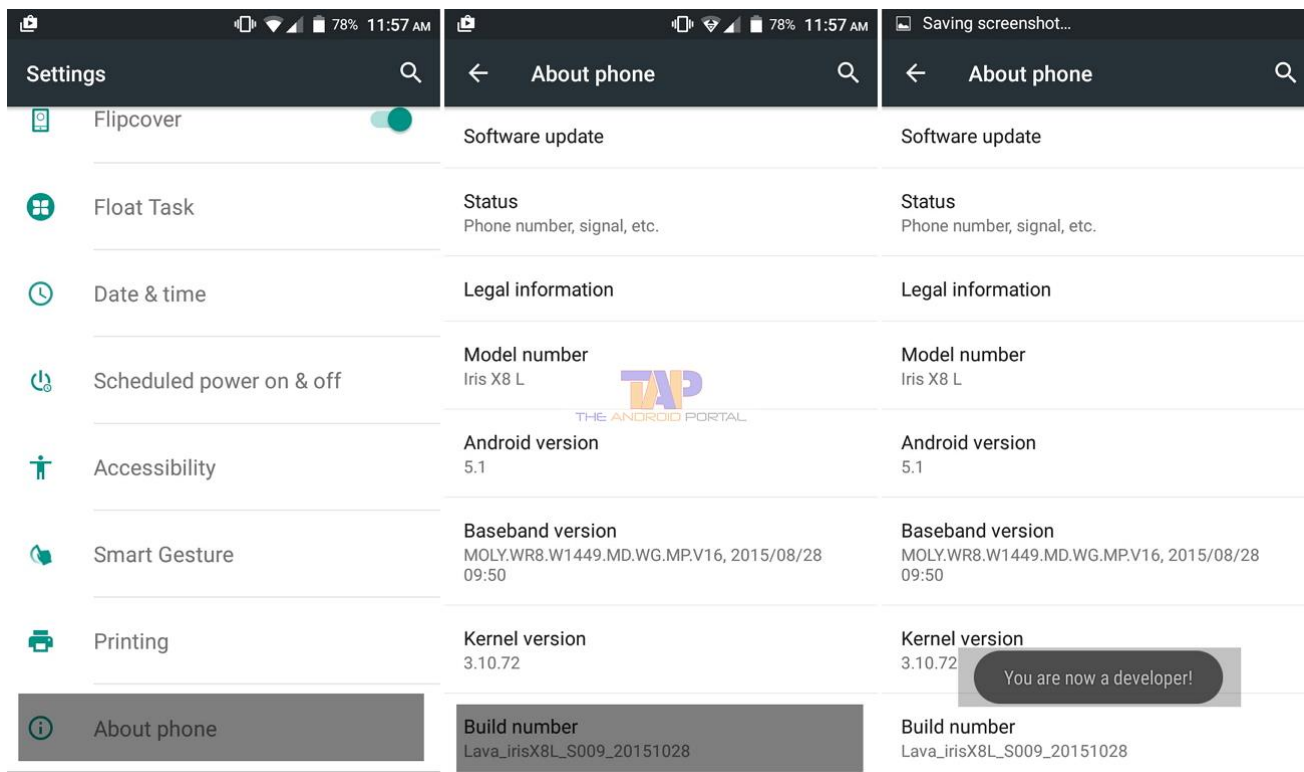
Kad šis leidimas veiktų, prieš tai turi būti paprašyti ACCESS_COARSE_LOCATION arba ACCESS_FINE_LOCATION leidimai. Prašydami tik šio leidimo nesuteikiame prieigos prie vietovės. Tai griežtai ribojamas leidimas, kurio programa negali turėti tol, kol programuotojas įrašė neištraukia jo kaip baltojo leidimo.

- ACCESS_MOCK_LOCATION - leidžia sukurti vietą, nepaisant kitų vietos nustatymo šaltinių

Tai ir bus mūsų programos pagrindiniai leidimai. Gaudami vartotojo buvimo vieta naudojant ACCESS_FINE_LOCATION ir ACCESS_BACKGROUND_LOCATION mes ją užmaskuosime pasinaudodami ACCESS_MOCK_LOCATION leidimu, kuris leis programai nepaisyti vietos ir (arba) būsenos, kurią pateikia kiti vietovės šaltiniai, pvz., GPS ar kiti vietos teikėjai ir panaudoti mūsų užmaskuotą vietą.

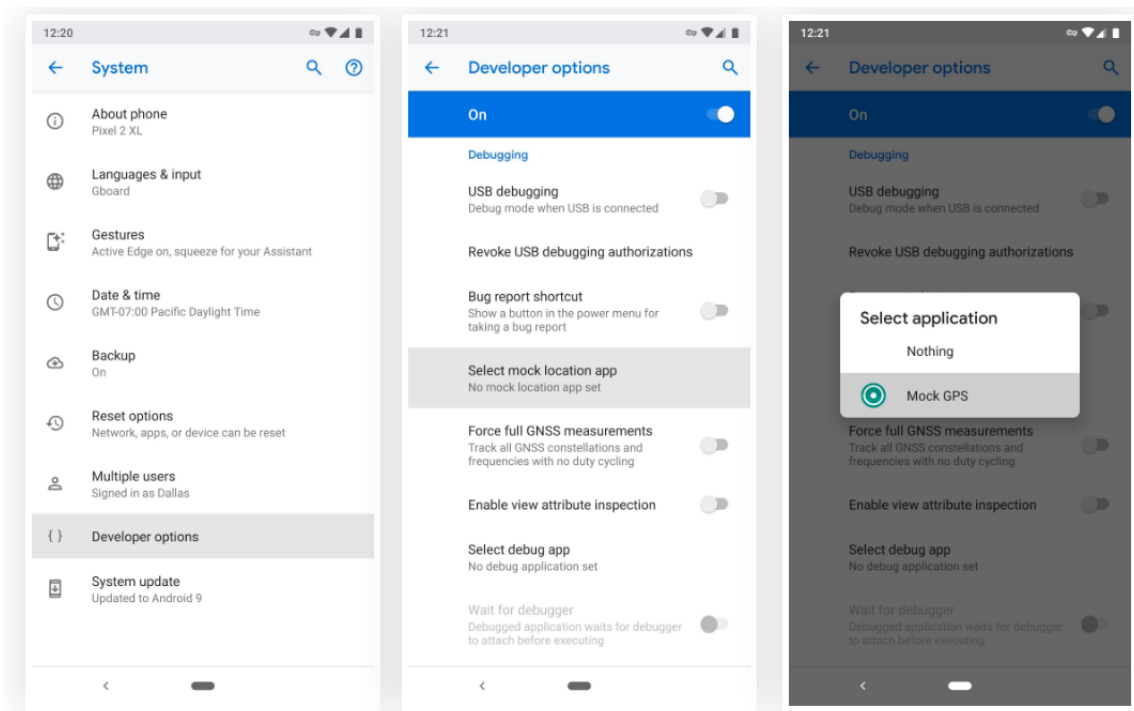
Tam kad ACCESS_MOCK_LOCATION leidimas programoje veiktų tinkamai neužtenka tiesiog suteikti prieigos prie vietovės, būtina naudoti “Android” esanti “Programuotojo parinktys” menu ir

jame pažymėti, kokia programa bus skirta maskuoti mūsų vietovę. Šis meniu nuo 4.2 “Android” versijos yra paslėptas ir jį reikia įgalinti. Įgalinimo procedūra vyksta taip – pirmiausia pasirenkamas nustatymų meniu ir jame punktas “Apie telefoną”. Susirandamas “Versijos numeris” ir ant jo spaudžiama 7 kartus kol pasimato užrašas “Programuotojo parinktys įjungtos”. Nuo šiol programuotojo parinktys galime matyti pagrindiniame nustatymų puslapyje.



18 pav. “Programuotojo parinktys” meniu įgalinimas

Įjungus programuotojo parinkčių meniu jame reikia rasti punktą “Pasirinkti imituotos vietos programą” ir pasirinkti mūsų sukurtą imituotos vietos programą. Taip bus suteikta galimybė mūsų programai sukurti vietą.



19 pav. Imituotos vietovės programos nustatymas

3.4. Vietos maskavimas

Maskavimo komponento paskirtis yra paversti faktinę buvimo vietos informaciją tinkama privatumo užtikrinimui. Todėl šis komponentas susideda iš kelių maskavimo algoritmų ir konfigūracijų rinkinio. Konfigūracijos apibrėžia programų priskyrimą kategorijoms, algoritmų priskyrimą kategorijoms ir pasirinktinius algoritmų konfigūracijos parametrus. Kai maskavimo komponentas gauna vartotojo užklausą iš perėmimo komponento, maskavimo komponentas atlieka užtemdymo procedūrą, kuri aprašyta žemiau esančioje lentelėje. Maskavimo užklausą sudaro faktinė buvimo vietos informacija ir unikalus programos ID. Remiantis ID, kategorija ir konfigūracija gaunama iš konfigūracijos failo. Konfigūracijoje yra priskirtas algoritmas ir neprivalomi parametrai, kurie vėliau naudojami įkeliant atitinkamą maskavimo algoritmą. Įkėlus algoritmą, nustatomi parametrai ir algoritmas užgožia faktinę vietos informaciją. Šios procedūros rezultatas, aptikta vietos informacija, grąžinama į perėmimo komponentą, kad būtų įterpta į perimamą pranešimą. Šio komponento architektūra palaiko naujo maskavimo algoritmo pridėjimą ir pašalinimą vykdymo metu. Galima paprasčiausiai nukopijuoti naują kompiliuotą algoritmą į tam skirtą aplanką ir komponentas jį įkelia vykdymo metu. Ši funkcija garantuoja ilgą užblokavimo komponento veikimo laiką, nes jį galima pratęsti be reikalingų pakartotinių paleidimų ir išjungti kai tik vartotojas užsimano. Algoritmo pagrindinį principą ir kelią galime pamatyti žemiau esančiame paveikslėlyje.

```

Duomenys: faktinėVieta
Rezultatas: užmaskuotaFaktinėVieta
konfiguracija ← null
Jei faktinėVieta != null tada
    vietovė ← faktinėVieta
    algoritmas ← konfiguracija.gautiAlgoritmas()
    algoritmas.gautiNustatymus(konfiguracija.gautiNustatymus())
    vietovė ← algoritmas.užmaskuoti(faktinėVieta)
    gražinti vietovę
kitas
    gražinti null
pabaiga

```

20 pav. Užmaskavimo algoritmo pagrindinis principas

3.5. K-anonimizavimo naudojimas maskavimui

Šiame darbe naudojamas k-anonimiškumo principas, kuris leidžia vartotojui sutapatinti savo buvimo vietą, su dar keliais, konkrečiu atveju 5, vartotojais. Vartotojui pateikus užklausą, jis yra sutapatinamas su 5 šalia esančiais vartotojais ir jie yra patalpinami viename, tam tikrame, mažame regione, remiantis ilguma ir platumu. Taip gauname kad, visi 5 vartotojai yra panašioje vietoje ir atskirti kuris yra kuris nėra visiškai įmanoma.

Programos veiksmai vyksta tokia tvarka:

1. Vartotojas atsidaro programą;
2. Pasirenka maskavimo tipą(k-anonimizacija);
3. Anonimizatorius iškviečia funkciją, kad sužinotų dabartinės vartotojo koordinatas;
4. Pasinaudojant jau suformuotu masyvu iš 1000 vartotojų yra sukama „for“ kilpa su visais masyvo elementais, remiantis gautomis mūsų užmaskuojamo įrenginio koordinatėmis, tokiu būdu atrenkant 5 vartotojus esančius arčiausiai užmaskuojamo įrenginio.
5. Iš šių 5 vartotojų plius užklausą atliekančio vartotojo yra suformuojamas vartotojų regionas koordinatėmis, kurios žymi pradinius ir galinius taškus.
6. Šiame regione yra išskirstomi visi 6 vartotojai taip, kad visi vartotojai būtų užmaskuoti ir tapatūs, o realios jų buvimo vietos atsekti būtų neįmanoma. Trumpai tariant mūsų užklausa pateikiąs vartotojas pakeičia savo buvimo vietą į tokią, kuri yra arčiausiai jo, ir toje vietoje jis vienas, o su dar 5 vartotojais kartu.

3.6. Math.random() naudojimas maskavimui

Naudojant math.random funkciją vartotojas yra užmaskuojamas atsitiktine tvarka parinktomis koordinatėmis. Šis metodas puikiai tinka tada kai vartotojui nėra reikalinga jokia informacija susijusi su jo vietovė. Šiuo atveju jis yra užmaskuojamas taip, kad jo tikroji esama vieta neturi jokios įtakos užmaskuotai vietovei ir yra koordinatės yra parinktos atsitiktine tvarka ilgumoje ir platumoje, nurodant šių koordinačių maksimumo ir minimumo taškus. Atsitiktine tvarka parinktos koordinatės gali būti kitame žemyne ar šalyje, ar net viduryje vandenyno. Tačiau tokiu būdu vartotojas yra visiškai užtikrintas, kad jo tikroji viena nebus atskleista ar kitais būdais susieta su juo.

Programos veiksmai vyksta tokia tvarka:

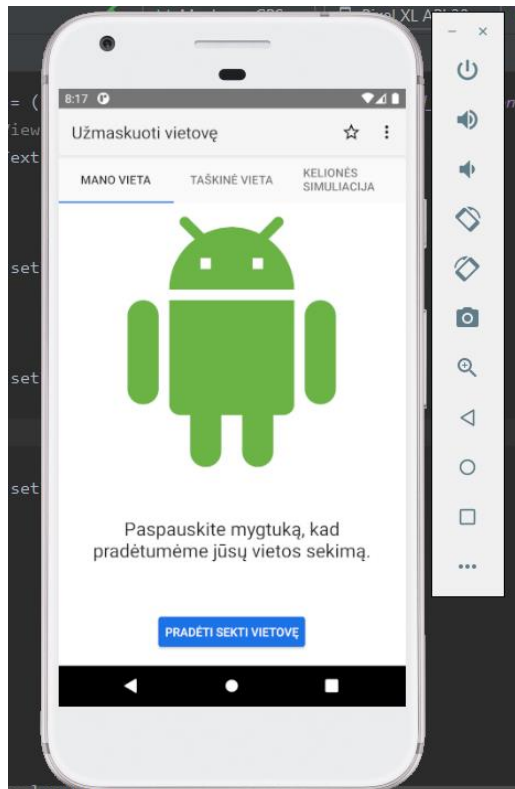
1. Vartotojas atsidaro programą;
2. Pasirenka maskavimo tipą(`math.random()`);
3. Užmaskavimo funkcija atsitiktine tvarka parenka koordinates platumos ir ilgumo ašyje taip sudarydama tašką, kuriame yra vartotojas.
$$\text{Ilguma} = \text{Math.random()} * (\text{max-ilguma} - \text{min-ilguma}) + \text{min-ilguma};$$
$$\text{Platuma} = \text{Math.random()} * (\text{max-platuma} - \text{min-platuma}) + \text{min-platuma};$$
4. Užmaskavimo funkcija perduoda šias koordinates įrenginiui ir pakiša jas po realiomis koordinatėmis. Nuo šiol įrenginio vietovė yra rodoma ta, kuri buvo atsitiktiniu būdu parinkta užmaskavimo funkcijos.

3.7. Vietos maskavimo programėlės struktūra

Tyrimo tikslams įgyvendinti sukurta mobiliųjų įrenginių vietos maskavimo programos prototipas, kurį sudaro 3 pagrindiniai moduliai - vartotojo vietos stebėjimas, taškinės vietos užfiksavimas bei judėjimo iš taško A į tašką B imitacija. Visi šie moduliai yra patalpinti į skirtingus skirtukus (angl. tab).

3.7.1. Vartotojo vietos stebėjimas

Pirmiausia vartotojas atsidaręs programą mato skirtuką kuriame gali pasitikrinti, kokią konkrečią vietą mato jo įrenginys. Tam reikalingas leidimas pasiekti vartotojo vietą. Jei šis leidimas yra duotas programėlė pradeda sekti vartotojo vietą. Kol programa bando tikrinti leidimus ir susekti vartotojo buvimo vietą paveikslėlis juda ir yra pateikiama išsami informacija apie vartotojo buvimo vieta: tikslus adresas bei ilguma ir platuma.

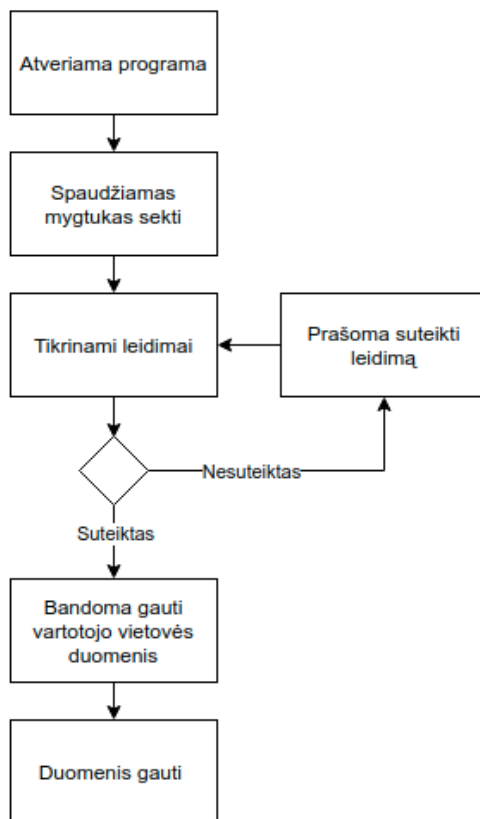


21 pav. Pirmasis programėlės langas

Šiam tikslui pasiekti ir norint nesijaudinti kokį tiekėja ar tinklo tipą naudoti, norint efektyviais rasti įrenginio vieta, mes naudosime “*FusedLocationProviderClient*” sąsaja. Kad ši sąsaja veiktų jai reikia

Google Play paslaugos kurią pridėsime prie *build.gradle dependencies*. Dar viena būtina sąlyga pasiekti įrenginio vietovę yra leidimai(angl. permissions). Šiam tikslui reikia dviejų leidimų:

- ACCESS_COARSE_LOCATION
- ACCESS_FINE_LOCATION



22 pav. Programėlės leidimų suteikimo diagrama

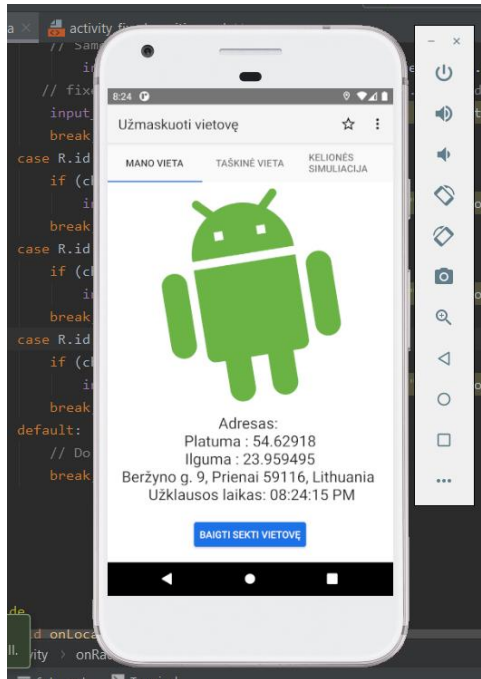
Dabar programa jau galės pasiekti ir parodyti įrenginio vietovės ilgumą ir platumą. Tačiau nors platumą ir ilgumą yra naudingos apskaičiuoti atstumą ar rodant žemėlapiu padėtį, daugeliu atveju vietos adresas yra naudingesnis ir suprantamesnis. Norint pakeisti ilgumą ir platumą į fizinį adresą procesas vadinamas atvirkštiniu geokodavimu (angl. reverse geocoding). GetFromLocation() metodas esantis Geocoder klasėje priima ilgumą ir platumą ir gražina fizinį adresą.

```
@Override
protected String doInBackground(Location... params) {
    Geocoder geocoder = new Geocoder(mContext,
        Locale.getDefault());

    Location location = params[0];
    List<Address> addresses = null;
    String resultMessage = "";

    try {
        addresses = geocoder.getFromLocation(
            location.getLatitude(),
            location.getLongitude(),
            maxResults: 1);
    } catch (IOException ioException) {
```

23 pav. Koordinatų vertimas į fizinį adresą.



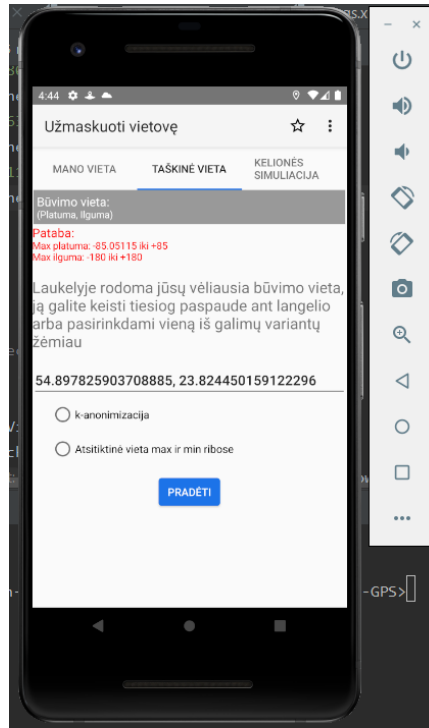
24 pav. Gražinamos vietovės atvaizdavimas programėlėje

3.7.2. Taškinės vietos užfiksavimas

Antrame skirtuke vartotojas laukelyje mato savo paskutinės buvimo vietos koordinate ir gali jas keisti arba rankiniu būdu arba žemiau pasirinkdamas vieną iš parinktųjų akučių (angl. radio buttons). Vartotojas gali rinktis k-anonimizacijos metodą arba atsitiktines koordinates kurios apskaičiuojamos naudojantis java *Math.random()* funkcija.

Taip pat pasirinkti k-anonimiškumo principą, kai vartotojas tampa anonimiškas sutapatindamas vietovę su dar k vartotojų, šiuo atveju mes renkamės 5 vartotojus.

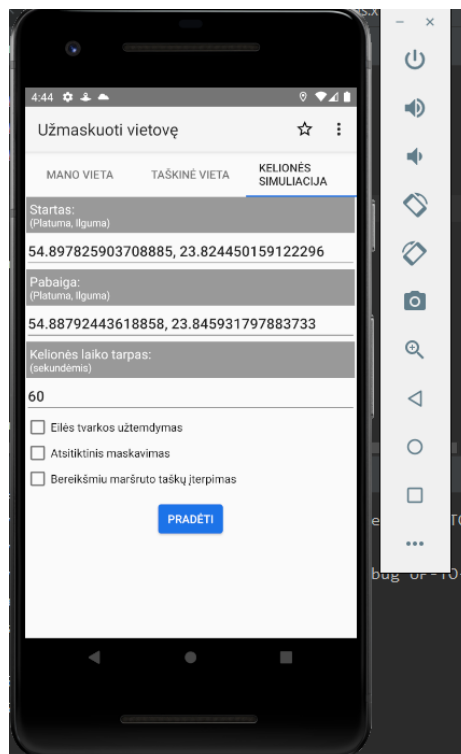
Šiam tikslui kad paspaudus "Pradėti" mygtuką vieta būtų atiduota visoms telefone esančioms programėlėms naudojamas jau minėtas `ACCESS_MOCK_LOCATION` leidimas. Šis leidimas leidžia nepaisyti vietų, kurias pateikia kiti vietovės šaltiniai kaip pavyzdžiui GPS ar „Bluetooth“.



25 pav. Taškinės vietos užmaskavimas

3.7.3. Judėjimo iš taško A į tašką B imitacija

Trečiame skirtuke vartotojas gali imituoti savo judėjimą nuo taško A iki taško B pateikdamas pradines ir galines koordinates bei nustatydamas judėjimo greitį. Šiuo atveju vartotojas nebūtinai pats turi judėti iš kažkokio taško A į kažkokį tašką B. Vartotojas būdamas tiesiog vienoje vietoje gali nurodyti iš kur į kur juda jo telefonas ir kaip greitai jis tą tašką pasieks, taip imituodamas kelionę.



26 pav. Judėjimo imitacijos užmaskavimas

3.8. Išvados

1. Skyriuje pasiūlytas vartotojo vietos apsaugos/užmaskavimo metodo prototipas. Kadangi didžioji dalis „Android“ programėlių reikalauja leidimo pasiekti vartotojo buvimo vieta, nors dažnu atveju tai programėlei šio leidimo visai nereikia.
2. Prototipas susideda iš trijų dalių. Pirmajame programėlės lange vartotojas gali patikrinti kokią jo buvimo vietą mato išmanusis įrenginys. Antrajame gali užmaskuoti savo vietovę taškiniu principu, o trečiajame gali imituoti ar užmaskuoti kelionę tarp A – B vietovių.
3. Prototipo pranašumas, kad jis užmaskuotą vietovę atiduoda/atnaujina kas milisekunde, taip nesudarydamas galimybės įrenginiui ar programėlei pasikreipti į realiąją vietovę.

4. Privatumo apsaugos metodo nuo buvimo vietos nustatymo mobiliesiems įrenginiams eksperimentinis tyrimas

Remiantis 3 skyriuje aprašytu apsaugos metodų buvo suformuotas ir atliktas tyrimas, leidžiantis pamatyti metodo veiksmingumą realiomis sąlygomis. Tyrimo metu naudota techninė bei programinė įranga:

- Nešiojamasis kompiuteris „DELL Inspiron 17R SE“
- Maršrutizatorius ir Wi-fi prieigos stotelė
- Mobilusis įrenginys “Samsung Galaxy Pro 10”
- Android studio
- Android SDK

Nešiojamasis kompiuteris yra pagrindinė naudota techninė įranga, kurioje Android studio pagalba bei jame esančiu Android telefono emuliatoriumi ir yra vykdoma pagrindinė tyrimo dalis - testuojamas vietos užmaskavimo metodo veikimas.

3 lentelė. Programinė ir aparatinė įranga.

Programinė įranga / programėlė / įrenginys	Techninės savybės
Android Studio 4.0.2	Versija #AI-193.6911.18.40.6821437, 2020 m. rugsėjo 9 d
	JRE 1.8.0_242-release-1644-b01 amd64
	JVM OpenJDK 64-bit Server VM by JetBrains s.r.o
„Android“ virtualusis įrenginys	Pixel 3a 420dpi
	API 30
	1080 x 2220 xxhdpi
	Android 10.0
	CPU x86
Nešiojamas kompiuteris Dell	Operacinė sistema: Windows 10 Education
	Sistemos tipas: 64 bitų operacinė sistema,, x64 pagrindo procesorius
	Procesorius: Intel(R) Core(TM) i7-5500U CPU @ 2.40GHz 2.40 GHz
	Įdiegta atmintis (RAM) : 8 GB
„Bolt“ programėlė	Versija: CI.11.0 (43501704)
„Wolt“ programėlė	Versija: 3.0.2 (8321)
„Waze“ programėlė	Versija: 4.73.1.2

4.1. Populiariausių maršrutų Lietuvoje užmaskavimo tyrimas naudojantis trimis programėlėmis.

Tam, kad įvertinti pasiūlytą metodą siūlomas toks scenarijus – iš „Google App Store“ atrenkamos trys Lietuvoje populiariausios programėlės, kurios akivaizdžiai naudoja įrenginio vietovę. Pasirinktos programėlės yra „Google Maps“ – žemėlapių programėlė, Bolt – taksi programėlė bei „MyTracks“ – realaus laiko kelių bei žemėlapių programėlė. Tyrimas susidės iš dviejų dalių. Pirmiausias testuosime prototipo taškinės vietos modulį su 20 taškinių vietų matomų žemiau esančioje lentelėje naudojant populiariausias programėles.

Šiam eksperimentui iškelti tikslai:

1. Patikrinti ar taškinės vietos užmaskavimas panaudojant k-anonimizacija ar math.random() funkciją gali išlaikyti vietovę užmaskuota ilgesnį laiką (minimum 5 min.);
2. Taškinės vietos užmaskavimo tikrinimas remsis klaidingai teigiamu rezultatu (angl. false positive) ir tikruoju teigiamu rezultatu (angl. true positive) bei iš jų apskaičiuojama teigiama nuspėjama reikšmė (angl. positive predictive value)
3. **Klaidingai teigiamu rezultatu** laikysime tada, kai mūsų programėlė teigs, kad taškinė vieta yra užmaskuota, tačiau pasirinktose programėlėse, kažkuriuo laiko momentu matysime neužmaskuota vietovę.
4. **Tikruoju teigiamu rezultatu** laikysime tada, kai taškinė vieta, liks užmaskuota visą nustatytą laiką (minimum 5 min.)

4 lentelė. 20 taškinių vietų aplink Kauną.

Nr.	Realiai taškinė vieta	Taškinės vietos koordinatės
1.	Akademija	54.897825903708885, 23.824450159122296
2.	Virbališkiai	54.903118890705436, 23.75191209833436
3.	Lampėdžiai	54.910592900668654, 23.821930698914127
4.	Raudondvaris	54.94552089548086, 23.76623844897424
5.	Karmėlava	54.969780230558015, 24.056121140343123
6.	Kaišiadorys	54.876021174617804, 24.423980385044896
7.	Kauno pilis	54.90410917802418, 23.912835937230767
8.	Prienai	54.629570393872726, 23.951140689006422
9.	Elektrėnai	54.7846635731866, 24.675244382244585
10.	Trakai	54.64230805351833, 24.923917431871494
11.	Garliava	54.8285633039169, 23.89562076719805
12.	Ariogala	55.25732211036954, 23.460516766766318
13.	Prienai	54.63608984492666, 23.95171255437054
14.	Kaišiadorys	54.876021174617804, 24.423980385044896

15.	Marijampolė	54.556356793590055, 23.402257178331393
16.	Vilkaviškis	54.65894958502291, 23.060507956871447
17.	Giraitė	54.95331099678894, 23.866116028016688
18.	Ilgakiemis	54.774652173058335, 23.88087503796506
19.	Vaišvydava	54.84184824110421, 24.043716117511902
20.	Rokeliai	54.835852244404954, 23.965487252249808

Antrajame testavimo scenarijuje testuosime antrąjį programėlės modulį, kuris yra paremtas maršrutais. Visos išvardintos programėlės bus testuojamos su 20 populiariausiu maršrutų esančiu Lietuvoje, kuriuos galite pamatyti žemiau esančioje lentelėje. Maršrutams naudojamos koordinatės, kurios yra labai tikslios. Taigi pirmame stulpelyje matome realaus maršruto abstraktų adresą, antrame stulpelyje maršruto pradžios koordinatę ir 3 stulpelyje maršruto pabaigos koordinatę.

Šiam eksperimentui iškelti tokie tikslai:

1. Kiekvieną maršrutą patikrinti su visais užmaskavimo metodais atskirose programėlėse. Taigi naudojant 3 programėles ir 3 užmaskavimo metodus bus patikrinta 20 populiariausių maršrutų aplink Kauną.
5. Maršrutu tikrinimas remsis klaidingai teigiamu rezultatu (angl. false positive) ir tikruoju teigiamu rezultatu (angl. true positive) bei iš jų apskaičiuojamu teigiamu nuspėjimu santykiu (angl. positive predictive value).
2. **Klaidingai teigiamu rezultatu** laikysime tada, kai maršrutas bus įvykdytas teisingai, tačiau jis keliaus per upes, jūras ir pan. nekreipdamas dėmesio į kelius ar vietas, kuriomis paprastai keliauti nebūtų įmanoma.
3. **Tikruoju teigiamu rezultatu** laikysime tada, kai maršrutas bus įvykdytas sėkmingai, ir keliaus reikiama keliais.

5 lentelė. 20 populiariausių maršrutų

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758
3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755

8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737

4.2. Taškinės vietos eksperimentinis tyrimas.

Pirmiausia taškinės vietos eksperimentinį tyrimą atliksime su visomis trejomis programėlėmis panaudodami k-anonimizacijos bei `math.random()` metodą.

4.2.1. Taškinės vietos eksperimentinis tyrimas naudojant k-anonimizacijos metodą.

Taškinės vietos eksperimentinis tyrimas naudojant k-anonimizacijos metodą vyksta taip:

1. Emuliacijoje yra nustatoma reali taškinė vieta ir pasirenkamas k-anonimizacijos metodas;
2. Spaudžiamas mygtukas, kuris pradeda užmaskavimą ir iš šalie esančių vartotojų masyvo susiranda tokias koordinatas kurios kartojasi kelis kartus ir taip vartotojas yra užmaskuojamas kartu su kitais vartotojais, tose pačiose koordinatėse;
3. Įsijunginama tikrinamoji programėlė ir stebima, kurioje vietoje yra nurodoma vartotojo buvimo vieta.

Iš pateiktų duomenų matomu **11** lentelėje galime matyti, kad šioje programėlėje užmaskavimas įvyksta ne visada taip kaip mes norėtume. Koordinatės visada yra užmaskuojamos tačiau dažniausiai po 30 sekundžių programėlė kartas nuo karto vis pasikreipia į vietovę esančia Amerikoje, kurioje yra „Google“ būstinė. Tačiau kaip ir matome iš lentelės tai vyksta ne su visomis koordinatėmis ir atsekamumas nėra įmanomas, kadangi kiekvieną kartą viskas vyksta skirtingai.

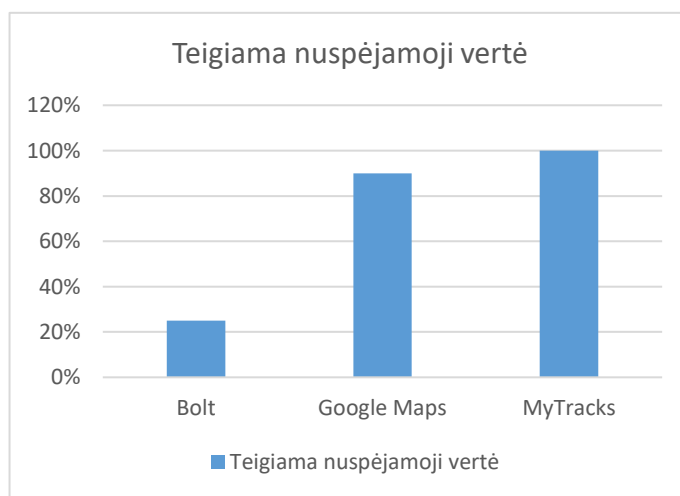
Ištestavę „Google Maps“ programėlę (12 lentelė) matome, kad užmaskavimas šiuo atveju įvyko sėkmingiau nei su prieš tai buvusia testuojama programėle. Šiuo atveju tik dvi koordinatės nepavyko užmaskuoti sėkmingai.

Ištestavę paskutinę programėlę (13 paveikslėlis) matome, kad visas koordinatės pavyko užmaskuoti ir išlaikyti reikiamą laiką užmaskuotas. Nors didžioji dalis užmaskuotų koordinatė buvo naudotos ir su prieš tai buvusiomis programėlėmis šįkart užmaskavimas pavyko sėkmingai.

6 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimo metodo teigiama nuspėjama reikšmė (angl. Positive predictive value) naudojant k-anonimizacijos metodą.

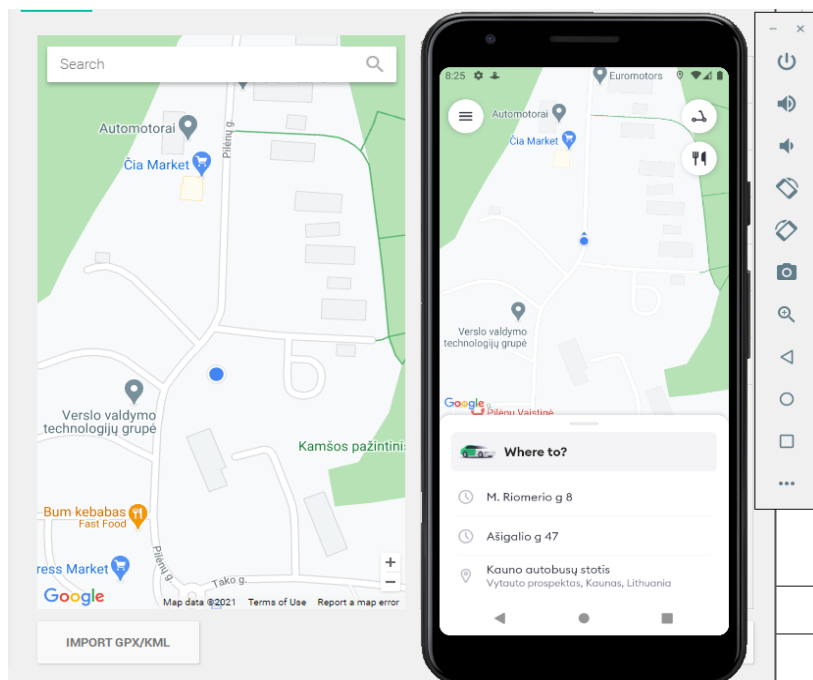
Programėlė	Taškų kiekis	Klaidingai teigiamu rezultatu	Tikrieji teigiami rezultatu	Teigiama nuspėjamoji vertė
Bolt	20	15	5	25%
Google Maps	20	2	18	90%
MyTracks	20	0	20	100%

Apskaičiavę teigiama nuspėjama reikšmę, matome, kad su visomis programėlėmis ji yra labai skirtinga. Bolt programėlėje užmaskavimas pavyko tik 25% „Google Map“ 90 procentų, o „MyTracks“ net 100%. Galime daryti išvadas, kad metodas veikia, tačiau ne su visomis programėlėmis ir ne su visomis koordinatėmis.



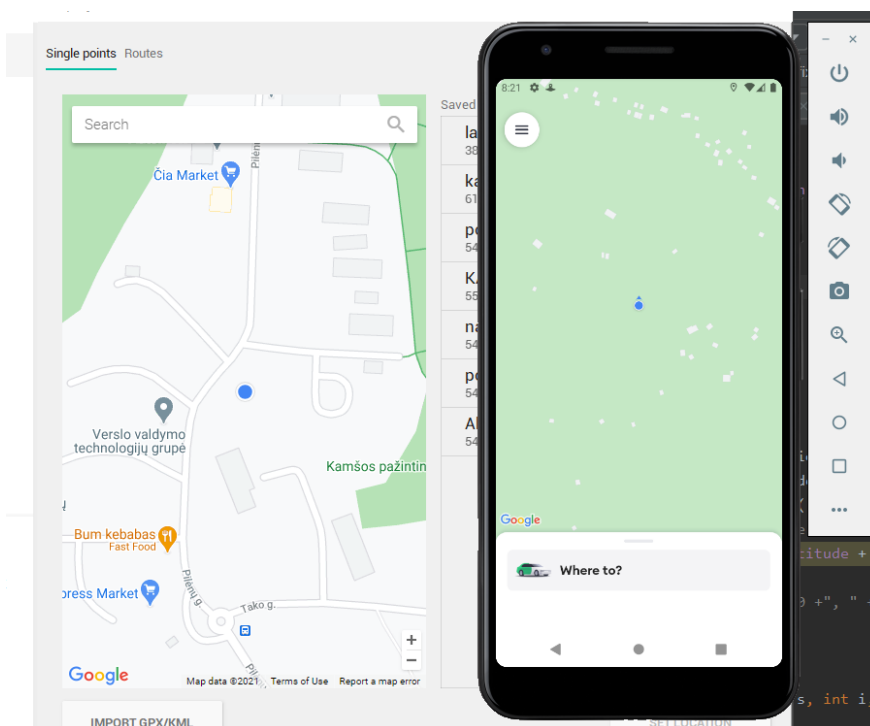
27 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis.

Žemiau esančiame paveikslėlyje galime matyti, kad bandant užmaskuoti Akademijos miestelio koordinatės naudojant k-anonimizacijos metodą koordinatės labai nežymiai pasikeičia. Kairėje pusėje matome emulioriaus nurodomas koordinatės 54.897825903708885 platumos ir 23.824450159122296 ilgumos dešinėje pusėje panaudojant sukurtą programėlę jos pasikeičia į 54.897825903708887 platumos ir 23.824450159122296 ilgumos. Tačiau žemėlapyje jau galime matyti, kad vartotojas, kuris pažymėtas mėlynai, jau yra kitoje vietoje nei buvo prieš užmaskuojant koordinatės.



28 pav. Vartotojo taškinės vietos užmaskavimas panaudojant k-anonimizacijos metodą.

29 pav. matome, kad bandant užmaskuoti Akademijos miestelio koordinatas naudojant Math.random() funkcijos metodą, kuris remiasi maks. ir min. koordinatų ribomis, koordinatės jau labai žymiai pasikeičia. Kairėje pusėje matome emuliatoriuje nurodomas įrenginio esamos vietovės koordinatas 54.897825903708885 platumos ir 23.824450159122296 ilgumos dešinėje pusėje panaudojant sukurtą programėlę jos pasikeičia į -31.36037711854479 platumos ir 3.2094992201638206 ilgumos. Dabar aiškiai žemėlapyje galime matyti, kad vartotojas atsirado visai kitoje vietoje ir net kitame žemine.



29 pav. Vartotojo taškinės vietos užmaskavimas panaudojant random() funkcijos metodą.

4.2.2. Taškinės vietos užmaskavimo tyrimas naudojant `math.random()` metodą.

Taškinės vietos eksperimentinis tyrimas naudojant `math.random()` metodu vyksta taip:

1. Emuliacijoje yra nustatoma reali taškinė vieta ir pasirenkamas `math.random()` metodas
2. Spaudžiamas mygtukas, kuris pradeda užmaskavimą ir iš visų pasaulyje galimų koordinatinių atsitiktiniu būdu parenka koordinatas.
3. Įsijungia tikrinamoji programėlė ir tikrinama, kurioje pasaulio vietoje yra matomas vartotojas.

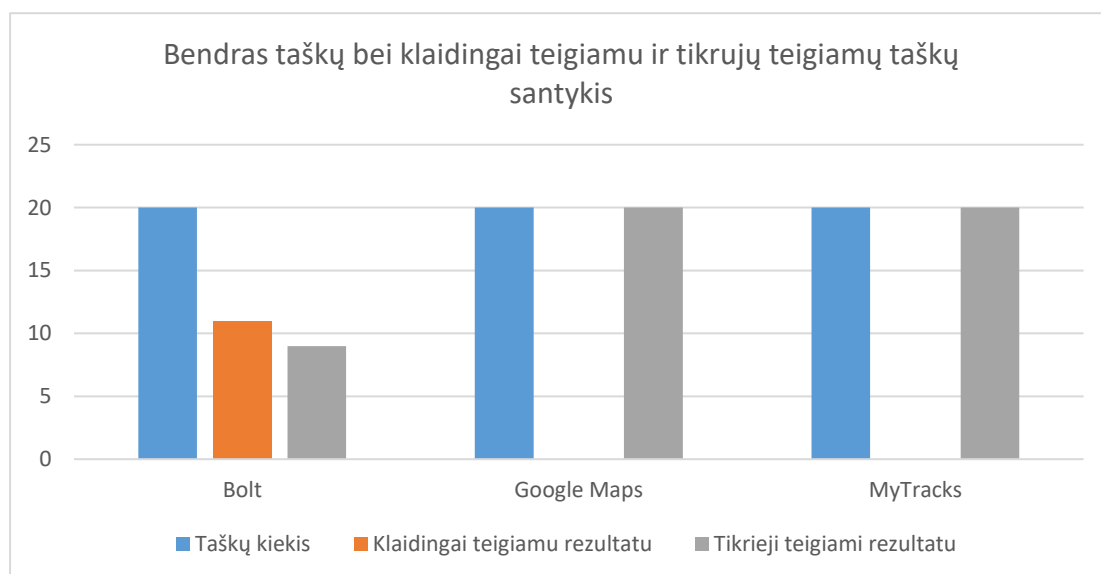
Iš pirmosios tikrinamosios „Bolt“ programėlės galime matyti (14 lentelė), kad šį kartą taip pat ne visos koordinatos pavyko užmaskuoti. Vienu atveju koordinatos tiesiog nepakisdavo, kitu atveju jos pakisdavo, tačiau neišlaikydavo užmaskuotu koordinatinių nustatyta laiką.

Kaip matome iš 15 lentelės, užmaskavimas su `math.random()` metodu ir „Google Maps“ programėle pavyko labai sėkmingai. Visos pateiktos koordinatės buvo užmaskuotos ir išlaikytos užmaskuotos visą nustatyta laiko tarpą.

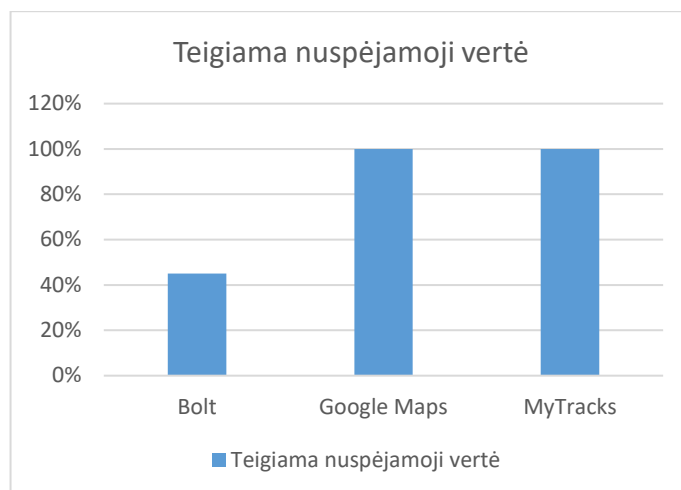
Atlikus eksperimentinį tyrimą su „MyTracks“ programėle bei `math.random()` metodu taip pat galime teigti (16 lentelė), kad eksperimentas pavyko puikiai ir visos nurodytos koordinatės buvo užmaskuotos teisingai ir išliko užmaskuotos visą nustatyta laiką.

7 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimo metodo teigiamos nuspėjamosios vertės santykis naudojant `math.random()` metodą.

Programėlė	Taškų kiekis	Klaidingai teigiamu rezultatu	Tikrieji teigiami rezultatu	Teigiama nuspėjamoji vertė
Bolt	20	11	9	45%
Google Maps	20	0	20	100%
MyTracks	20	0	20	100%



30 pav. Bendras taškų bei klaidingai teigiamu ir tikrųjų teigiamų taškų santykis.



31 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis.

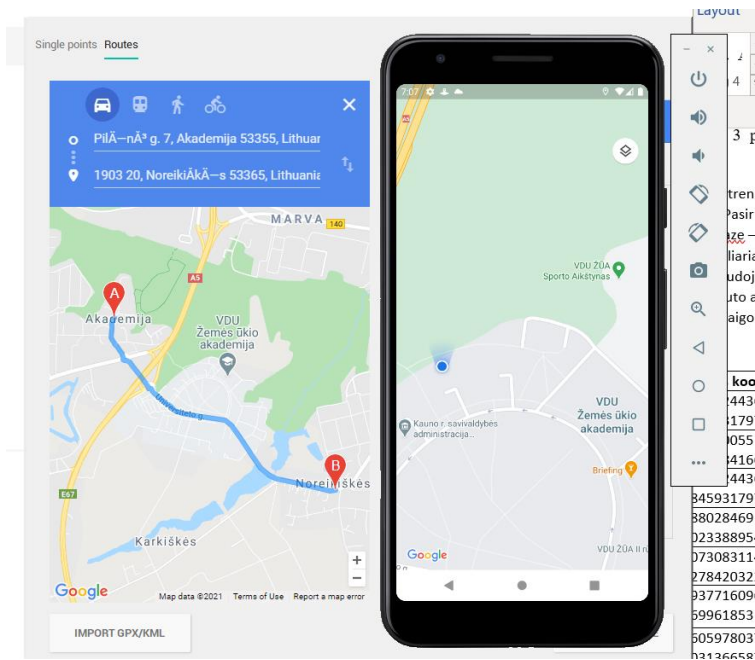
Apskaičiavę teigiama nuspėjama reikšmę, matome, kad Google Maps bei „MyTracks“ programėlėse metodas suveikė puikiai ir visos koordinatės buvo užmaskuotos be jokių trugdžių, tačiau kaip ir su prieš tai buvusiu metodu Bolt programėlėje užmaskavimas įvyksta teisingai tik 45 procentais atveju. Galime daryti išvadas, kad Bolt programėlėje užmaskavimas yra sudėtingesnis ir reikia atlikti gilesnius tyrimus ateityje norint užmaskuoti teisingai šioje programėlėje pateiktas koordinatas.

4.3. Maršruto užmaskavimo eksperimentinis tyrimas

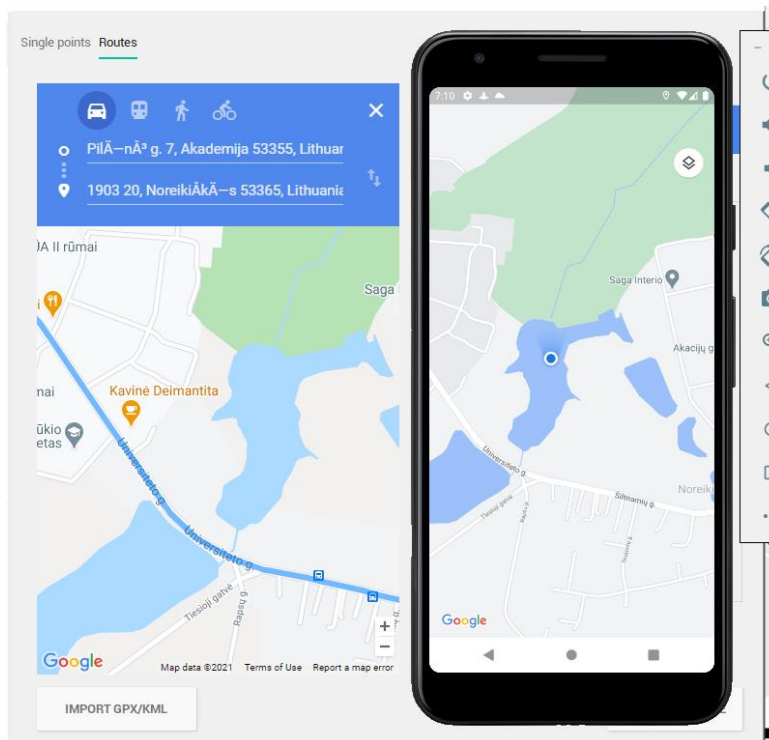
Maršruto užmaskavimo eksperimentinį tyrimą atliksime su visomis trejomis programėlėmis. Tikrinsime visus tris užmaskavimo metodus ir žymėsime kuris maršrutas keliauja teisingai, kuris kertasi su upėmis ir kitais panašiais objektais, kurių kirtimas nebūtų galima keliaujant realiu maršrutu.

4.3.1. Eilės tvarkos užtemdymo metodo eksperimentinis tyrimas

Prieduose esančiose lentelėse (17,20,23) galime matyti kaip ir kuriam maršrutui ar programėlei sekėsi, kokios buvo pradinės ir galutinės koordinatės bei matyti kaip jiems sakėsi įvykdyti šias maršrutų užmaskavimo užduotis. Žemiau esančiuose paveikslėliuose galime matyti kaip vyksta užmaskavimo procesas. Dešinėje pusėje yra emuliatoriaus langas su įjungta „Google Maps“ programėle, o kairėje pusėje emuliatoriaus nustatymu maršruto langas. **33 pav.** Eilės tvarkos užtemdymo metodo maršruto tarpinio taško atvaizdavimas emuliatoriuje, kai laikoma kad maršrutas atitinka klaidingai teigiama rezultata. **33 pav.** Galime matyti viena iš atveju, kada maršruto užmaskavimo rezultatas yra klaidingai teigiamas. Kitaip tariant maršrutas laikomas klaidingai teigiamu tada, kai jis kerta upes, juras, vandenynus ar ežerus ar kitas sausumos ar ne sausumos vietas, kuriomis įprastomis sąlygomis keliauti nebūtų įmanoma.

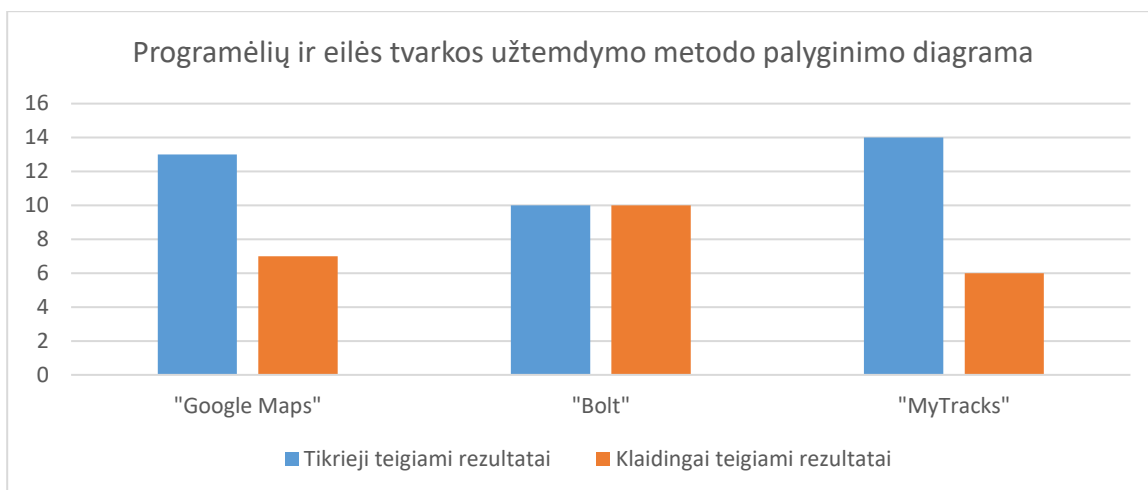


32 pav. Eilės tvarkos užtemdymo metodo pradinio taško atvaizdavimas emuliacijoje.



33 pav. Eilės tvarkos užtemdymo metodo maršruto tarpinio taško atvaizdavimas emuliacijoje, kai laikoma kad maršrutas atitinka klaidingai teigiama rezultata.

Diagramos esančios žemiau vaizduoja "Google Maps", „Bolt“ bei „MyTrack“ programėlių ir eilės tvarkos užtemdymo metodo teisingumą remiantis tikraisiais teigiamais rezultatais bei klaidingai teigiamais rezultatais. Visų maršrutų užmaskavimo tikslas yra judėti šalia, esamo tikrojo maršruto, tik šiuo atveju prie maršruto užtemdymo prisidėjo dar ir eilės tvarkos užtemdymo metodas, kuris sumaišo esamo maršruto kelionės taškų eilės tvarka ir taip padeda dar geriau užmaskuoti maršrutą.



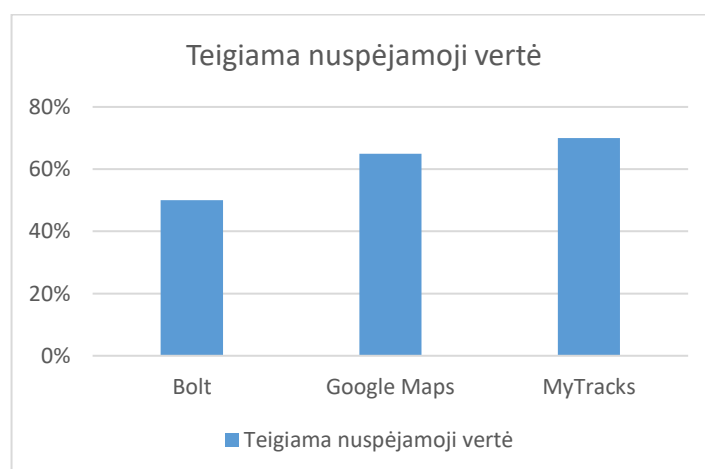
34 pav. Programėlių ir eilės tvarkos užtemdymo metodo palyginimas.

Iš pirmojo eilės tvarkos užtemdymo maršruto palyginimo su visomis trejomis programėlėmis, galime matyti, kad „Google Maps“ programėlėje tik 7 maršrutų ėjo per tas vietas, kuriomis įprastai žmogus važiuoti negalėtų, „Bolt“ programėlėje rezultatai pasiskirstė po lygiai, t.y 10 maršrutų atitiko klaidingai teigiamus rezultatus, na o „MyTrack programėlėje 14 maršrutų buvo pilnai išpildyti ir nesusidūrė su upėmis, jūromis ar miškingomis vietovėmis.

8 lentelė. Maršruto užmaskavimo metodo teigiama nuspėjamoji vertė naudojant eilės tvarkos užtemdymo metodą.

Programėlė	Taškų kiekis	Klaidingai teigiamu rezultatu	Tikrieji teigiami rezultatu	Teigiama nuspėjamoji vertė
Bolt	20	10	10	50%
Google Maps	20	7	13	65%
MyTracks	20	6	14	70%

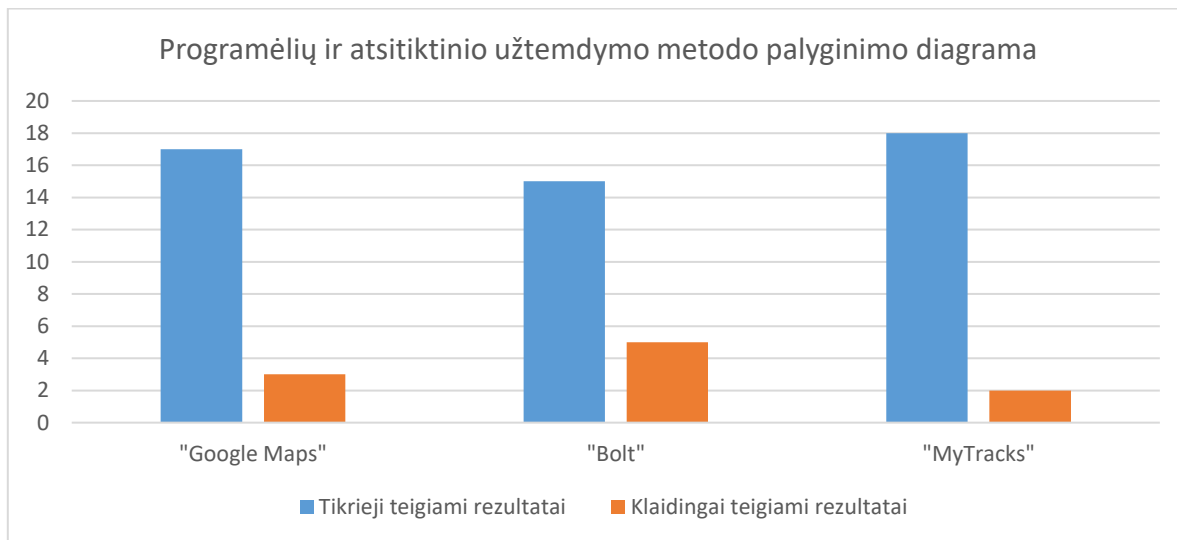
Apskaičiavę teigiama nuspėjama reikšmę, matome, kad „Bolt“ programėlėje šis metodas suveikė tik 50 %. „Google Maps“ programėlėje teigiama nuspėjamoji vertė lygi 65%, na o „MyTracks“ programėlėje šis užtemdymo metodas pavyko geriausiai. Net 70 % atveju užmaskavimas pavyko taip kaip ir buvosi tikėtasi, visi šie užmaskuoti maršrutai keliavo tik sausuma.



35 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis ir eilės tvarkos užtemdymo metodu.

4.3.2. Atsitiktinio užtemdymo metodo eksperimentinis tyrimas

Šio metodo tyrimas atliekamas taip pat kaip ir prieš tai buvusio metodo tyrimas. Metodas yra tikrinamas su visomis 3 programėlėmis ir tais pačiais 20 maršrutų. Išsamesnes lenteles galime matyti prieduose. Apačioje vaizduojamos diagramos yra tikslesnis ir lengviau suprantamas prieduose esančių lentelių apibendrinimas. Šios diagramos vaizduoja Atsitiktinio užtemdymo metodo ir visų naudotų programėlių teisingumą remiantis tikraisiais teigiamais rezultatais bei klaidingai teigiamais rezultatais



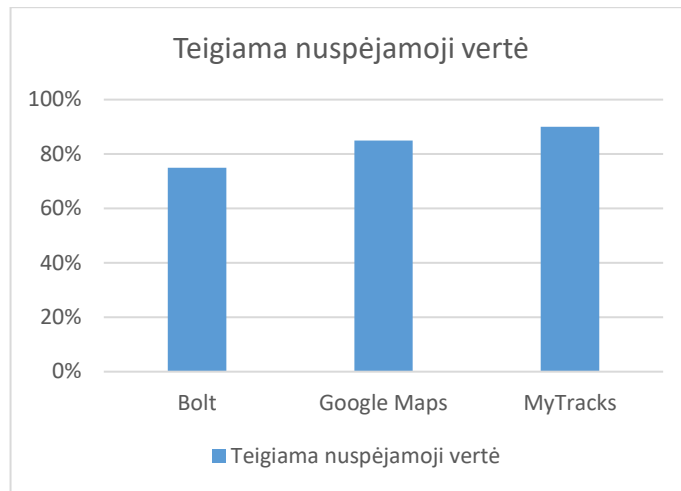
36 pav. Programėlių ir atsitiktinio užtemdymo metodo palyginimas.

Atlikę šio metodo tyrimą galime matyti, jog šio metodo veiksmingumas yra skirtingas kiekvienoje programėlėje. Rezultatai rodo, kad „Google Maps“ programėlėje 17 maršrutų buvo pilnai išpildyti. „Bolt“ programėlėje 15 maršrutų nesusidūrė su upėmis, jūromis ar miškingomis vietovėmis ir pan., o „MyTrack“ programėlėje net 18. Galime sakyti, kad šis metodas „MyTracks“ programėlėje suveikė puikiai, nors lyginant su kitomis programėlėmis rezultatai labai nežymiai skiriasi.

9 lentelė. Maršruto užmaskavimo metodo teigiama nuspėjamoji vertė naudojant atsitiktinio užtemdymo metodą.

Programėlė	Taškų kiekis	Klaidingai teigiamu rezultatu	Tikrieji teigiami rezultatu	Teigiama nuspėjamoji vertė
Bolt	20	5	15	75%
Google Maps	20	3	17	85%
MyTracks	20	2	18	90%

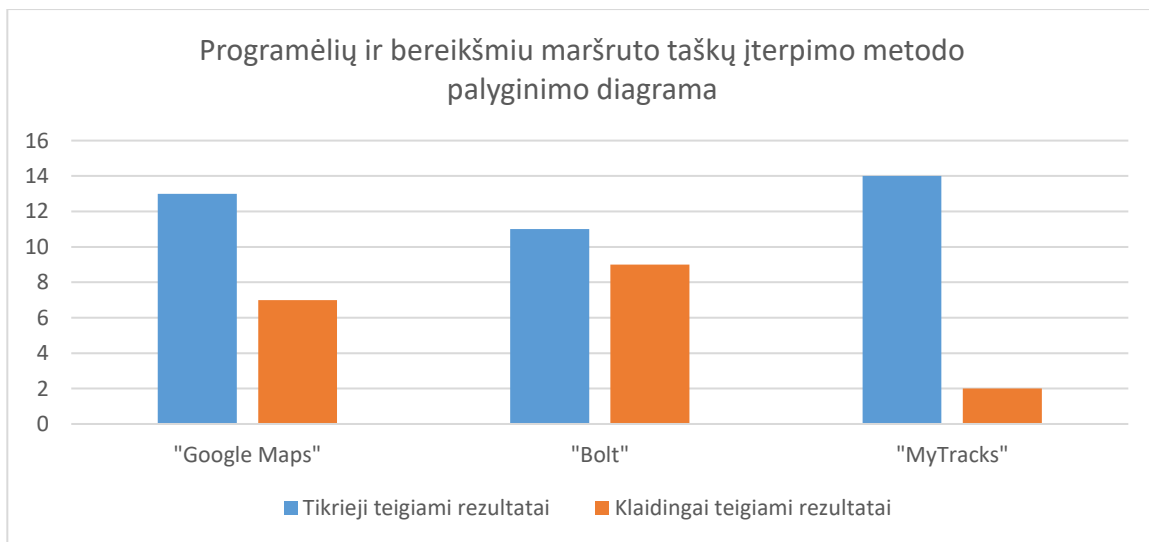
Suskaičiavę teigiama nuspėjama vertę, galime teigti, kad „MyTracks“ programėlėje šio metodo įgyvendinimas pavyko geriausiai. Net 90% atveju užmaskuoti maršrutai keliavo tik sausumą, nekirto jokių upių, miškų ir panašiu neįmanomų važiuoti vietų. „Google Maps“ programėlėje taip pat užmaskavimas pavyko labai sėkmingai. Na o „Bolt“ programėlėje kaip ir prieš tai buvusiuose metoduose užmaskavimas pavyko prasčiausiai, tik 75% atveju.



37 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis ir atsitiktinio užtemdymo metodu

4.3.3. Bereikšmiu maršruto taškų įterpimo metodo eksperimentinis tyrimas

Išsamesnes tyrimo lentelės galima pamatyti prieduose. Čia pateikiamos vizualios diagramos, kurios parodo kaip kokios programėlei sekėsi su šiuo konkrečiu metodu. Prieduose galime matyti ne tik programėles tačiau ir visų maršrutų pradinius bei galutinius taškus. Šio užmaskavimo metodo tikslas yra būti šalia esamo tikrojo maršruto ir kelionės metu pridėti visiškai nesusijusius su esamu maršrutu tarpinius maršruto taškus, kurių pagalba atsekamumas yra praktiškai negalimas, kadangi nėra aišku kuriuose tiksliai maršruto taškuose iš tikrųjų buvo įrenginio naudotojas, o kurie buvo tiesiog įterpti.



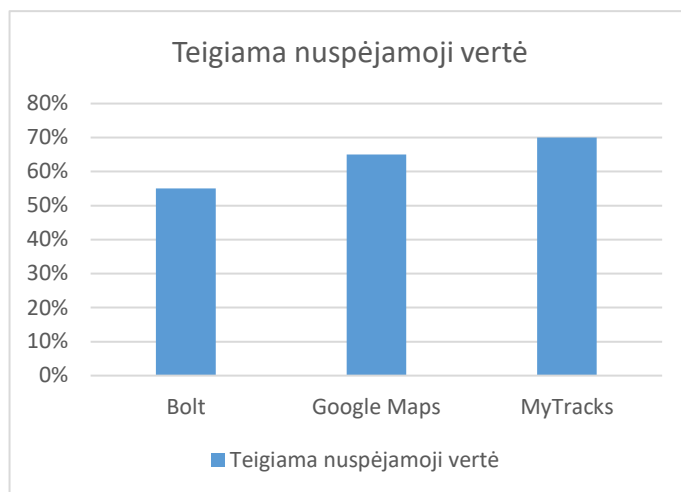
38 pav. Programėlių ir bereikšmiu maršruto taškų įterpimo metodo palyginimas.

Testuodami bereikšmiu maršruto taškų įterpimo metodą pastebėjome, kad „Google Maps“ programėlėje tik 13 maršrutų ėjo per tas vietas, kuriomis įprastai žmogus važiuoti negalėtų, „Bolt“ programėlėje 11 maršrutų atitiko tikruosius teigiamus rezultatus, na o „MyTracks programėlėje apie 14 maršrutų buvo pilnai išpildyti ir nesusidūrė su upėmis, jūromis ar miškingomis vietovėmis.

10 lentelė. Maršruto užmaskavimo metodo teigiama nuspėjamoji vertė naudojant bereikšmių maršruto taškų įterpimo metodą.

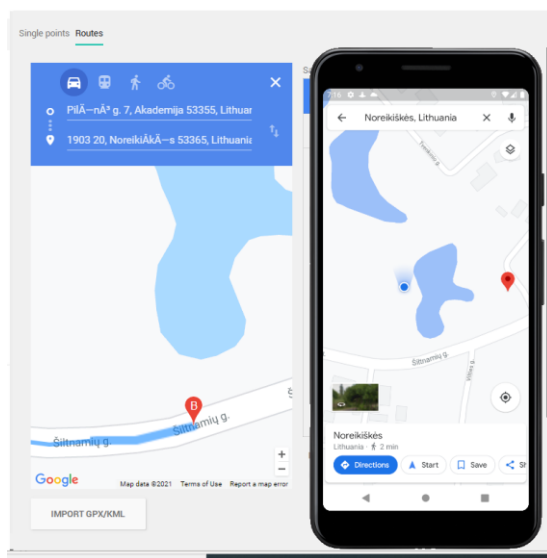
Programėlė	Taškų kiekis	Klaidingai teigiamu rezultatu	Tikrieji teigiami rezultatu	Teigiama nuspėjamoji vertė
Bolt	20	9	11	55%
Google Maps	20	7	13	65%
MyTracks	20	6	14	70%

Apskaičiavę teigiama nuspėjama vertę, galime sakyti, kad šio metodo įgyvendinimas pasirinktose programėlėse pavyko apylygiai. „Bolt“ programėlėje teigiama nuspėjamoji vertė vos peržengė 50 %, „Google Maps“ programėlėje ši vertė jau pasiekė 65 %, na o “MyTracks” programėlėje net 70%.



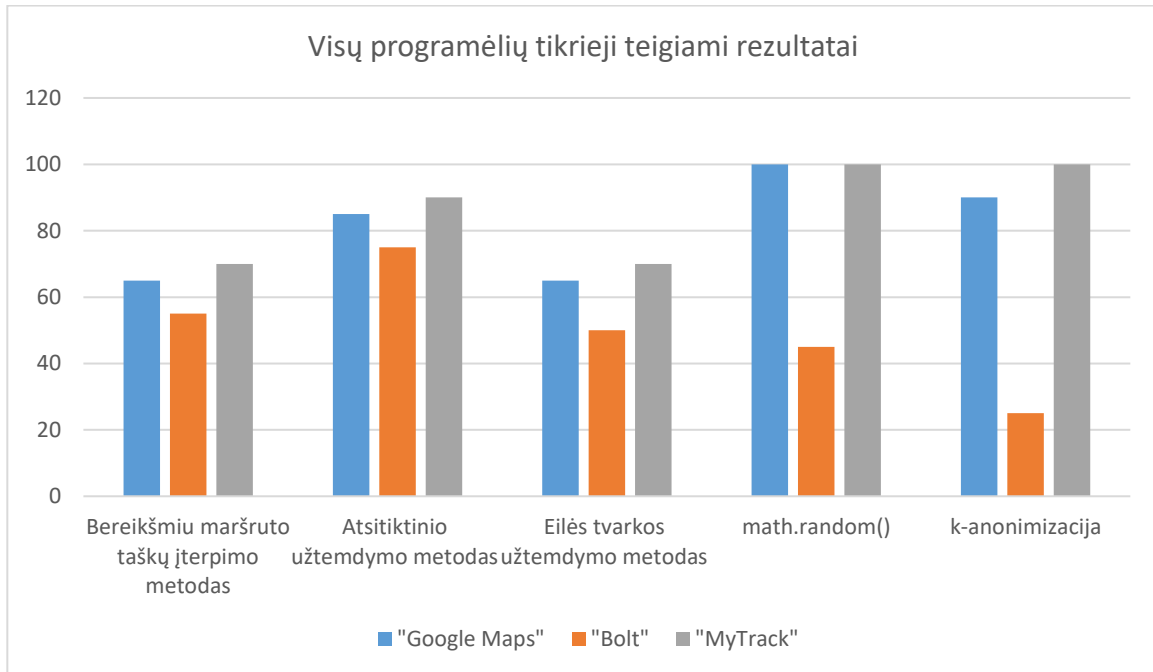
39 pav. Teigiamai nuspėjamojo santykio palyginimas su visomis naudotomis programėlėmis ir bereikšmiu maršruto taškų įterpimo užtemdymo metodu

Žemiau esančiame paveikslėlyje galime matyti kaip atrodo galutinis užmaskuoto maršruto taškas. Dešinėje pusėje matome užmaskuoto maršruto pabaigos tašką, kuris nėra ant kelio, tačiau yra šalia ir rodo, kad įrenginio vartotojas yra parke. Na o kairėje pusėje matome realaus maršruto galutinį tašką, kuriame rodoma, kad įrenginio vartotojas yra sustojęs kelio viduryje.



40 pav. Užmaskuoto ir realaus maršruto galutinių taškų atvaizdavimas emuliacijos nustatymų lange bei „Google Maps“ programėlėje.

Taip pat, lengvesniam metodų analizavimui žemiau galime matyti visų programėlių tikrųjų teigiamų rezultatų santykį suskirstyta pagal metodus. Matydami pilną diagramą galime aiškiai teigti, kad „MyTrack“ programėlės užmaskavimas su visais metodais, lyginant su kitomis programėlėmis, pavyko geriausiai. Su visais užmaskavimo metodais tiek naudojant maršruto užmaskavimą tiek taškinės vietos užmaskavimą. Geriausia užtemdymo metodą sunku apibendrinti, kadangi „Bolt“ programėlėje ne visi metodai pavykdavo sėkmingai. Tačiau galime daryti išvadą, kad taškinės vietos užmaskavimui mūsų išsikeltus tikslus geriau įvykdė `math.random()` metodas, o maršruto užmaskavimui geriausiai tiko atsitiktinio užtemdymo metodas.



41 pav. Visų programėlių tikrieji teigiami rezultatai

4.4. Eksperimentinio tyrimo rezultatų apibendrinimas

1. Eksperimentinėje dalyje atlikti du tyrimai: pirmiausia testuotas taškinės vietos užmaskavimo modulio veiksmingumas su 20 taškinės vietos koordinatėmis ir trejomis programėlėmis ir vėliau kelionės maršruto užmaskavimo modulis su 20 maršrutų ir taip pat 3 programėlėmis.
2. Remiantis gautais rezultatais galime sakyti, kad taškinės vietos užmaskavimo modulio veiksmingumą geriau apibendrina `math.random()` metodas. Su šiuo metodu tiriamosios programėlės ilgesnį laiką galėjo išlaikyti vietovę užmaskuotą, negražindamas realiųjų koordinatėmis programėlei.
3. Maršruto užmaskavimo modulio veiksmingumą pasirinktiems kriterijams geriausiai įrodo atsitiktinio užtemdymo metodas. Šis metodas visoms programėlėms daugiau nei 70 procentų maršrutų nurodė teisingą kelią, šalia esamo realaus maršruto. Nors atsitiktinio užtemdymo modulis remiasi atsitiktiniais taškais realiaje maršrute, jam puikiai pavyko susidoroti su pateikta užduotimi.
4. Esamos vietovės užmaskavimo programėlė, gali puikiai padėti saugiai naudotis įvairiomis kitomis programėlėmis ar kitomis įrenginio vietovę norinčiomis matyti programomis, neatskleidžiant joms savo tikrosios buvimo vietos. Dažnai vartotojui netgi nebūtų svarbu ar užmaskavimo programėlės maršrutas ar taškinė vieta keliauja per jūras ar upes, nes jo esminis uždavinys yra tiesiog užslėpti savo tikrąją vietovę.

Išvados

1. Bet kokie vartotojo atlikti veiksmai susieti su internetu, turi tiesioginį ryšį jo saugumui. Įvairūs neapgalvoti veiksmai, netinkamai naudojamos programėlės, įvairios asmeninės informacijos talpinimas internete ar netinkami programėlių leidimai gali suteikti piktavaliams galimybių šios jautrios informacijos apie vartotoją pasisavinimui.
2. Vietos nustatymo teikėjai tokie kaip GPS, belaidis tinklas ar „Bluetooth“ yra pagrindinės technologijos, kurios sudaro visapusiška ir besąlygiška galimybę stebėti šių technologijų naudotojus. Dėl šios priežasties vietos nustatymo paslauga yra nepatikima. Bet kada vartotojams pateikiant įvairias užklausas susijusias su jų vieta ši informacija gali tapti pasiekiamą ir tretiesiems asmenims.
3. Vartotojo vietos apsaugojimo problemą galima išspręsti panaudojant vietos užmaskavimo metodus. Tokiu atveju vartotojas galėtų naudotis internetu, su vieta susietomis paslaugomis, tačiau taip neatskleistų savo tikrosios buvimo vietos.
4. Kadangi vartotojas nori būti užmaskuotas ne tik tada kai jis stovi vietoje bet ir tada kai juda iš taško A į tašką B, todėl buvo pasiūlyti keli metodai taškinės vietos užmaskavimo moduliui bei maršruto užmaskavimo moduliui
5. Taškinės vietos užmaskavimo moduliui yra naudojami du metodai. K-anonimizacija – ši metodą patariama naudoti tada, kai vartotojas nori likti panašioje pozicijoje kaip ir yra prieš užmaskuojant vietovę, tam kad galėtų naudoti su vietos nustatymo paslaugomis susietomis paslaugomis, tačiau liktų k-anoniminis. Šiuo atveju metode jis yra užmaskuojamas su dar 5 vartotojais. Math.random() metodą patariama naudoti kai vartotojas tiesiog nori likti užmaskuotas visą laiką ir jam nėra svarbu kur ta užmaskuota vieta yra, kadangi šiuo atveju atsitiktiniu būdu yra parenkamos atsitiktinės koordinatės platumos ir ilgumos ašyse.
6. Vartotojo maršruto užmaskavimo moduliui naudojami trys metodai: atsitiktinis užtemdymas, bereikšmių maršruto taškų įterpimas bei eilės tvarkos užtemdymas. Šie metodai pagrinde yra naudojami kodo užtemdyme
7. Pasiūlytas prototipas „Android“ telefonui, kuriant programėlę, kadangi buvo nustatyta, jog daugelis telefonui skirtų programėlių labai dažnai reikalauja prieigos prie vartotojo vietos, nors bendru atveju šios programėlių naudojimui vartotojo vieta neturi jokios įtakos. Atlikus užmaskavimą telefone su mūsų sukurta programėle vartotojas galės naudotis šiomis programėlėmis ir liks nesusekamas.
8. Prototipo programėlės langas susideda iš trijų skirtukų. Pirmajame skirtuke vartotojas gali pamatyti ir pasitikrinti kokią vietovę mato jo įrenginys. Ši funkcija vartotojui padės pamatyti jo realios vietovės ir užmaskuotos vietovės koordinates. Antrajame skirtute vartotojas gali užmaskuoti savo vietovę taškiniu principu na o trečiajame skirtuke vartotojas gali užmaskuoti kelionę nuo taško A iki taško B.
9. Eksperimentinėje dalyje atlikti 2 tyrimai: ištestuotos 3 programėlės ir visi 5 metodai (2 metodai taškinės vietos užmaskavimui bei 3 metodai maršruto užmaskavimui). Taškinės vietos užmaskavimo testavimui buvo naudojama 20 taškinių vietų, o maršruto testavimui buvo panaudota 20 maršrutų. Visi metodai buvo ištestuoti trimis programėlėmis ir 20 maršrutų ar taškinių vietų.
10. Pastebėta, kad taškinės vietos užmaskavimo modulio veiksmingumą geriau įvertino math.random() metodas. Tiriant programėles ir taškines vietas su šiuo metodu tiriamosios programėlės ilgesnį laiką galėjo išlaikyti vietovę užmaskuotas, negrąžindamas realiųjų koordinatų.

11. Maršruto užmaskavimo modulio veiksmingumą iškeltiems tikslams geriausiai įvertino atsitiktinio užtemdymo metodas. Remiantis šiuo metodu visos programėlės daugiau nei 70 procentų atveju nurodė teisingą kelią, šalia esamo realaus maršruto. Nors šis metodas remiasi atsitiktiniais taškais tame pačiame realiame maršrute, jam puikiai pavyko susidoroti su užmaskavimu.
12. Realios vartotojo vietos užmaskavimo programėlė yra puikus būdas saugiai naudotis įvairiomis technologijomis ar kitomis programėlėmis susietomis ar norinčioms be jokių naudojimųsi svarbių priežasčių pasiekti įrenginio vietovę telefone. Ši programėlė leidžia vartotojui naudotis savo telefonu nesuteikiant realios galimybės sekti jo tikrosios buvimo vietos. Dažnu atveju įrenginio vartotojui netgi nebūtų svarbu ar užmaskavimo programėlės taškinė vieta ar maršrutas keliauja per jūras ar upes, nes naudojantis šia programėle jo pagrindinis uždavinys yra tiesiog užmaskuoti savo tikrąją vietą.

Literatūros sąrašas

1. [1] ‘Personality, attitudes, and intentions: Predicting initial adoption of information security behavior | Elsevier Enhanced Reader’. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0167404815000036?token=81BCB9E96529274930FF0D8C1A66F044DC34BAE9C5277E8F5D6E663D68E03A56CA6958330F898BA7C2B16E8E1D6EB> (accessed Jan. 03, 2020).
2. [2] J. Daubert, A. Wiesmaier, and P. Kikiras, ‘A view on privacy trust in IoT’, in *2015 IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW)*, Jun. 2015, pp. 2665–2670. doi: 10.1109/ICCW.2015.7247581.
3. [3] A. Tyagi and N. Sreenath, ‘A Comparative Study on Privacy Preserving Techniques for Location Based Services’, *British Journal of Mathematics & Computer Science*, vol. 10, pp. 1–25, Jan. 2015, doi: 10.9734/BJMCS/2015/16995.
4. [4] V. Benson, G. Saridakis, and H. Tennakoon, ‘Information disclosure of social media users: Does control over personal information, user awareness and security notices matter?’, *Information Technology & People*, vol. 28, no. 3, pp. 426–441, Jan. 2015, doi: 10.1108/ITP-10-2014-0232.
5. [5] Y. Wang, Y. Xia, J. Hou, S. Gao, X. Nie, and Q. Wang, ‘A fast privacy-preserving framework for continuous location-based queries in road networks’, *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 53, pp. 57–73, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.jnca.2015.01.004.
6. [6] A. Hardy *et al.*, ‘Tracking tourists’ travel with smartphone-based GPS technology: a methodological discussion’, *Inf Technol Tourism*, vol. 17, no. 3, pp. 255–274, Sep. 2017, doi: 10.1007/s40558-017-0086-3.
7. [7] D. Oosterlinck, D. F. Benoit, P. Baecke, and N. Van de Weghe, ‘Bluetooth tracking of humans in an indoor environment: An application to shopping mall visits’, *Applied Geography*, vol. 78, pp. 55–65, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.apgeog.2016.11.005.
8. [8] K. Ching and M. (Mandy) Mahinderjit Singh, ‘Wearable Technology Devices Security and Privacy Vulnerability Analysis’, *International Journal of Network Security & Its Applications*, vol. 8, pp. 19–30, May 2016, doi: 10.5121/ijnsa.2016.8302.
9. [9] S. Safavi and Z. Shukur, ‘Improving Google glass security and privacy by changing the physical and software structure’, *Life Sciences*, vol. 11, May 2014.
10. [10] I. Torre, F. Koceva, O. R. Sanchez, and G. Adorni, ‘Fitness Trackers and Wearable Devices: How to Prevent Inference Risks?’, in *Proceedings of the 11th EAI International Conference on Body Area Networks*, ICST, Brussels, Belgium, Belgium, 2016, pp. 125–131. Accessed: Dec. 02, 2019. [Online]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3068615.3068644>
11. [11] X. Gu, M. Yang, J. Fei, Z. Ling, and J. Luo, ‘A Novel Behavior-Based Tracking Attack for User Identification’, Oct. 2015, pp. 227–233. doi: 10.1109/CBD.2015.44.
12. [12] T. Peng, Q. Liu, D. Meng, and G. Wang, ‘Collaborative trajectory privacy preserving scheme in location-based services’, *Information Sciences*, vol. 387, pp. 165–179, May 2017, doi: 10.1016/j.ins.2016.08.010.
13. [13] Y. Wang, Z. Cai, X. Tong, Y. Gao, and G. Yin, ‘Truthful incentive mechanism with location privacy-preserving for mobile crowdsourcing systems’, *Computer Networks*, vol. 135, pp. 32–43, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.comnet.2018.02.008.
14. [14] F. Groschupp, ‘Location Privacy Preserving Mechanisms’, 2017.

15. [15] X. Chen, A. Mizera, and J. Pang, ‘Activity tracking: A new attack on location privacy’, in *2015 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)*, Sep. 2015, pp. 22–30. doi: 10.1109/CNS.2015.7346806.
16. [16] R. T. De George, ‘Privacy, Public Space, and Personal Information’, in *Core Concepts and Contemporary Issues in Privacy*, A. E. Cudd and M. C. Navin, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 107–120. doi: 10.1007/978-3-319-74639-5_8.
17. [17] L. Wang, D. Yang, X. Han, T. Wang, D. Zhang, and X. Ma, ‘Location Privacy-Preserving Task Allocation for Mobile Crowdsensing with Differential Geo-Obfuscation’, in *Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web*, Perth Australia, Apr. 2017, pp. 627–636. doi: 10.1145/3038912.3052696.
18. [18] B. Liu, W. Zhou, T. Zhu, Y. Xiang, and K. Wang, ‘Location Privacy-Preserving Mechanisms’, in *Location Privacy in Mobile Applications*, B. Liu, W. Zhou, T. Zhu, Y. Xiang, and K. Wang, Eds. Singapore: Springer, 2018, pp. 17–31. doi: 10.1007/978-981-13-1705-7_2.

Priedai

1 priedas. Vietos užmaskavimo programėlių metodu tyrimo lentelės.

11 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Bolt“ programėlę ir k-anonimizacijos metodą.

Nr.	Realiai taškinė vieta	Užmaskuota taškinė vieta	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija, Pilėnų g. 7, 54.897825903708885, 23.824450159122296	Akademija, Pilėnų g. 13, 54.89788140552539, 23.82442874030184	Taip	
2.	Virbališkiai, Aitvaro gatvė 8 54.903118890705436, 23.75191209833436	Virbališkiai, Saulės g. 10 54.90183915574855, 23.74868134824269		Taip
3.	Lampėdžiu miškas 54.910592900668654, 23.821930698914127	Lampėdžiai, Vytauto g. 35, 54.910473525881265, 23.820757911466657		Taip
4.	Raudondvaris, Didžioji g. 12, 54.94594520577849, 23.770248053796767	Raudondvaris, Didžioji g. 22, 54.94808953945728, 23.76476106914006	Taip	
5.	Karmėlava, Kęstučio g. 3, 54.96992957361175, 24.06075764030539	Karmėlava, Kęstučio g. 7 54.97043073066418, 24.060362069141185	Taip	
6.	Kaišiadorys, Paukštininkų g. 54.86768646583028, 24.411500669136192	Kaišiadorys, Paukštininkų g. 15, 54.866667710949464, 24.408088924957127	Taip	
7.	Kauno pilis, Pilies g. 17, 54.89907164330633, 23.885406197973577	Kaunas, Pilies g. 21, 54.898474959770255, 23.88658666913768	Taip	
8.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.63846303579357, 23.946806742139767	Prienai, Liepų g. 5, 54.63815581024866, 23.947354811453305		Taip
9.	Elektrėnai, Sodų g. 14, 54.785827419285575, 24.663001624953118	Elektrėnai, Sodų g. 18, 54.78662231830814, 24.664433084475423	Taip	
10.	Trakai, Mindaugo g. 2, 54.63803641070455, 24.934425226796517	Trakai, Mindaugo g. 8, 54.63807635523031, 24.93655751330394	Taip	
11.	Garliava, Vytauto g. 63, 54.82210127748295, 23.872842897969726	Garliava, Vytauto g. 60, 54.82255750041652, 23.874168884477164	Taip	
12.	Ariogala, D. Rudzinsko g. 25A, 55.26162943922857, 23.47809328264809	Ariogala, D. Rudzinsko g. 20 55.26331558778956, 23.47617768449886		Taip
13.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.638425780934206, 23.94673164028911	Prienai, Liepų g. 8 54.637794148701914, 23.9471836402891	Taip	
14.	Linksmakalnis, Sandėlių g. 7, 54.75912835019247, 23.929922469130823	Linksmakalnis, Sandėlių g. 11, 54.75910616672837, 23.929885282623378	Taip	
15.	Marijampolė, Stoties g. 5, 54.556112788489315, 23.362109782613455	Marijampolė, Stoties g. 2, 54.5567030046496, 23.363617240285148	Taip	

16.	Vilkaviškis, Kęstučio g. 11, 54.652031779320346, 23.036000082618184	Vilkaviškis, Kęstučio g. 9, 54.65149212347428, 23.035841282618176	Taip	
17.	Giraitė, Topolių g., 54.957200331496, 23.86556925194663	Giraitė, Topolių g. 5, 54.95578934986108, 23.860725082633056	Taip	
18.	Ilgakiemis, Jiesios g. 18, 54.77458452875102, 23.87758428262417	Ilgakiemis, Jiesios g. 21, 54.77207935487566, 23.878237709609134	Taip	
19.	Vaišvydava, Liepų al. 2, 54.841768417046865, 24.045399169134864	Vaišvydava, Liepų al. 1, 54.84101657848029, 24.046100238448382	Taip	
20.	Rokeliai, Pakalnučių gatvė, 54.83355154609502, 23.97470686913454	Rokeliai, Pakalnučių gatvė, 54.83301248249014, 23.97489066333094		Taip

12 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Google maps“ programėlę ir k-anonimizacijos metodą.

Nr.	Realii taškinė vieta	Užmaskuota taškinė vieta	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija, Pilėnų g. 7, 54.897825903708885, 23.824450159122296	Akademija, Pilėnų g. 10, 54.89892398928353, 23.824773997973484		Taip
2.	Virbališkiai, Aitvaro gatvė 8 54.903118890705436, 23.75191209833436	Virbališkiai, Saulės g. 12 54.90358982086988, 23.745428669137922		Taip
3.	Lampėdžių miškas, 54.910592900668654, 23.821930698914127	Lampėdžiai, Vytauto g. 32, 54.91052286610944, 23.82074718263085		Taip
4.	Raudondvaris, Didžioji g. 12, 54.94594520577849, 23.770248053796767	Raudondvaris, Didžioji g. 8, 54.9433607928904, 23.773913340304066	Taip	
5.	Karmėlava, Kęstučio g. 3, 54.96992957361175, 24.06075764030539	Karmėlava, Kęstučio g. 5 54.97031269748829, 24.060490997977002		Taip
6.	Kaišiadorys, Paukštinių g. 54.86768646583028, 24.411500669136192	Kaišiadorys, Paukštinių g. 14, 54.86698154176733, 24.407670784479393		Taip
7.	Kauno pilis, Pilies g. 17, 54.89907164330633, 23.885406197973577	Kaunas, Pilies g. 15, 54.89854282278968, 23.88659739797349		Taip
8.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.63846303579357, 23.946806742139767	Prienai, Liepų g. 7, 54.63796134632949, 23.947466182617458		Taip
9.	Elektrėnai, Sodų g. 14, 54.785827419285575, 24.663001624953118	Elektrėnai, Sodų g. 13, 54.787773679538915, 24.662856411460606		Taip
10.	Trakai, Mindaugo g. 2, 54.63803641070455, 24.934425226796517	Trakai, Mindaugo g. 4, 54.63802860003749, 24.935718097960734		Taip
11.	Garliava, Vytauto g. 63, 54.82210127748295, 23.872842897969726	Garliava, Vytauto g. 62, 54.82271637597683, 23.873704026805566		Taip

12.	Ariogala, D. Rudzinsko g. 25A, 55.26162943922857, 23.47809328264809	Ariogala, D. Rudzinsko g. 23 55.26223009163113, 23.477603397991345		Taip
13.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.638425780934206, 23.94673164028911	Prienai, Liepų g. 6 54.63791217419354, 23.947045569124914	Taip	
14.	Linksmakalnis, Sandėlių g. 7, 54.75912835019247, 23.929922469130823	Linksmakalnis, Sandėlių g. 13, 54.75912473883438, 23.929885282623378		Taip
15.	Marijampolė, Stoties g. 5, 54.556112788489315, 23.362109782613455	Marijampolė, Stoties g. 4, 54.56057466416582, 23.366538382613715		Taip
16.	Vilkaviškis, Kęstučio g. 11, 54.652031779320346, 23.036000082618184	Vilkaviškis, Kęstučio g. 9, 54.651467294864425, 23.0358841979614		Taip
17.	Giraitė, Topolių g., 54.957200331496, 23.86556925194663	Giraitė, Topolių g. 2, 54.7742405714512, 23.878121324952552		Taip
18.	Ilgakėmis, Jiesios g. 18, 54.77458452875102, 23.87758428262417	Ilgakėmis, Jiesios g. 20, 54.77427770176582, 23.87820715563901		Taip
19.	Vaišvydava, Liepų al. 2, 54.841768417046865, 24.045399169134864	Vaišvydava, Liepų al. 4, 54.8412422524581, 24.04561149797068		Taip
20.	Rokeliai, Pakalnučių gatvė, 54.83355154609502, 23.97470686913454	Rokeliai, Pakalnučių gatvė 3, 54.931996757974886, 23.8404868979751		Taip

13 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Track Me“ programėlę ir k-anonimizacijos metodą.

Nr.	Realī taškinė vieta	Užmaskuota taškinė vieta	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija, Pilėnų g. 7, 54.897825903708885, 23.824450159122296	Akademija, Pilėnų g. 10, 54.89892398928353, 23.824773997973484		Taip
2.	Virbališkiai, Aitvaro gatvė 8 54.903118890705436, 23.75191209833436	Virbališkiai, Saulės g. 12 54.90358982086988, 23.745428669137922		Taip
3.	Lampėdžių miškas, 54.910592900668654, 23.821930698914127	Lampėdžiai, Vytauto g. 35, 54.910473525881265, 23.820757911466657		Taip
4.	Raudondvaris, Didžioji g. 12, 54.94594520577849, 23.770248053796767	Raudondvaris, Didžioji g. 8, 54.9433607928904, 23.773913340304066		Taip
5.	Karmėlava, Kęstučio g. 3, 54.96992957361175, 24.06075764030539	Karmėlava, Kęstučio g. 5 54.97031269748829, 24.060490997977002		Taip
6.	Kaišiadorys, Paukštinkų g. 54.86768646583028, 24.411500669136192	Kaišiadorys, Paukštinkų g.14, 54.86698154176733, 24.407670784479393		Taip
7.	Kauno pilis, Pilies g. 17, 54.89907164330633, 23.885406197973577	Kaunas, Pilies g. 21, 54.898474959770255, 23.88658666913768		Taip

8.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.63846303579357, 23.946806742139767	Prienai, Liepų g. 7, 54.63796134632949, 23.947466182617458		Taip
9.	Elektrėnai, Sodų g. 14, 54.785827419285575, 24.663001624953118	Elektrėnai, Sodų g. 18, 54.78662231830814, 24.664433084475423		Taip
10.	Trakai, Mindaugo g. 2, 54.63803641070455, 24.934425226796517	Trakai, Mindaugo g. 8, 54.63807635523031, 24.93655751330394		Taip
11.	Garliava, Vytauto g. 63, 54.82210127748295, 23.872842897969726	Garliava, Vytauto g. 62, 54.82271637597683, 23.873704026805566		Taip
12.	Ariogala, D. Rudzinsko g. 25A, 55.26162943922857, 23.47809328264809	Ariogala, D. Rudzinsko g. 23 55.26223009163113, 23.477603397991345		Taip
13.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.638425780934206, 23.94673164028911	Prienai, Liepų g. 6 54.63791217419354, 23.947045569124914		Taip
14.	Linksmakalnis, Sandėlių g. 7, 54.75912835019247, 23.929922469130823	Linksmakalnis, Sandėlių g. 13, 54.75912473883438, 23.929885282623378		Taip
15.	Marijampolė, Stoties g. 5, 54.556112788489315, 23.362109782613455	Marijampolė, Stoties g. 4, 54.56057466416582, 23.366538382613715		Taip
16.	Vilkaviškis, Kęstučio g. 11, 54.652031779320346, 23.036000082618184	Vilkaviškis, Kęstučio g. 9, 54.651467294864425, 23.0358841979614		Taip
17.	Giraitė, Topolių g., 54.957200331496, 23.86556925194663	Giraitė, Topolių g. 2, 54.7742405714512, 23.878121324952552		Taip
18.	Ilgakiemis, Jiesios g. 18, 54.77458452875102, 23.87758428262417	Ilgakiemis, Jiesios g. 20, 54.77427770176582, 23.87820715563901		Taip
19.	Vaišvydava, Liepų al. 2, 54.841768417046865, 24.045399169134864	Vaišvydava, Liepų al. 1, 54.84101657848029, 24.046100238448382		Taip
20.	Rokeliai, Pakalnučių gatvė, 54.83355154609502, 23.97470686913454	Rokeliai, Pakalnučių gatvė 3, 54.931996757974886, 23.8404868979751		Taip

14 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Bolt“ programėlę ir math.random() metodą.

Nr.	Realiai taškinė vieta	Užmaskuota taškinė vieta	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija, Pilėnų g. 7, 54.897825903708885, 23.824450159122296	Pietų Atlanto vandenynas, -31.18183561503362, 3.5437916948025645	Taip	
2.	Virbališkiai, Aitvaro gatvė 8 54.903118890705436, 23.75191209833436	Indijos vandenynas, -15.905832563890904, 71.50655408130075		Taip
3.	Lampėdžiu miškas 54.910592900668654, 23.821930698914127	Šiaurės ramusis vandenynas, 37.4733921202408, -174.20795620277806		Taip

4.	Raudondvaris, Didžioji g. 12, 54.94594520577849, 23.770248053796767	Beringo jūra, 63.19620714383733, -177.87375380160003	Taip	
5.	Karmėlava, Kęstučio g. 3, 54.96992957361175, 24.06075764030539	Pietų Atlanto vandenynas, -42.330296479702476, -25.611195804441802		Taip
6.	Kaišiadorys, Paukštininkų g. 54.86768646583028, 24.411500669136192	La Huacana Municipality, Michoacán, Meksikas, 18.75861672512811, -101.81521453029019	Taip	
7.	Kauno pilis, Pilies g. 17, 54.89907164330633, 23.885406197973577	Norvegijos jūra, 63.81829929007276, -8.587782159238179		Taip
8.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.63846303579357, 23.946806742139767	Ramiojo vandenyno pietus, -29.662822425152058, -173.82525067605184	Taip	
9.	Elektrėnai, Sodų g. 14, 54.785827419285575, 24.663001624953118	Vyborgsky District, Leningrado sritis, Rusija, 61.092282477242776, 29.019201611781043	Taip	
10.	Trakai, Mindaugo g. 2, 54.63803641070455, 24.934425226796517	Šiaurės Atlanto vandenynas, 42.80211473078366, -48.04268670257197	Taip	
11.	Garliava, Vytauto g. 63, 54.82210127748295, 23.872842897969726	Pietų Atlanto vandenynas, -18.995022161106316, -33.01742711864362	Taip	
12.	Ariogala, D. Rudzinsko g. 25A, 55.26162943922857, 23.47809328264809	Ramiojo vandenyno pietus, -6.328432645576403, -168.36614846113827		Taip
13.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.638425780934206, 23.94673164028911	Ramiojo vandenyno pietus, 61.53992789589731, 156.24006097991253	Taip	
14.	Linksmakalnis, Sandėlių g. 7, 54.75912835019247, 23.929922469130823	Pietų Atlanto vandenynas, -28.051508608111046, -21.645090731919534		Taip
15.	Marijampolė, Stoties g. 5, 54.556112788489315, 23.362109782613455	Antarctic Ice shield, Antarktida, -72.9472720333353, -15.078982043386388		Taip
16.	Vilkaviškis, Kęstučio g. 11, 54.652031779320346, 23.03600082618184	Pietų Atlanto vandenynas, -18.995022161106316, -33.01742711864362	Taip	
17.	Giraitė, Topolių g., 54.957200331496, 23.86556925194663	Indijos vandenynas, -33.247302391128486, 27.88072645289617		Taip
18.	Ilgakiemis, Jiesios g. 18, 54.77458452875102, 23.87758428262417	Montana, Jungtinės Valstijos, 48.83934655502959, -113.54336208881972	Taip	
19.	Vaišvydava, Liepų al. 2, 54.841768417046865, 24.045399169134864	Antarctic Ice shield, Antarktida, -84.28873024546951, 117.27498922609152	Taip	
20.	Rokeliai, Pakalnučių gatvė, 54.83355154609502, 23.97470686913454	Šiaurės Ramusis vandenynas, 9.230853134311701, -96.32748795025272		Taip

15 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „Google Maps“ programėlę ir math.random() metodą.

Nr.	Realī taškinė vieta	Užmaskuota taškinė vieta	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija, Pilėnų g. 7, 54.897825903708885, 23.824450159122296	Pietų Atlanto vandenynas, -18.995022161106316, -33.01742711864362		Taip
2.	Virbališkiai, Aitvaro gatvė 8 54.903118890705436, 23.75191209833436	Filipinų jūra, 9.94084200931063, 131.27062203889238		Taip
3.	Lampėdžiu miškas 54.910592900668654, 23.821930698914127	Bouakė Department, Dramblio Kaulo Krantas, 7.784341633866548, -4.992817334142417		Taip
4.	Raudondvaris, Didžioji g. 12, 54.94594520577849, 23.770248053796767	Šiaurės Ramusis vandenynas, 44.450002646590086, -135.05081664472087		Taip
5.	Karmėlava, Kėstučio g. 3, 54.96992957361175, 24.06075764030539	Ramiojo vandenyno pietus, -60.181102131783156, 165.2168414982408		Taip
6.	Kaišiadorys, Paukštīninkų g. 54.86768646583028, 24.411500669136192	Indijos vandenynas, -65.74057389479788, 113.90408736970193		Taip
7.	Kauno pilis, Pilies g. 17, 54.89907164330633, 23.885406197973577	Antarctic Ice shield, Antarktida, -74.16537714379078, 33.60572150935795		Taip
8.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.63846303579357, 23.946806742139767	Ramiojo vandenyno pietus, 58.888777813878406, 13.938572947012545		Taip
9.	Elektrėnai, Sodų g. 14, 54.785827419285575, 24.663001624953118	Venernas, Švedija, 58.888905284084444, 13.938626542353013		Taip
10.	Trakai, Mindaugo g. 2, 54.63803641070455, 24.934425226796517	Yellow Quill I.r. 90, Saskačėvanas S0A 3A0, Kanada 52.35066592366553, -103.63050030214957		Taip
11.	Garliava, Vytauto g. 63, 54.82210127748295, 23.872842897969726	Andaman Sea, 15.131861926397992, 96.3433852812883		Taip
12.	Ariogala, D. Rudzinsko g. 25A, 55.26162943922857, 23.47809328264809	Šiaurės Atlanto pietus pietus, 26.3159733696679, -24.43934824731033		Taip
13.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.638425780934206, 23.94673164028911	Ramiojo vandenyno pietus, -19.494871484142106, - 94.27385071863371		Taip
14.	Linksmakalnis, Sandėlių g. 7, 54.75912835019247, 23.929922469130823	Pietų Atlanto vandenynas, -28.051508608111046, -21.645090731919534		Taip
15.	Marijampolė, Stoties g. 5, 54.556112788489315, 23.362109782613455	Šiaurės Atlanto vandenynas, 37.15393772237062, -63.7668037004149		Taip
16.	Vilkaviškis, Kėstučio g. 11, 54.652031779320346, 23.036000082618184	Antarctic Ice shield, Antarktida, -73.23905538522675, -65.61540346670465		Taip

17.	Giraitė, Topolių g., 54.957200331496, 23.86556925194663	Ramiojo vandenyno pietūs, -24.705374255825873, -98.53212401671252		Taip
18.	Ilgakiemis, Jiesios g. 18, 54.77458452875102, 23.87758428262417	Ramiojo vandenyno pietūs, -33.92976413977263, -179.70899804523057		Taip
19.	Vaišvydava, Liepų al. 2, 54.841768417046865, 24.045399169134864	Antarctic Ice shield, Antarktida, -72.88582715789063, 134.5000194835952		Taip
20.	Rokeliai, Pakalnučių gatvė, 54.83355154609502, 23.97470686913454	Šiaurės Atlanto vandenynas, 33.486474873138995, -73.77737084775625		Taip

16 lentelė. Taškinės vietos užmaskavimas naudojant „MyTracks“ programėlę ir math.random() metodą.

Nr.	Realiai taškinė vieta	Užmaskuota taškinė vieta	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija, Pilėnų g. 7, 54.897825903708885, 23.824450159122296	Ramiojo vandenyno pietūs, -18.488257010327718, 172.25291195436145		Taip
2.	Virbališkiai, Aitvaro gatvė 8 54.903118890705436, 23.75191209833436	Yagoonya Kvinslandas, Australija, -16.750283195564574, 141.40311109665825		Taip
3.	Lampėdžiu miškas 54.910592900668654, 23.821930698914127	Geltonoji jūra, 36.330344523030355, 124.61380969718081		Taip
4.	Raudondvaris, Didžioji g. 12, 54.94594520577849, 23.770248053796767	Wate Mesuka, Etiopija, 6.048920508571555, 38.45228308118823		Taip
5.	Karmėlava, Kęstučio g. 3, 54.96992957361175, 24.06075764030539	Ramiojo vandenyno pietūs, -12.1626528432642, 163.06799330341045	-	Taip
6.	Kaišiadorys, Paukštininkų g. 54.86768646583028, 24.411500669136192	Fderik, Mauritanija, 21.910339409383926, 10.536647505089947	-	
7.	Kauno pilis, Pilies g. 17, 54.89907164330633, 23.885406197973577	Newell County No. 4, Alberta, Kanada, 50.87287069837703, 112.53698892792403	-	Taip
8.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.63846303579357, 23.946806742139767	Šiaurės Atlanto vandenynas, 56.479749702017884, -49.915654990571426		Taip
9.	Elektrėnai, Sodų g. 14, 54.785827419285575, 24.663001624953118	Sanford, Meinas, Jungtinės Valstijos 43.44105809147107, -70.79863698682605		Taip
10.	Trakai, Mindaugo g. 2, 54.63803641070455, 24.934425226796517	Al Fasher, Sudanas, 13.015112453781468, 25.009232952421534		Taip
11.	Garliava, Vytauto g. 63, 54.82210127748295, 23.872842897969726	Norvegijos jūra, 61.96976528323786, -1.0033569716699162		Taip
12.	Ariogala, D. Rudzinsko g. 25A, 55.26162943922857, 23.47809328264809	Šiaurės Ramusis vandenynas, 14.91413220484931, -134.44937258209725		Taip

13.	Prienai, Liepų g. 2A, 54.638425780934206, 23.94673164028911	Ramiojo vandenyno pietus, -35.332073889369504, - 136.0305576316902		Taip
14.	Linksmakalnis, Sandėlių g. 7, 54.75912835019247, 23.929922469130823	Arkties vandenynas, 84.23732541838392, -159.65066065621636		Taip
15.	Marijampolė, Stoties g. 5, 54.556112788489315, 23.362109782613455	Filipinų jūra, 19.712879982068173, 128.1156038171153		Taip
16.	Vilkaviškis, Kęstučio g. 11, 54.652031779320346, 23.036000082618184	Čiukčių jūra, 72.23508871118777, -175.61294624363666		Taip
17.	Giraitė, Topolių g., 54.957200331496, 23.86556925194663	Arctic Ocean, 80.90316905899272, -97.62338735070323		Taip
18.	Ilgakiemis, Jiesios g. 18, 54.77458452875102, 23.87758428262417	Gorod Sosnogorsk, Komija, Rusija, 63.678637955663746, 55.564741611918485		Taip
19.	Vaišvydava, Liepų al. 2, 54.841768417046865, 24.045399169134864	Pacific Ocean, 44.79278122802826, 153.46064458401804		Taip
20.	Rokeliai, Pakalnučių gatvė, 54.83355154609502, 23.97470686913454	Ramiojo vandenyno pietūs, -10.10094385926574, -94.38560817065718		Taip

2 priedas. Maršruto užmaskavimo programėlių metodų tyrimo lentelės.

17 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Google maps“ programėle su eilės tvarkos užtemdymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758		Taip
3.	Lampėdžiai - Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
4.	Raudondvaris - Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546	Taip	
5.	Karmėlava - Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
6.	Kaišiadorys - Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis - Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755		Taip
8.	Prienai - Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802		Taip
9.	Elektrėnai - Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip
10.	Trakai - Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805	Taip	

11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237		Taip
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684	Taip	
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916	Taip	
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

18 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Google maps“ programėle su atsitiktinio užtemdymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758		Taip
3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546		Taip
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755		Taip
8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802		Taip
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805	Taip	
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237		Taip
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip

13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684		Taip
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916	Taip	
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

19 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Google maps“ programėle su bereikšmiu maršruto taškų įterpimo užtemdymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758	Taip	
3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733	Taip	
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546		Taip
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755	Taip	
8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802	Taip	
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237		Taip
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385	Taip	
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	

15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684		Taip
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916	Taip	
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

20 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Bolt“ programėle su eilės tvarkos užtemdymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758		Taip
3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546	Taip	
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385	Taip	
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755		Taip
8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802	Taip	
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805	Taip	
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684	Taip	
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916	Taip	
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

21 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Bolt“ programėle su atsitiktinio užtemdymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758		Taip
3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546		Taip
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755		Taip
8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802		Taip
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805	Taip	
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237		Taip
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684		Taip

19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916		Taip
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

22 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „Bolt“ programėle su bereikišmiu maršruto taškų įterpimo užtendymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758	Taip	
3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733	Taip	
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546		Taip
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755	Taip	
8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802	Taip	
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237		Taip
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385	Taip	
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684		Taip
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916	Taip	
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

23 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „MyTracks“ programėle su eilės tvarkos užtemdymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758		Taip
3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546	Taip	
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755		Taip
8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802		Taip
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805	Taip	
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237		Taip
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684	Taip	
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916	Taip	
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

24 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „MyTracks“ programėle su atsitiktinio užtemdymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
-----	-----------------------------	----------------------	----------------------	--------------------------------	------------------------------

1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758		Taip
3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546		Taip
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755		Taip
8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802		Taip
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805	Taip	
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237		Taip
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684		Taip
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916	Taip	
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip

25 lentelė. 20 populiariausių maršrutų tikrinimas „MyTracks“ programėle su bereikšmiu maršruto taškų įterpimo užtemdymo metodu.

Nr.	Realus abstraktus maršrutas	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Klaidingai teigiami rezultatai	Tikrieji teigiami rezultatai
1.	Akademija - Noreikiškės	54.897825903708885, 23.824450159122296	54.88792443618858, 23.845931797883733		Taip
2.	Virbališkiai - Ringaudai	54.903118890705436, 23.75191209833436	54.88670055104252, 23.79508416662758	Taip	

3.	Lampėdžiai – Noreikiškės	54.910592900668654, 23.821930698914127	54.88792443618858, 23.845931797883733	Taip	
4.	Raudondvaris – Pažaislio vienuolynas	54.94552089548086, 23.76623844897424	54.88028469155516, 24.023388954248546		Taip
5.	Karmėlava – Jonava	54.969780230558015, 24.056121140343123	55.07308311455265, 24.278420322832385		Taip
6.	Kaišiadorys – Kačerginė	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.937716096400244, 23.699618531107756	Taip	
7.	Kauno pilis – Birštonas	54.90410917802418, 23.912835937230767	54.605978037155225, 24.03136658709755	Taip	
8.	Prienai – Čekiškė	54.629570393872726, 23.951140689006422	55.15094315339211, 23.495428922370802	Taip	
9.	Elektrėnai – Karmėlava	54.7846635731866, 24.675244382244585	54.972837095838806, 24.06588339577143		Taip
10.	Trakai – Garliava	54.64230805351833, 24.923917431871494	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
11.	Garliava - Maišiagala	54.8285633039169, 23.89562076719805	54.87241535428047, 25.067296487512237		Taip
12.	Ariogala - Karmėlava	55.25732211036954, 23.460516766766318	54.972837095838806, 24.06588339577143	Taip	
13.	Prienai – Jonava	54.63608984492666, 23.95171255437054	55.07308311455265, 24.278420322832385	Taip	
14.	Kaišiadorys - Maišiagala	54.876021174617804, 24.423980385044896	54.87241535428047, 25.067296487512237	Taip	
15.	Marijampolė -Garliava	54.556356793590055, 23.402257178331393	54.8285633039169, 23.89562076719805		Taip
16.	Vilkaviškis – Ramučiai	54.65894958502291, 23.060507956871447	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip
17.	Giraitė – Gervėnupis	54.95331099678894, 23.866116028016688	54.838165277423954, 24.12341477425244		Taip
18.	Ilgakiemis – Neveronys	54.774652173058335, 23.88087503796506	54.928442514414634, 24.10078429011684		Taip
19.	Vaišvydava – Domeikava	54.84184824110421, 24.043716117511902	54.96721326367372, 23.922713373422916	Taip	
20.	Rokeliai - Ramučiai	54.835852244404954, 23.965487252249808	54.94976834026008, 24.051759616619737		Taip