

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
INFORMACIJOS SISTEMŲ KATEDRA**



Kazimieras Butkus

**OBJEKTŲ VIETOS NUSTATYMO
TECHNOLOGINIŲ PAKLAIIDŲ ĮVERTINIMO
SISTEMA**

Magistro darbas

Vadovas
prof. Rimantas Plėštys

KAUNAS 2008

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
INFORMACIJOS SISTEMŲ KATEDRA**



**OBJEKTŲ VIETOS NUSTATYMO
TECHNOLOGINIŲ PAKLAI DŲ ĮVERTINIMO
SISTEMA**

Magistro darbas

Vadovas
prof. R. Plėštys

Recenzentas

Atliko
IFM 2/4 gr. stud.
K. Butkus

KAUNAS 2008

Turinys

Turinys	2
Įvadas	4
2. Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo analizė	7
2.1. Analizės tikslas	7
2.2. Tyrimo sritis, objektas ir problema	7
2.2.1. Būtinios žinios sistemos kūrimui	9
2.3. Aplinkos analizė	10
2.4. Vartotojų analizė	10
2.5. Problemos sprendimo metodų literatūros šaltiniuose analizė	11
2.5.1. Radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių analizė	12
2.6. Panašių sistemų analizė	17
2.6.1. Cellular expert TM	17
2.6.2. MSC Cell Tool v2	19
2.7. Architektūros ir galimų įgyvendinimo priemonių variantų analizė	20
2.8. Siekiamos sistemos apibrėžimas	22
2.9. Darbo tikslas ir siekiami privalumai	23
2.10. Kompiuterizuojamos sistemos funkcijos	23
2.11. Reikalavimai duomenims	24
2.12. Nefunkciniai reikalavimai ir apribojimai	24
2.12.1. Poveikis kitoms sistemoms	24
2.12.2. Reikalavimai našumui	24
2.12.3. Reikalavimai integravimui	24
2.12.4. Reikalavimai saugumui	25
2.13. Rizikos faktorių analizė	25
2.14. Rezultato kokybės kriterijai	26
2.15. Analizės išvados	26
3. Reikalavimų specifikacija ir analizė	28
3.1. Reikalavimų specifikacija	28
3.2. Dalykinės srities modelis	31
3.3. Reikalavimų analizė	32
4. Sistemos projektas	34
4.1. Sistemos pagrindimas ir esmės išdėstymas	34
4.2. Sistemos architektūra	35
4.2.1. Loginė visos sistemos architektūra	35
4.2.2. Vartotojo paslaugos	36
4.3. Sistemos elgsenos modelis	36
4.4. Duomenų bazės schema	40
4.5. Realizacija	42
4.5.1. Signalų stiprumo prognozavimo modelis	49
4.6. Testavimo modelis bei duomenys, kontrolinis pavyzdys	51
4.6.1. Vartotojo sąsajos bei funkcionalumo testavimas	51
4.6.2. Įvesties duomenų interpretavimo testavimas	53
4.6.3. Įvesties duomenų apdorojimo testavimas	54
Celių dydžių pasiskirstymo ir pakliuvimo į jas tyrimas realiame tinkle	54
5. Sistemos praktinis diegimas	56
5.1. Bitės tinklo padengimo žemėlapis	56
5.2. MSC MPS R5 LBS	58
5.3. MSC MPS 112	60
5.4. Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema	61
6. Išvados	62

7. Literatūra	63
SANTRAUKA ANGLŲ KALBA	65
Bitės atsiliepinimas apie darbą.....	66
Mobiliųjų Sprendimų Centro atsiliepinimas apie darbą.....	67

Išvadas

Kuriant bet kokią sistemą, reikia atkreipti dėmesį į kliento poreikius, kad sukurta paslauga visiškai pateisintų klientų lūkesčius. Klientas turi gauti tik tą informaciją, kurios jam reikia, todėl reikia vykdyti pateikiamos informacijos filtraciją.

Iš pirmo žvilgsnio vartotojo buvimo vietos nustatymas yra nesudėtingas veiksmas, atliekamas paskaičiuojant vartotojo geografines koordinatas. Iš tikrųjų yra gana sudėtinga nustatyti tikslią lokacijos vietą 100% atveju. Daugybė faktorių lemia lokacijos tikslumą ir galiausiai tai yra susiję su vartotojo lokacijos vietos įvertinimu. Labai svarbu žinoti, kaip arti nuo realybės yra nustatytoji lokacijos vieta. Tam būtina nustatyti pagrindinius parametrus, apibūdinančius lokacijos kokybę. Lokacijos kokybę įvertina objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema.

Lokacijos vietos įvertinimą apsunkina ir tai, kad korinio ryšio tinklai sparčiai kinta. Paskutini dešimtmetį investicijos į bevielių, mobilių telekomunikacijų infrastruktūrą buvo viena iš pagrindinių investicijų sričių tiek pasaulyje, tiek Lietuvoje. Lietuvoje į GSM (Global System Mobile) tinklų infrastruktūros išvystymą jau investuota virš milijardo litų ir kiekvienais metais investicijos didėja – tai yra viena pagrindinių užsienio investicijų sričių. Mobilųjų telekomunikacijų infrastruktūra tapo neatsiejama šalies, miesto infrastruktūros dalimi. Nors šiuo metu dviejų GSM operatorių: *Bites GSM* ir *Omnitel* tinklai dengia beveik visą Lietuvos teritoriją, o trečio operatoriaus *Tele2* tinklas – sparčiai vystomas, dėl vis didėjančio mobilaus ryšio vartojimo ir naujos mobilaus ryšio technologijos – UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) diegimo, prognozuojama, kad investicijos į mobilių telekomunikacijų tinklų plėtrą ateinančių dešimtmetį ne tik nemažės, bet dar išaugs.

Efektyviam objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimui, o taip pat investicijų į mobiliąs telekomunikacijas panaudojimui būtinas pažangiausių projektavimo metodų ir priemonių taikymas. Priimamo signalo stiprumo matavimas yra viena iš svarbiausių funkcijų laiduojančių GSM (Global System Mobile) tinklo veiklą. Projektuojant korinį radijo tinklą reikia užtikrinti tiek minimalų priimamo signalo stiprumą visoje tinklo aprėpties teritorijoje, tiek reikiamą skirtumą tarp tuo pačiu ir gretimais dažniais dirbančių siųstuvų signalų stiprumų. Šio kompleksinio uždavinio sprendimui būtina prognozuoti signalo stiprumą bei nustatyti kiekvienos iš antenų signalų veikimo teritoriją. Signalų veikimo teritorija apsprendžia objektų vietos nustatymo technologines paklaidas, nes kuo didesnė kiekvienos iš antenų signalo sklaidimo teritorija, tuo didesnė objektų vietos nustatymo technologinė paklaida.

Šiame darbe parengta vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema, leidžianti pagal turimus celių aprėpties duomenis įvertinti pasirinktos vietovės, suskirstytos į kvadratus, vietos nustatymo paklaidas. Modelis programiškai realizuotas vartotojui patogioje GIS (Geographical Information System) aplinkoje. Sistema nėra apribota tam tikrų vietos nustatymo technologijų

specifikomis, bet gali būti pritaikoma bet kuriai iš metodikų, kuri turi celių buvimo vietos koordinatas ir celių aprėpties spindulio duomenis. Šiame darbe apsiribota tik GSM technologija. Apdorojus duomenis darbe aprašytais metodais, gaunama kiekvieno tiriamos teritorijos kvadrato vietos nustatymo technologinė paklaida.

Darbo rezultate turėtų būti gauta informacija apie paklaidas kvadratuose. Paklaidos gali būti vidutinės, optimistinės, pesimistinės. Taip pat gali būti įvertintas celių aprėpiančių kvadratą skaičius bei kiti aktualiai informacija.

2007 metais buvo vykdomas KTU ir UAB „Bitė Lietuva“ bendras projektas. Taigi objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistemos kūrimą paskatino KTU ir UAB „Bitė Lietuva“ bendradarbiavimas bevielųjų ryšio tinklų srityje.

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema įdiegta keletoje komercinių sistemų ir naudojama praktikoje. Komercinėse paslaugose sistema paklaidas vertina automatinio būdu, o taip pat sistema realizuota ir kaip atskira sistema, į kuria duomenis galima užkrauti rankiniu būdu. Įdiegimai:

- Tinklo padengimo žemėlapis (Praktiškai naudojama Bitė Lietuva bei Bitė Latvija kompanijų)
- MSC MPS R5 LBS (Praktiškai naudojama Bitė Lietuva, Bitė Latvija bei Omnitel kompanijų)
- MSC MPS 112 (Praktiškai naudojama Bitė Lietuva, Bitė Latvija bei Omnitel kompanijų)
- Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema

Darbo tema padarytas pranešimas „WAP panaudojimo specifika objektų vietos nustatymo paslaugose“. Pranešimas pristatytas 2006 metais vykusioje konferencijoje „Informacinės technologijos 2006“.

Kuriamos sistemos tikslas yra įvertinti įvairių vietos nustatymo technologijų paklaidas ir suteikti galimybę įvertinti bei palyginti technologinius tikslumus.

Yra keletas sistemos uždavinių, kurie buvo įgyvendinti realizuotoje sistemoje:

- Padėti įvertinti vietos nustatymo technologines paklaidas mobiliojo ryšio ir kituose bevieliojo ryšio tinkluose, atsižvelgiant į tinklo charakteristikas.
- Suteikti papildomą informaciją tinklo planavimo specialistams.

- Atvaizduoti gauta vietos nustatymo technologinių paklaidų informaciją grafiškai, taip suteikiant patogesnę galimybę vaizdžiai matyti gautus rezultatus ir geriau juos įvertinti bei palyginti tarp skirtingų technologijų.
- Dirbti kartu su MPS sistema ir vartotojams suteikti papildomą informaciją apie reikiamos technologijos vietos nustatymo paklaidas pasirinktoje vietovėje.

2. Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo analizė

2.1. Analizės tikslas

Objektų vietos nustatymo technologines paklaidas lemia visas parametru kompleksas. Technologinės paklaidos priklauso nuo naudojamos technologijos, vietos nustatymo metodo, aplinkos įtakos ir netgi nuo vertinamų parametru.

Prieš atliekant sistemos projektavimą bei projekto realizaciją, reikia atlikti analitinę dalį. Analizės tikslas – pagal iškeltus uždavinius bei apibūdintas problemas, aiškiai apibrėžti tyrimo sritį, sukonkretinti tyrimo objektą. Kadangi kuriama sistema taikytina ribotoje aplinkoje ir ribotam vartotojų ratui, reikia apibrėžti kokioje aplinkoje bus naudojama sistema bei kokie vartotojai naudosis sistema.

Projektuojant sistemą, reikia atsižvelgti į tai, kas jau atlikta šioje srityje, todėl tikslinga atlikti problemos sprendimo metodų literatūros šaltiniuose bei panašių sistemų, architektūrų ir galimų įgyvendinimo priemonių variantų analizę.

Atlikus visus aukščiau išvardintus darbus, suformuluojamas aiškus siekiamos sistemos apibrėžimas, patikslinamas ir aiškiai suformuluojamas darbo tikslas ir būsimų darbo rezultatų galimi privalumai, lyginant su analizuotomis panašiomis sistemomis.

Atsižvelgiant į iškeltus darbo tikslus bei atliktą analizę, apibrėžiamos sistemos funkcijos, reikalavimai duomenims, nefunkciniai reikalavimai bei apribojimai, išanalizuojami galimi rizikos faktoriai, nustatomi rezultato kokybės kriterijai.

2.2. Tyrimo sritis, objektas ir problema

Mobiliųjų telefonų vietos nustatymas yra aktualus sprendžiant gyventojų saugumo užtikrinimo bei transporto priemonių srautų valdymo bei stebėjimo uždavinius. Šie uždaviniai yra Europos Sąjungos prioritetinių sričių sąrašė. Naujoji E112 (skubios pagalbos) direktyva iš ES taip pat skatina greitesnį didelio tikslumo technologijų įdiegimą mobiliojo ryšio operatorių tinkluose Europoje, - skubios pagalbos atveju būtina kuo tiksliau nustatyti pagalbos prašančiojo vietą [1,2].

Apie būtinybę diegti vietos nustatymo technologijas kalba ir Europos Komisija. 2005 metų spalio mėnesį Europos Komisijos organizuotoje konferencijoje ir susitikime su Europos Sąjungos valstybių narių atstovais ypač didelis dėmesys buvo skirtas bendrojo pagalbos telefono numerio 112 bei europinio automobilyje integruoto pagalbos skambučio (eCall) įgyvendinimui[3]. Šio susitikimo metu Europos Komisija ragino valstybes nares sparčiau kelti numerio 112 paslaugų kokybės lygį.

Pastaraisiais metais ypatingai auga susidomėjimas vietos nustatymo paslaugomis. 2005 metais kompanija Berg Insight atliko išsamią, vietos nustatymo paslaugų rinkos, standartų, didžiausių operatorių analizę [4]. Remiantis šia analize bei kitais analizuotais šaltiniais, aiškiai matomas vietos nustatymo paslaugų poreikio didėjimas bei šios rinkos aktyvėjimas. Pajamos iš vietos nustatymo paslaugų 2004 metais Europoje buvo 108 milijonai eurų. Tikima, kad iki 2009 metų pajamos išaugs iki daugiau negu 2 mlrd. eurų. Tokios drąsios greito augimo prognozės daromos remiantis objektyviais veiksniais. LBS GIS [5], 2005, ataskaitoje prognozuojama, kad LBS paslaugos taps kitomis tokio pat populiarumo sulauksiančiomis paslaugomis kaip ir SMS. Europoje LBS paslaugų vystymasis buvo lėtesnis nei tikėtasi, tačiau, kartu su 3G ir duomenų perdavimo tinklų vystymusi, LBS rinka pradėjo išibėgėti ir prognozuojama, kad 2005-2009 metais joje išlaikys kasmetinis 60%-70% augimas. Lietuvos LBS rinkos augimo prognozės yra dar didesnės ir siekia 100% per metus ir 2009 metais Lietuvos LBS rinka bus 15,2 mln. Lt. per metus[4].

Pagal naujausius tyrimus, kuriuos atliko „Ipsos Insight“ [6], nustatyta, kad GPS navigacijos funkcija gali tapti kita įprasta mobilaus telefono funkcija, panašiai kaip skaitmeninis fotoaparatas. Turint omeny buvusią kai kurių funkcinių telefonų galimybių, tokių kaip elektroninis paštas ir mobilus internetas sėkmę, galima tikėtis, kad GPS funkcionalumas labai sėkmingai įeis į masinę mobiliųjų telefonų rinką. GPS imtuvai ne tik pradėti masiškai diegti į įprastinės formos mobiliuosius telefonus, bet dažnai yra siūlomi kaip specialiai tam tikrai mobilaus tinklo paslaugai pritaikyti įrenginiai. Šioms paslaugoms teikti yra ne tik kuriama speciali programinė įranga, bet ir telefonai.

Paskutiniaisiais metais rinkoje šalia mobiliųjų telefonų su įprastais GPS imtuvais atsiranda ir imtuvai su A-GPS funkcionalumu. 2005 metų spalį Vodafone operatorius Japonijoje pristatė pirmą 3G telefoną su įdiegtu A-GPS funkcionalumu [7]. Tačiau, skirtingai nei GPS atveju, nustatant poziciją aktyviai dalyvauja mobiliojo ryšio tinklas, padėdamas imtuvui sekti palydovų padėtį, nustatyti signalo paklaidas, skaičiuoti koordinates, taip taupydamas telefono baterijų energiją, bei suteikdamas galimybę nustatyti buvimo vietą kai yra nepakankamas matomų palydovų skaičius - vieta nustatoma greičiau bei tiksliau.

Europoje dabar kuriama sistema palydovinės navigacijos sistema Galileo [8]. Galileo bus civilinė Europos valdoma visuotinė palydovinio ryšio vietos nustatymo sistema, užtikrinanti didelį tikslumą, garantuotą vietos nustatymą bet kuriame taške. Galileo vartotojams pasiūlys dar didesnę tikslumą negu GPS. Galileo užtikrins realaus laiko vietos nustatymą su tikslumu iki 1 metro. Tai sudarys sąlygas kurti naujas paslaugas ir taikymo sritis. Galileo pilnai veikti (FOC – Full Operational Capability) pradės 2008 metais. Kaip ir kiti pagrindiniai Europiniai projektai, tokie kaip Airbus ar Ariane, GALILEO yra tokia revoliucinė technologinė pažanga kaip kažkada buvo mobiliojo ryšio atsiradimas.

Kai kurioms LBS paslaugoms teikti užtenka ir nelabai tikslų vietos nustatymo metodų, tokių kaip „Cell-ID“ naudojimo [9], tačiau kai kurioms paslaugoms, ypač paslaugoms susijusioms su žmonių saugumo užtikrinimu, vietos nustatymo tikslumas yra kritiškai svarbus. Visais atvejais, tai yra svarbiausia LBS paslaugų kokybės charakteristika, todėl yra labai svarbu, kad vietos nustatymas būtų kiek įmanoma tikslesnis.

Stipriai augant LBS rinkai bei atsirandant vis naujoms vietos nustatymo technologijoms, labai aktualu turėti objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistemą, kadangi ši sistema padėtų tinkamiausiai pasirinkti reikiamą vietos nustatymo technologiją, atsižvelgiant į LBS paslaugos uždavinius, technologijos techninius parametrus, bei įdiegimo ir palaikymo kainą konkrečioje situacijoje. Atsižvelgiant į esamas problemas, galima sukonkretinti tyrimo sritį bei objektą, kurios suteiks būtinas žinias sistemos kūrimui.

2.2.1. Būtinios žinios sistemos kūrimui

Informacijos analizė

Kurti tinkamas ir efektyvias objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistemas gali būti sudėtingas ir neįveikiamas uždavinys. Norint išspręsti uždavinius, reikia atsakyti į keletą klausimų. Pirmiausia reikia įveikti informacijos priėmimo ir informacijos modeliavimo fazes.

Informacijos priėmimas

- Kokie išoriniai informacijos šaltiniai egzistuoja, kurie tinka uždaviniui spręsti?
- Kaip priimti informaciją? Centrinė bazė, per kurią pildoma informacija?
- Kokie vidiniai duomenų šaltiniai egzistuoja ir kam leidžiama prie jų prieiti?
- Kokie apdorojimo pasirinkimai egzistuoja išoriniams duomenims priimti ar skleisti jau turimus, ar kaupti informaciją ir kokios išlaidos tam gali būti skirtos?
- Kaip suderinami įvairūs duomenų rinkiniai visoje erdvėje?

Informacijos modeliavimas

- Kaip išgauti kuo daugiau iš informacijos, esančios aplinkui?
- Kaip užtikrinti, kad gauta informacija kuo labiau atitiktų reikalingą uždaviniui?
- Koks tikslumo lygis ir precizija egzistuoja erdvinėje informacijoje ir koks lygis reikalingas uždaviniui spręsti?
- Ką galime padaryti, kad egzistuojanti informacija būtų labiau prieinama?

Veiksmai informacijos priėmimo klausimams spręsti

- Identifikuoti išorinius erdvinės informacijos šaltinius ir kainas.
- Identifikuoti vidinius erdvinės informacijos šaltinius.
- Apibrėžti procesus ir kainas, kad būtų galima siųsti egzistuojančią erdvinę informaciją ar gauti naują informaciją.
- Identifikuoti esančias technologines galimybes, padedančias gauti informaciją įvairiais formatais.

Veiksmai informacijos modeliavimo klausimams spręsti

- Nustatyti, kokios informacijos reikia uždaviniui spręsti.
- Įvertinti egzistuojančios erdvinės informacijos kokybę ir būseną.
- Dokumentuoti įrangą erdvinei informacijai.
- Sukurti modelį.

2.3. Aplinkos analizė

Analizės užsakovas yra stambi vietos nustatymo platformos (MPS – mobile positioning system) bei vietos nustatymo paslaugų (LBS – location based services) kūrimo bei teikimo įmonė. Ši įmonė yra lyderiaujanti savo srityje visoje Rytų bei Centrinėje Europoje. Jų verslo apimtis yra pakankamai didelė, jog būtų poreikis ieškoti optimesnių duomenų analizės bei įvertinimo būdų. Analizė apima šios įmonės veiklą, tačiau lengvai gali būti pritaikyta ir kitoms stambios įmonėms.

2.4. Vartotojų analizė

Kadangi sistema gali būti naudojama tiek vietos nustatymo metodo paklaidai mobiliojo ryšio ir bevieluose tinkluose nustatyti, tiek tinklo planavimui, pagrindiniai sistemos vartotojai bus IT ir telekomunikacijų sektoriaus specialistai dirbantys šioje srityje. Taip pat sistema naudinga mokslininkams, atliekantiems tyrimus šioje srityje, kadangi tikrinti galima ne tik realius tinklus, bet ir imituojamus tinklus.

Galima išskirti tokius vartotojų tipus, kuriems būtų naudinga naudotis sistema:

- **MPS platformų teikėjai**(svarbiausia gauti paklaidų įvertinimus, kuriuos galėtų naudoti MPS platformoje formuodami atsakymą į vietos užklausą)
- **LBS paslaugų teikėjai**(svarbiausia įvertinti kokie vietos nustatymo metodai, kokie tinklai labiausiai tinka kuriamoms ir teikiamoms paslaugoms ir kokios vietos nustatymo kokybės tikėtis)

- **Vietos nustatymo metodų kūrėjai**(gali patikrinti jų kuriamo vietos nustatymo metodo kokybę, nediegdami šio metodo į realų tinklą)
- **Mobiliojo ryšio tinklų ar kitų bevielio ryšio tinklų planuotojai**(gali atlikti tinklų planavimą virtualioje aplinkoje, atlikdami tinklo pakeitimus programiškai ir įvertindami įvairius tinklo parametrus)
- **Mokslininkai, dirbantys vietos nustatymo ir tinklo planavimo srityse**(atliekant tyrimus, sistemai galima pateikti suimituotus tinklo duomenis)

Visi vartotojai dirba su ta pačia sistema ir atlieka gana panašius darbus. Šie vartotojai turi priėjimą prie tų pačių duomenų, gali sistemai pateikti savo duomenis. Vartotojų pageidaujamas rezultatų įvertinimas turi skirtingą tikslą, todėl rezultatai pateikiami pagal vartotojo patektus duomenis ir pageidaujamą rezultatų pjūvį.

2.5. Problemos sprendimo metodų literatūros šaltiniuose analizė

Pasaulyje yra atlikta nemažai matavimais paremtų mokslinių tyrimų siekiant nustatyti tikslus radijo signalo stiprumo prognozavimo algoritmus. Populiariausi iš jų yra dokumentuoti ir standartizuoti Tarptautinio telekomunikacijų instituto (International Telecommunications Union, ITU) ir Europos telekomunikacijų standartizavimo instituto (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) standartuose ir rekomendacijose.

Egzistuoja įvairūs radijo signalo stiprumo prognozavimo modeliai. Visi jie yra gerai išanalizuoti ir yra realiai pritaikomi. Galimi modeliai yra tokie:

- Radijo signalo stiprumo prognozavimo atviroje erdvėje (Free-space) modelis
- Lee radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis
- Hata radijo signalo stiprumo modelis
- Tiesinis radijo signalo stiprumo modeli
- COST–231 Walfish–Ikegami radijo bangų sklidimo modelis

2000 metais Kauno Technologijos Universitete, Dr. Artūro Medeišio pristatytoje daktarinėje disertacijoje buvo pirmą kartą pristatyti Lietuvoje atliktų radijo signalo stiprumo eksperimentinių tyrimų mobiliojo ryšio sąlygomis plačioje dažnių juostoje nuo 160 MHz iki 1800 MHz rezultatai. Šie tyrimai parodė, kad nė vienas iš trijų žinomų *empirinių* (Empirical) radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių: *ITU–R Rec.* [10,11,12,13], *Lee* [14] ir *Okumuros–Hatos* [15] nėra pakankamai tikslus, kad jį būtų galima tiesiogiai taikyti Lietuvos sąlygomis. Darbo autoriui

apibendrinus skirtingose Lietuvos vietose ir skirtingais dažniais atliktus matavimų rezultatus nustatyta, kad bendriausiu atveju dažniausiai geriausiu tapdavo *Okumuros–Hatos* modelis.

Pasaulyje nėra nei vieningai priimto radijo signalo stiprumo prognozavimo modelio nei visuotinai priimto standarto, nusakančio prognozavimo modelių naudojimą. ETSI rekomendacijoje [16] pabandyta nustatyti GSM tinklo projektavimui naudotinus modelius, kur, skaičiuojant celės aprėptį, kai bazinės stoties antena iškelta aukštai virš aplinkinių namų stogų ir signalo slopinimą pagrinde nulemia sklaida ir užlinkimas už kliūčių, rekomenduojama naudoti *Hata* modelį, o miesto teritorijoje mažų celių, kurių aprėptis iki 5 km (*mikro celės*), atveju rekomenduojama naudoti *Cost 231 Walfish–Ikegami* [17, 18], modelį, kuriame signalo slopinimas yra įvertinamas atsižvelgiant ir į pastatų aukščius, tarpus tarp pastatų, gatvių plotį ir orientaciją. Praktikoje, radijo signalo stiprumo prognozavimui, naudojamas turimoje programinėje įrangoje įdiegtas modelis, kuris dažniausiai yra paremtas vienu ar keliais ITU ar ETSI rekomendacijoje pateiktais modeliais, dažnai sudėtingesnis, bet kartu ir tikslesnis modelis.

2.5.1. Radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių analizė

Radijo signalo stiprumo prognozavimo atviroje erdvėje (Free–space) modelis

Atviroje erdvėje elektromagnetinės bangos slopsta pagal atvirkštinio kvadrato funkciją, arba $1/d^2$, čia d yra atstumas nuo siųstuvo iki imtuvo. Linijinėje formoje, sklidimo nuostoliai pagal [4] yra:

$$L_p = \frac{4\pi\lambda^2}{d^2}, \quad (1.1)$$

čia λ yra signalo bangos ilgis. Lygtis (1.1) taip pat gali būti parašyta ir decibelinėje formoje [4]:

$$L_p = 32,4 + 20 \log(f) + 20 \log(d), \quad (1.2)$$

čia d – dydis yra išreikštas kilometrais, f yra signalo dažnis megahercais ir sklidimo nuostoliai L_p yra išreikšti decibelais.

Išvedant lygtį (1.2), priimama, kad šviesos greitis yra dažnio ir bangos ilgio santykis (tai yra, $c = f / \lambda$). Kai yra žinomas signalo perdavimo dažnis f , pirmoji ir antroji lygties (1.2) sąlygos yra kilometrinės konstantos, ir L_p skiriasi tik kaip d funkcija trečiojoje sąlygoje. Jei nubraižytume lygtį (1.2) logaritminiame popieriuje, kreivės *polinkis* būtų 20 dB/dekados.

Atviros erdvės modelis yra grindžiamas sferinės bangų fronto išplėtimo koncepcija, kadangi signalas spinduliuojamas iš šaltinio į erdvę. Modelis dažniausiai naudojamas palydovinėse ir kosminėse telekomunikacijų sistemose, kur signalai iš tiesų keliauja per „atvirą erdvę“. Mobiloms telekomunikacinėms sistemoms, kur papildomi nuostoliai atsiranda dėl reljefo ir kitų Žemės dangos

kliūčių, tiksliai perdavimo nuostolių nustatymui, radijo signalo stiprumo *atviroje erdvėje* (Free-space) modelis tiesiogiai nėra naudojamas.

Lee radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis

Sklidimo aplinka antžeminėse komunikacijose yra blogesnė nei atviroje erdvėje. Tarp bazinės stoties ir mobiliojo ryšio vartotojo dažnai yra kliūčių. Rezultate gaunamas signalas susideda iš signalų, keliaujančių tiek tiesioginėmis, tiek netiesioginėmis trajektorijomis. Zonos, kurias pasiekia tiesioginėmis trajektorijomis sklindantys signalai yra vadinamos *tiesioginio matomumo zonomis* (Line Of Sight areas – LOS). Tiesioginėmis trajektorijomis sklindančių signalų nepasiekiamos zonos vadinamos *netiesioginio matomumo zonomis* (Not Line Of Sight areas – NLOS). Jas pasiekia tik nuo įvairių objektų, tokių kaip pastatai, medžiai ar kalnai, atsispindėję signalai. Todėl, sudėjus sklidimo nuostoliai antžeminėje aplinkoje, ypač urbanizuotose teritorijose, yra žymiai didesni nei atviroje erdvėje. Lee radijo signalo stiprumo modelyje šis skirtumas yra įvertinamas padidinus signalo perdavimo nuostolių priklausomybę nuo atstumo tarp siųstuvo ir imtuvo atspindintį parametą. Supaprastinta Lee modelio formulė mobilių tinklų dažniams, iš [14] yra:

$$L_p = 1.14 \times 10^{-13} \frac{h^2}{d^{3.84}}, \quad (1.3)$$

čia d yra atstumas (kilometrais) tarp bazinės stoties ir mobiliojo ryšio vartotojo ir h yra pagrindinės stoties antenos aukštis (metrais). Lee modelyje sklidimo nuostoliams skaičiuoti naudojamas atstumo laipsninis rodiklis lygus 3.84, taigi beveik dvigubai didesnis nei sklidimo atviroje erdvėje modelyje, kuriame jis yra lygus 2. Kitaip sakant, sklidimo nuostoliai antžeminėse mobiliose telekomunikacinėse sistemose yra žymiai didesni nei sklidimo nuostoliai atviroje erdvėje. Nuostoliai sumažėja kai yra didesnis bazinės stoties aukštis h , tai yra, kai bazinės stoties antena yra pakeliama aukščiau. L_p skaičiuojama decibelais pagal formulę:

$$L_p = 129,45 + 38,4 \log(d) + 20 \log(h), \quad (1.4)$$

čia d yra dydis išreikštas kilometrais ir h yra išreikštas metrais. Šioje Lee modelio formulėje sklidimo nuostolių *polinkis* yra 38.4 dB/dekados. Pilna Lee modelio forma, aprašyta [14], yra sudėtingesnė nei pateikta (1.3) ir (1.4) formulėse ir turi daugiau parametų, aprašančių sklidimo ir antžeminės aplinkos sąlygas.

Hata radijo signalo stiprumo modelis

Geras sklidimo modelis turėtų būti skirtingų parametų, tiksliai nusakančių radijo signalo stiprumo priklausomybės nuo aplinkos sąlygų, funkcija. Hata modelis yra sudėtingesnis nei prieš tai aprašyti sklidimo nuostolių skaičiavimo modeliai. Jis papildomai leidžia įvertinti įtaką, tokių

parametrų kaip: dažnis, siųstuvo ir imtuvo aukštis bei teritorijos atvirumas. *Hata* modelis yra nustatytas atlikus ir statistiniais metodais apdorojus didelį kiekį elektromagnetinio lauko matavimų miesto aplinkoje. Decibelinėje formoje, apibendrintas modelis, pagal [10] yra išreikštas taip:

$$L_p = K_1 + K_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log(d) + K_0, \quad (1.5)$$

čia f yra sklidimo dažnis (megahercais), h_b yra pagrindinės stoties antenos aukštis (metrais) ir h_m yra mobilios antenos aukštis (metrais), d yra atstumas (kilometrais) tarp bazinės stoties ir mobiliojo ryšio vartotojo. $a(h_m)$ ir K_0 parametrai priklauso nuo teritorijos atvirumo, tai yra ar bangos sklinda urbanizuotoje ar pusiau urbanizuotoje ar atviroje aplinkoje.

Nustatyti *Hata* modelio parametrai yra tinkami tik esant tam tikroms sąlygoms, tai yra kai: f yra nuo 150 MHz – 1 GHz, h_b – nuo 30m iki 200m, h_m – nuo 1m iki 10m, ir d – nuo 1 km iki 20 km. *Hata* modelio (1.5) formulėje sklidimo nuostolių *polinkis* yra $[44,9 - 6,55 \log(h_b)]$ arba 35,2 dB/dekados.

Tiesinis radijo signalo stiprumo modelis

Visi aprašyti radijo bangų sklidimo nuostolių skaičiavimų modeliai, gali būti pateikti supaprastintoje, tiesinės lygties formoje:

$$L_p = L_0 + \gamma \log(d), \quad (1.6)$$

čia L_0 yra tiesinės lygties sklidimo nuostolių skaičiavimo *poslinkis* ir γ – *polinkis*. Polinkis yra faktorius, parodantis kaip mažėja signalo stiprumas priklausomai nuo atstumo. *Atviros erdvės*, *Lee* ir *Hata* modelių polinkis yra skirtingas, atitinkamai 20 dB/dekados, 38,4 dB/dekados, ir 35,2 dB/dekados, kai bazinės stoties aukštis yra 30 m. Realybėje *polinkis* svyruoja nuo 20 iki 40 dB per dekadą, tai yra perdavimo nuostolių priklausomybė nuo atstumo yra atvirkštinė atstumo, kurio laipsninis rodiklis nuo 2 iki 4 funkcija. Signalui sklindant atviroje aplinkoje atstumo laipsninis rodiklis yra arčiau 2, urbanizuotoje, miesto aplinkoje – apie 4 [9]. Pagal [9], nustatant signalų sklidimo nuostolius bendrai, visame mieste, *tiesinėje* nuostolių skaičiavimo lygtyje galima naudoti atstumo laipsninį rodiklį lygų 4, tačiau analizuojant atskirose miesto vietose jis gali būti labai skirtingas. Pavyzdžiui, gatvės properšoje, *tiesioginio matavimo* zonoje nuo bazinės stoties, jis gali būti lygus 2, kitose miesto vietose – 4, o kai kuriose vietose, kur daug medžių ar kito tipo kliūčių, siekti net 6.

COST–231 Walfish–Ikegami radijo bangų sklidimo modelis

Walfish ir *Bertoni* [17] bei *Ikegami* [18] modelių pagrindu Europos mokslinių tyrimų komitetas COST 231 sukūrė *COST–231 Walfish–Ikegami* modelį, kurį ETSI rekomenduoja naudoti skaičiuojant GSM signalo perdavimo nuostolius urbanizuotoje, miesto aplinkoje. Šiame modelyje siekiant tiksliau aprašyti ir atsižvelgti į signalo sklidimo mieste sąlygas skaičiavimo formulėse įvesti tokie parametrai

kaip vidutinis pastatų aukštis, atstumas tarp pastatų, gatvės plotis ir jos orientacijos kampas signalo sklidimo krypties atžvilgiu. Žemiau pateikti *COST-231 Walfish-Ikegami* modelio taikymo apribojimai ir skaičiavimo formulės [5]. Taip pat 2.1 paveiksle pateiktas grafinis modelyje naudojamų parametru paaiškinimas.

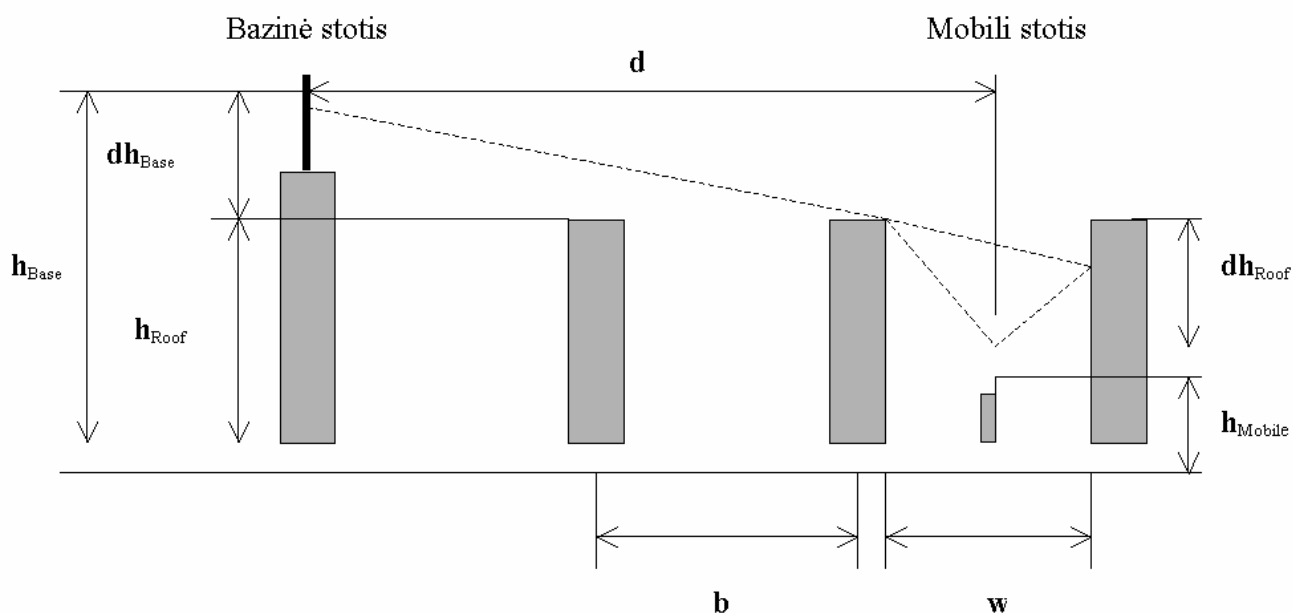
COST-231 Walfish-Ikegami modelio taikymo apribojimai:

f – dažnis (MHz), apie 800 MHz – 2 GHz ribose;

h_B – bazinės stoties antenos aukštis nuo Žemės paviršiaus, 4 – 50 m ribose;

h_M – mobilios stoties antenos aukštis, 1–3 m ribose;

d – atstumas nuo bazinės stoties iki mobilios stoties, 0,02 – 5 km ribose.



2.1 pav. *COST-231 Walfish-Ikegami* modelio parametru grafinis paaiškinimas

COST-231 Walfish-Ikegami modelio pagrindinių signalo perdavimo nuostolių skaičiavimo formulė yra:

$$L_b = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{msd} & , \text{kai } L_{rts} + L_{msd} > 0 \\ L_0 & , \text{kai } L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \end{cases} \quad (1.7)$$

čia: L_0 – signalo perdavimo atviroje erdvėje nuostoliai (free-space loss), kurie apskaičiuojami pagal (1.2) formulę:

$$L_0 = 32,4 + 20 \log(d) + 20 \log(f), \quad (1.8)$$

čia: L_{rts} – signalo difrakcijos nuo pastatų stogų ir atspindžių įtaka (roof-top-to-street diffraction and scatter loss), kuri skaičiuojama pagal formulę:

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log(w) + 10 \log(f) + 20 \log(h_{Roof} + h_{Mobile}) + L_{cri}, \quad (1.9)$$

$$L_{cri} = \begin{cases} -10 + 0,354 \cdot \varphi & , \text{kai } 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ \\ 2,5 + 0,075 \cdot (\varphi - 35) & , \text{kai } 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ, \\ 4,0 + 0,114 \cdot (\varphi - 55) & , \text{kai } 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \end{cases} \quad (1.10)$$

čia, φ yra gatvės orientacijos kampas signalo sklidimo krypties atžvilgiu.

L_{msd} – nuostoliai dėl difrakcijos už sąlyginių kliūčių (multi-screen diffraction loss), skaičiuojami:

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \cdot \log(d) + k_f \cdot \log(f) - 9 \cdot \log(b), \quad (1.11)$$

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \cdot \log(1 - h_{Base} - h_{Roof}) & , \text{kai } h_{Base} > h_{Roof} \\ 0 & , \text{kai } h_{Base} \leq h_{Roof} \end{cases} \quad (1.12)$$

$$k_a = \begin{cases} 54 & , \text{kai } h_{Base} > h_{Roof} \\ 54 - 0,8 \cdot (h_{Base} - h_{Roof}) & , \text{kai } h_{Base} \leq h_{Roof}, d \geq 0,5, \\ 54 - 0,8 \cdot (h_{Base} - h_{Roof}) \cdot (d / 0,5) & , \text{kai } h_{Base} \leq h_{Roof}, d < 0,5 \end{cases} \quad (1.13)$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & , \text{kai } h_{Base} > h_{Roof} \\ 18 - 15 \cdot \frac{h_{Base} - h_{Roof}}{h_{Roof}} & , \text{kai } h_{Base} \leq h_{Roof} \end{cases} \quad (1.14)$$

$$k_f = \begin{cases} -4 + 0,7 \cdot (f / 925 - 1) & \text{miestams} \\ -4 + 1,5 \cdot (f / 925 - 1) & \text{didmiesciu centrams} \end{cases} \quad (1.15)$$

Kai mobili stotis yra *tiesioginio matavimo* zonoje iš bazinės stoties, gatvės proteršoje (Street Canyon), tai yra *mikro celės* atveju, bazinės stoties antena yra žemiau supančių pastatų stogų lygio, rekomenduojama pagrindinių signalo perdavimo nuostolių skaičiavimo formulė yra:

$$L_b = 42,6 + 26 \cdot \log(d) + 20 \cdot \log(f). \quad (1.16)$$

Jei nėra nustatytos tikslesnės konkretaus miesto *COST-231 Walfish-Ikegami* modelio parametrų reikšmės, COST-231 rekomenduoja [13] naudoti 2.1 lentelėje pateiktas reikšmes.

2.1 lentelė. Rekomenduojamos COST-231 Walfish-Ikegami modelio parametrų reikšmės

Parametras	Rekomenduojama reikšmė
b	nuo 20 iki 50 m
w	$b / 2$
h_{Roof}	3m * (vidutinis pastatų aukštų skaičius) + stogo aukštis stogo aukštis = $\begin{cases} 3\text{m} & , \text{kai šlaitinis stogas} \\ 0\text{m} & , \text{kai plokščias stogas} \end{cases}$
φ	90°

Svarbus *COST-231 Walfish-Ikegami* modelio skirtumas nuo *Hata* modelio yra tame, kad jame yra numatytas skirtingų skaičiavimo algoritmų naudojimas priklausomai nuo mobilios stoties buvimo vietos, tai yra ar ji yra *tiesioginio matomumo* zonoje (LOS) ar *netiesioginio matomumo* zonoje (NLOS). Tačiau *COST-231 Walfish-Ikegami* modelyje sklidimo aplinkos sąlygoms aprašyti naudojami neišmatuojami, sąlyginiai parametrai, tokie kaip: gatvės – gatvės proteršos plotis, atstumas tarp pastatų. Šiais parametrais neįmanoma tiksliai aprašyti miesto aplinkos sąlygų. Pavyzdžiui, prognozuojant elektromagnetinio lauko stiprumą aikštėje, iš visų pusių apsuptoje gatvių, – neįmanoma parinkti nei gatvės pločio, nei jos orientacijos kampo signalo sklidimo kryptimi.

COST-231 Walfish-Ikegami modelis, kaip ir *Hata* modelis yra įdiegtas daugelyje programinės įrangos produktų, tačiau jis nėra plačiai naudojamas visų pirma dėl sunkiai nustatomų aplinką aprašančių parametru, kurie praktiškai tampa papildomais kintamaisiais nustatant nuostolių skaičiavimo lygčių parametrus. Antras modelio trūkumas praktiniam naudojimui – žymiai lėtesnis skaičiavimo greitis nei *Hata* modelio.

2.6. Panašių sistemų analizė

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistemų skirtų mobiliojo ryšio ir bevieliojo ryšio tinklams nėra daug. Panašios sistemos skirtos tinklo planavimui, tačiau specializuotų technologinių paklaidų vertinimui nėra.

Iš panašių sistemų verta apžvelgti:

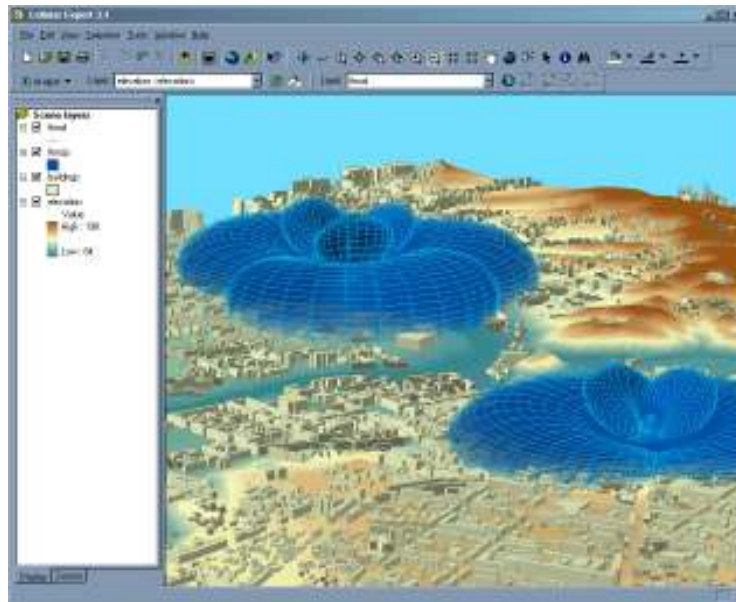
- Cellular expert [19]
- MSC Cell Tool v2

2.6.1. Cellular expert™

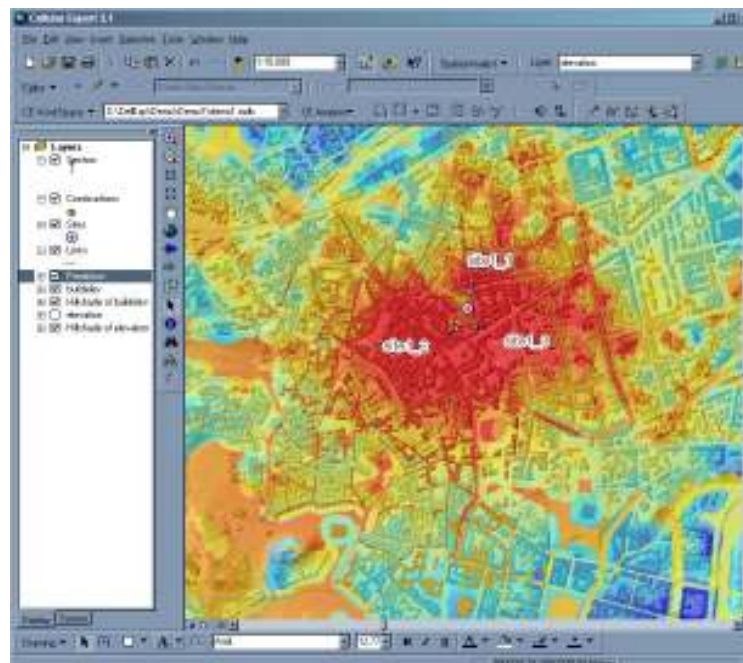
Cellular Expert (CE) – bevielių telekomunikacinių tinklų radijo dažnių planavimo ir valdymo programinė įranga, sukurta ant vienos iš pažangiausių geografinių informacinių sistemų platformų - ESRI ArcGIS.

1995 m. CE produktą sukūrė bendrovės UAB „HNIT-BALTIC“ Telekomunikacinių sprendimų departamento specialistai. 2000 m. CE pradėtas pardavinėti pasaulinėje rinkoje. 2003 m. InfoBalt parodoje produktas pelnė specialią nominaciją geriausio ITT produkto rinkimuose. Nuo 2004

m. produktas platinamas per pasaulinį distributorių tinklą daugiau nei 20-yje pasaulio valstybių, šiandien jį naudoja beveik 40 bendrovių. Tarp CE klientų yra tokios bendrovės, kaip Bitė GSM, Motorola Communications (Graikija ir Izraelis), OG Vodafone (Islandija), AB „Lietuvos Energija“, Siemens SA (Graikija), AB „Lietuvos telekomas“, Veridian Systems Division (JAV) bei daugelis kitų. Produkto geografija nuolat plečiasi.



2.2 pav. ESRI ArcGIS generacijos rezultatai



2.3 pav. ESRI ArcGIS generacijos rezultatai

Cellular Expert galimi vartotojai:

- bevielio ryšio operatoriams (GSM, DCS, PCS, NMT, LMDS);
- bendrovėms, turinčioms savus žinybinius tinklus (pvz. įvairios žinybinės tarnybos);
- bendrovėms, planuojančioms duomenų perdavimo tinklus ar WLL;

- kariškiams;
- bendrovėms, teikiančioms konsultacines paslaugas bevielių telekomunikacinių tinklų planavimo ir valdymo srityje;
- visiems, kam reikalingas kompiuterizuotas bevielių telekomunikacinių tinklų analizės ir ataskaitų įrankis.

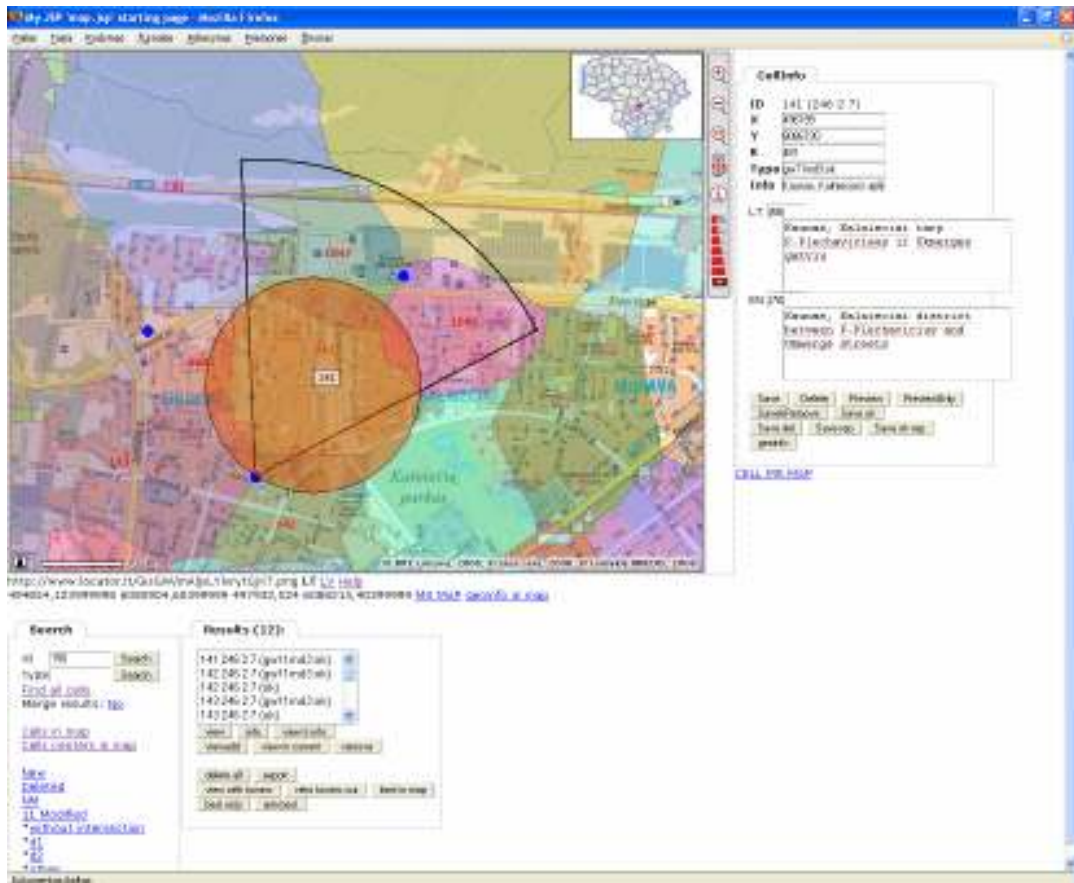
Cellular Expert palaiko šias technologijas:

- mobilieji tinklai (NMT, GSM, iDEN, AMPS, DCS, TETRA);
- plačiajuosčiai telekomunikaciniai tinklai (WLL, LMDS, MMDS) (Point to Multipoint);
- trečiosios kartos tinklai (UMTS, GPRS, EDGE);
- mikrobangų tinklai (Point to Point);
- kitas sistemas 150 MHz – 40 GHz. dažnių diapazone.

2.6.2. MSC Cell Tool v2

Sistema skirta automatizuotai nustatinėti korinio ryšio tinklų (GSM, 3G, Wi-Fi, WiMAX) antenų aprėpties teritorijas pagal antenų tarpusavio išsidėstymą bei aprašinėti teritorijas tekstu (atlikti geokodavimą bei atvirkštinį geokodavimą). Sistema neatlieka objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo.

Sistema gali būti pasiekama per internetinę sąsają arba įdiegiama tiesiogiai į kompiuterį. Internetinės sąsajos langas pateiktas 2.4 pav.



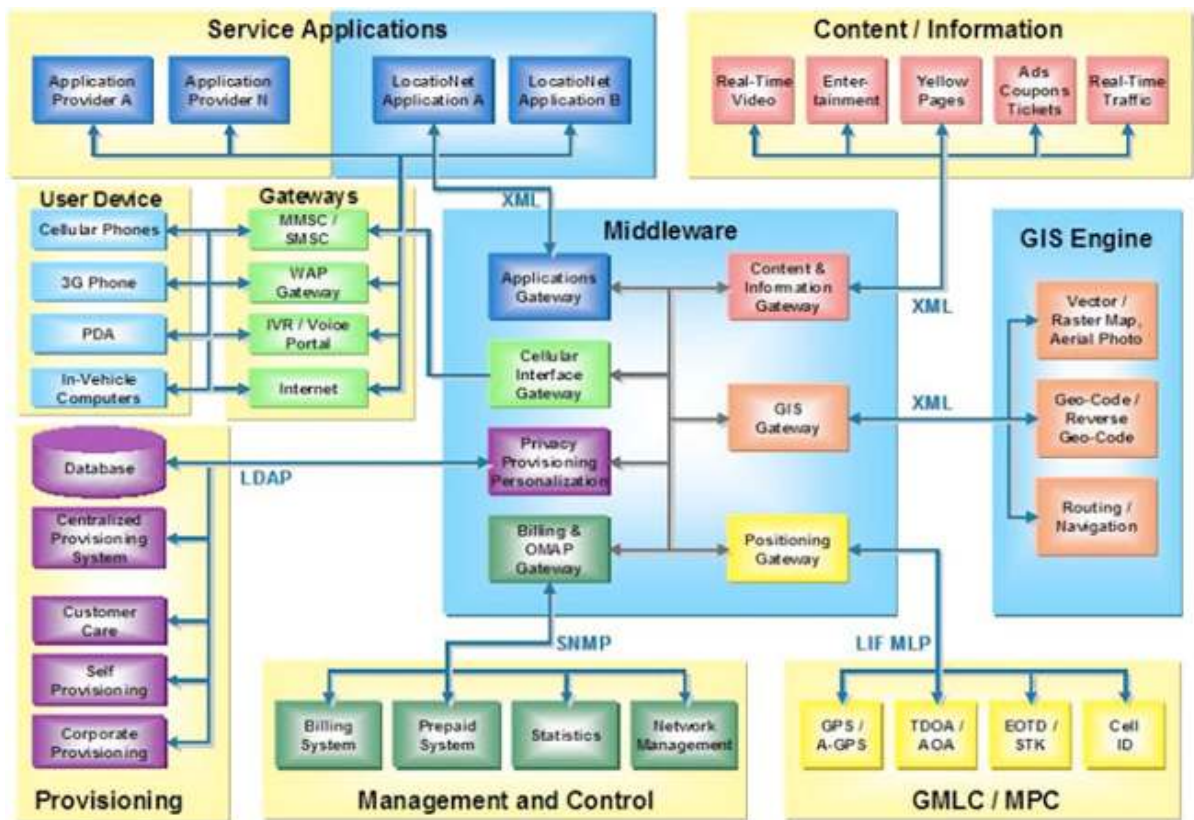
2.4 pav. MSC Cell Tool v2 vartotojo sąsaja

Sistemoje realizuotos funkcijos:

- Celių paieška
- Informacijos (cellId, MCC, MNC, LAC) apie celes peržiūra ir redagavimas, celių kūrimas

2.7. Architektūros ir galimų įgyvendinimo priemonių variantų analizė

Daugelio kompanijų sukurtos LBS platformos turi vienoda struktūrą (2.5 pav.). [20,21,22,23]. Sąsajos tarp komponentų XML, LIF MLP, LDAP, SNMP yra standartizuotos. Standartizuotos sąsajos suteikia galimybę pilnai įdiegti LBS platformą operatoriaus tinkle naudojantis skirtingų gamintojų komponentais. Pagrindinė vietos nustatymo paslaugoms naudojama sąsaja yra LIF MLP.



2.5 pav. LBS apibendrinta architektūra (Locatio.net)

Kuriama objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema yra kaip papildomas komponentas prie MPS sistemos.

Apibendrinant architektūrą, vietos nustatymo paslaugų (LBS – location based services) komunikavimo modelis (2.6 pav.) sudarytas iš trijų sluoksnių: vietos nustatymo, tarpinės įrangos (middleware) ir taikomųjų programų.



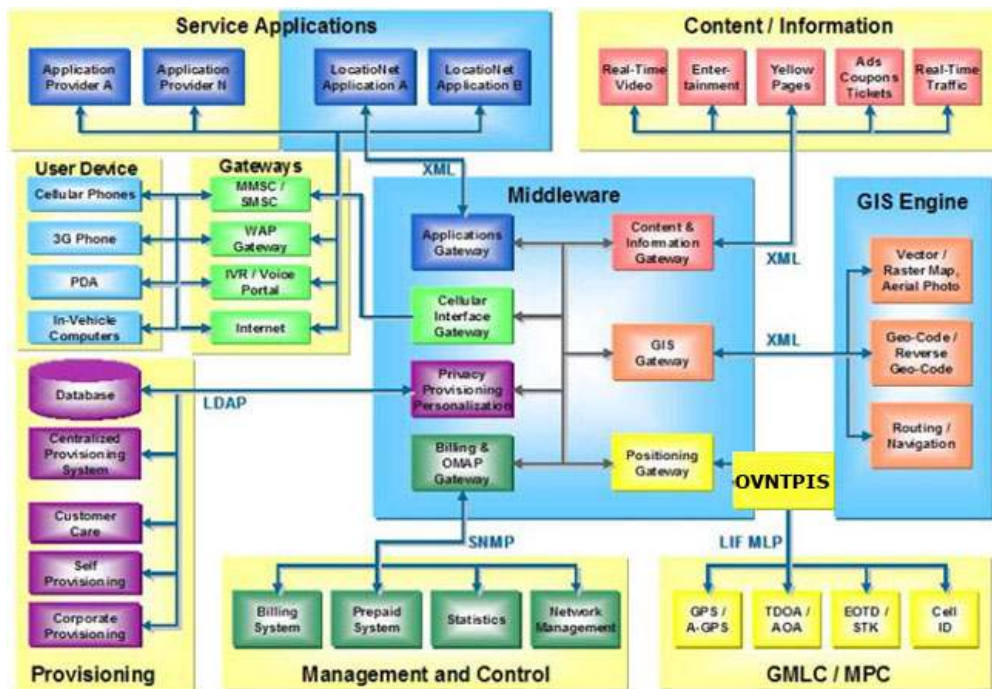
2.6 pav. LBS komunikavimo modelis

Vietos nustatymo sluoksnis atsakingas už mobiliosios stoties (MS), o tuo pačiu ir stebimo objekto vietos nustatymą. Jame vietos nustatymo įranga (PDE – position determination equipment)^{3.4.1} nustato MS vietą pagal tinklo parametrus (Cell-ID, TA), ir ją atvaizduoja geografinėje informacinėje sistemoje (GIS).

Taikomųjų programų sluoksnis apima įvairias taikomas programas, kurių pagalba vykdomos konkrečios vietos nustatymu pagrįstos paslaugos.

Tarpinės įrangos sluoksnis suderina vietos nustatymo sluoksnį su taikomųjų programų sluoksniu programomis formuodamas taikomųjų programų sąsają (API – application program interface). Tokia sąsaja įgalina supaprastinti ryšį tarp taikomųjų programų sluoksnio ir vietos nustatymo sluoksnio mažindamas tokio ryšio įvairovę. Ji užtikrina tiesioginį vietos nustatymo sluoksnio nepriklausomumą nuo taikymo įvairovės.

Kuriama objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema yra kaip papildomas komponentas prie vietos nustatymo sluoksnio. Naujas komponentas bendroje architektūroje, pavaizduotas paveikslėlyje (2.7 pav).



2.7 pav. LBS apibendrinta architektūra su prijungta paklaidų įvertinimo sistema

2.8. Siekiamos sistemos apibrėžimas

Kuriama objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema įvertinanti vietos nustatymo technologines paklaidas atsižvelgiant į tinklo charakteristikas bei naudojamą vietos nustatymo metodą. Sistema kuriama kaip komponentas mobiliojo pozicionavimo sistemai MPS.

Objektų vietos nustatymo technologines paklaidas lemia visas parametrų kompleksas. Technologinės paklaidos priklauso nuo naudojamos technologijos, vietos nustatymo metodų, aplinkos įtakos ir netgi nuo vertinamų parametrų.

Stipriai augant LBS rinkai bei atsirandant vis naujoms vietos nustatymo technologijoms, labai aktualu turėti objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistemą, kadangi ši sistema padėtų tinkamiausiai pasirinkti reikiamą vietos nustatymo technologiją, atsižvelgiant į LBS paslaugos uždavinius, technologijos techninius parametrus, bei įdiegimo ir palaikymo kainą konkrečioje situacijoje.

Kadangi sistema gali būti naudojama tiek vietos nustatymo metodo paklaidai mobiliojo ryšio ir bevieliose tinkluose nustatyti, tiek tinklo planavimui, pagrindiniai sistemos vartotojai bus IT ir telekomunikacijų sektoriaus specialistai dirbantys šioje srityje. Taip pat sistema naudinga mokslininkams, atliekantiems tyrimus šioje srityje, kadangi tikrinti galima ne tik realius tinklus, bet ir suimituotus.

2.9. Darbo tikslas ir siekiami privalumai

Diegiama sistema turi įgyvendinti jai keliamus tikslus:

1. Padėti įvertinti vietos nustatymo technologines paklaidas mobiliojo ryšio ir kituose bevieliojo ryšio tinkluose, atsižvelgiant į tinklo charakteristikas bei naudojamą vietos nustatymo metodą.
2. Suteikti papildomą informaciją tinklo planavimo specialistams.
3. Dirbti kartu su MPS sistema ir jai teikti patikslintus paklaidų apskaičiavimo duomenis.

Pilnai įdiegus sistemą, ji turėtų žymiai palengvinti paklaidų skaičiavimo procesą, pagerinti vietos nustatymo kokybę. Sistema užtikrintų spartesnę MPS sistemos adaptavimą naujiems tinklams. Pasiteisinus šiai sistemai, ji būtų naudojama komerciškai.

2.10. Kompiuterizuojamos sistemos funkcijos

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema turi apibrėžtas funkcijas, reikalingas kokybiškam sistemos funkcionavimui. Sistema turi:

1. Automatizuotai surinkti reikiamus duomenis paklaidų įvertinimui iš MPS sistemos.
2. Turėti duomenų, reikalingų paklaidų įvertinimui, užkrovimo iš failo (failų) moduli.
3. Informacijos apie tinklą įvedimo modulį
4. Paklaidų įvertinimo algoritmus
5. Naujų algoritmų paklaidų vertinimui užkrovimo modulį
6. Esamų algoritmų redagavimo modulį
7. Skaičiavimo rezultatų (paklaidų įvertinimo) pateikimas failo pavidalu
8. Automatizuotas rezultatų (paklaidų įvertinimo) užkrovimas į MPS sistemą

Papildomos sistemos funkcijos gali būti numatytos sistemos projektavimo ar kūrimo metu. Taip pat sistema turi būti lengvai plečiama papildomomis funkcijomis po jos realizacijos. Todėl kuriama sistema turi būti sudaryta iš komponentų.

2.11. Reikalavimai duomenims

Kuriant objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistemą numatyta, jog už duomenų tikslumą, pilnumą ir korektiškumą atsakinga Mobilus Pozicionavimo Sistema (MPS). Tai ir būtina pačiai sistemai, nes šios duomenų savybės būtinos sėkmingam darbui su visa sistema. Atsižvelgiant į tai, atskirų reikalavimų duomenims nėra keliami. Duomenų pilnumas nėra būtinas, t.y. sistemos kūrimui nebūtina turėti visus duomenis. Nuo duomenų pilnumo priklauso tik testavimo kokybė.

Duomenys į analizės duomenų saugyklą bus perkeliama kartą per savaitę, todėl svarbu pabrėžti, jog matomi duomenys nebus šviežiausi.

2.12. Nefunkciniai reikalavimai ir apribojimai

2.12.1. Poveikis kitoms sistemoms

Kadangi kuriama objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema glaudžiai siesis su kitomis sistemomis, jos darbas neturi daryti jokios pastebimai neigiamos įtakos toms sistemoms, kuri galėtų pakenkti jų darbui. Svarbu, kad objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema naudodama kitų sistemų duomenis jų nepakeistų, pastebimai neapkrautų kitos sistemos, bei nepažeistų jos saugumo.

2.12.2. Reikalavimai našumui

Svarbus nefunkcinis reikalavimas sistemai yra našumas. Sistema turi būti suprojektuota taip, kad duomenų paėmimas iš kitų sistemų vyktų kuo sparčiau, ir kuo mažiau apkrautų tas sistemas. Taip pat kuriama įvertinimo sistema turi duomenis apdoroti sparčiai ir efektyviai. Tai pasiekti galima dviem būdais:

- Apribojant analizuojamų duomenų kiekį. Analizuojami ne visi duomenys, o tik tam tikros teritorijos, t.y. vykdant geografinį apribojimą.
- Replikuojant esančios sistemos duomenis į atskirą serverį, kuris bus skirtas tik tai kuriamos sistemos poreikiams.

2.12.3. Reikalavimai integravimui

Be našumo reikalavimų, sistemai keliami ir integravimo reikalavimai. Svarbu, jog nauja analizės sistema kuo labiau integruotųsi į esamą įmonės MPS sistemą. Sistema turėtų atlikti automatinį objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimą, dirbti be įsikišimo bei automatiškai pateikti vertinimo rezultatus MPS sistemai. Tam reikalinga:

- nenutrūkstantis ryšys tarp MPS serverio ir įvertinimo sistemos serverio
- kiekvieną savaitę be trikdžių įvyktų duomenų atnaujinimas

2.12.4. Reikalavimai saugumui

Akcentuojamas ir duomenų saugumas. Kadangi MPS sistemoje yra pateikiama konfidenciali informacija apie mobiliojo ryšio bei kitus bevielius tinklus, jų komponentus bei techninius parametrus, kuriama sistema neturi pažeisti esamo saugumo lygio.

2.13. Rizikos faktorių analizė

Kadangi kuriamos objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistemos darbo rezultatais naudosis MPS sistema, kuri yra komercinis produktas, galimi įvertinimo sistemos darbo sutrikimai turės tiesioginę įtaką MPS sistemos darbo kokybei. Todėl reikia iš anksto numatyti galimus rizikos faktorius, ir būdus juos valdyti.

2.2 lentelė Rizikos faktoriai

Rizikos faktorius	Svarbumas	Rizikos faktoriaus eliminavimo būdas
Įvertinimo sistemos serverio nepasiekiamumas	Aukštas	Užtikrinti, jog Įvertinimo sistemos serveris būtų greitai pasiekiamas fiziškai, kad esant reikalui, jį būtų galima kuo greičiau sutvarkyti
Duomenų nekorektiškumas	Kritinis	Atlikti išsamų komponentinį, funkcinį, visos sistemos pradinį testavimą. Palyginti gautus rezultatus su realaus matavimo rezultatais. Sistema turi pateikti korektiškus duomenis visuose reikiamuose mobiliojo ryšio bei kituose bevielio ryšio tinkluose, įvairiomis aplinkos sąlygomis
Nepavykęs automatinis atnaujinimas	Aukštas	Įdiegti pranešimų sistemą, perspėjančią apie nepavykusį atnaujinimą
Sistemos lūžis	Žemas	Kurti atsargines kopijas ne rečiau kaip kartą per savaitę.

2.14. Rezultato kokybės kriterijai

Įvertinus visus numatytus reikalavimus, būsimą sistema bus galima įvertinti remiantis šiais kokybės kriterijais:

2.3 lentelė Kokybės įvertinimo kriterijai

Kriterijus	Paaiškinimas
Plečiamumas	Kaip sistema gali būti išplėsta naujų tinklų objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimui?
Stabilumas	Ar sistema veikia stabiliai?
Našumas	Kiek laiko trunka duomenų paėmimas iš MPS sistemos? Kiek vidutiniškai trunka paklaidų įvertinimas?
Patikimumas	Ar sistemos duomenys korektiški? Ar dažnai pasitaiko klaidų, kurias reikia taisyti? Ar numatyti visi galimi naudojimo atvejai?
Paprastumas ir patogumas	Ar nereikalaujama daug resursų ir žinių sukurtai sistemai naudoti?
Išsamumas	Ar patenkinti visi vartotojų reikalavimai?

2.15. Analizės išvados

Baigiant analizę, reiktų padaryti šias išvadas:

1. Tiriant objektų vietos nustatymo paslaugų bei platformų mobiliojo ryšio tinkluose bei bevieluose tinkluose rinką bei tendencijas, matyti kad sistemų poreikis auga, sistemos sudėtingėja, joms keliami vis didesni kokybiniai reikalavimai. Vienas iš kokybinių reikalavimų – objekto buvimo vietos nustatymo paklaidą. Todėl nutartą supaprastinti šio kokybinio parametro įvertinimo procesą, jį automatizuojant ir sukuriant vieningą sistemą.

2. Atlikus literatūros bei kitų šaltinių analizę, išanalizuotos vietos nustatymo platformos (MPS), vietos nustatymo paslaugos (LBS), vietos nustatymo metodai, jų taikymas įvairiuose tinkluose, paklaidų įvertinimo metodika.

3. Numatyta galima būsimos sistemos architektūra bei diegimas – būsimai sistemai paskirtas atskiras serveris. Apsibrėžti saugumo, integralumo, našumo reikalavimai.

4. Pasiūlytas klientui tinkamas problemos sprendimo būdas (objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema), leidžianti sumažinti resursų poreikį šių paklaidų vertinimui bei kokybiškiau įvertinti objektų vietos nustatymo technologines paklaidas.

5. Projektuojama sistema universali, lengvai plečiama ir pritaikoma kitiems verslo procesams.

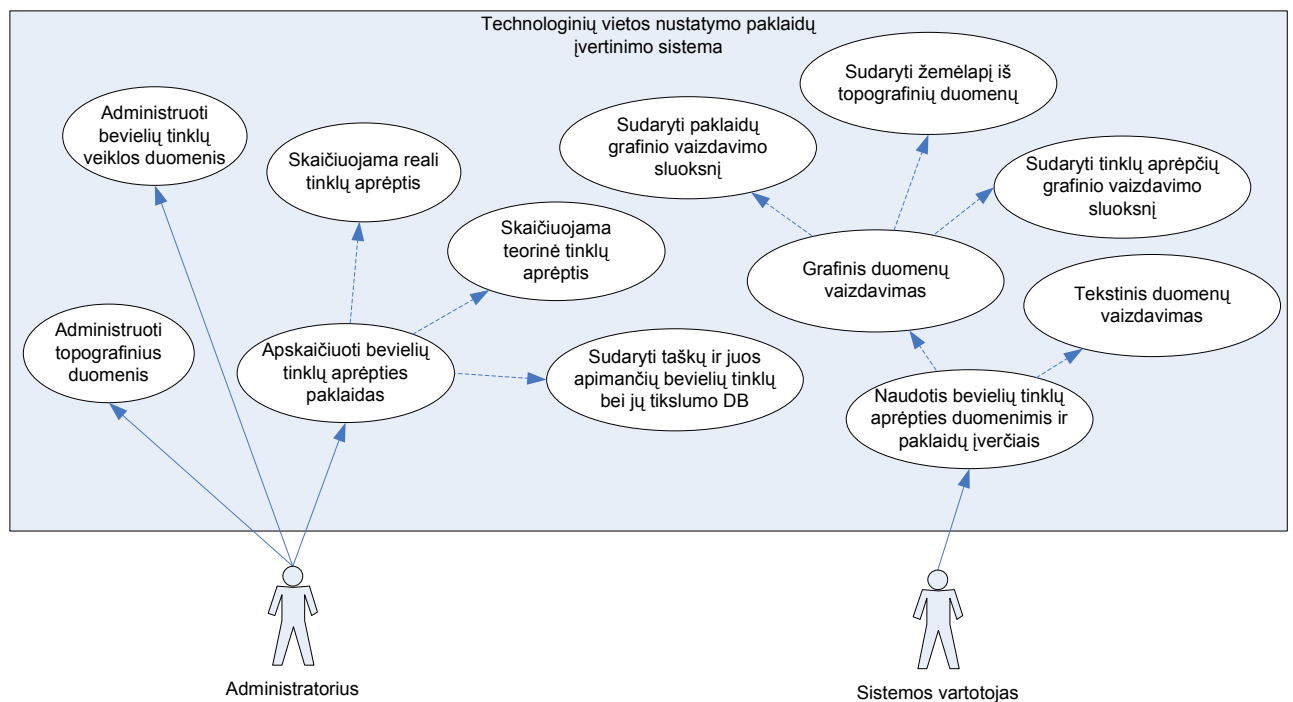
6. Pasirengta sistemos diegimui – pagal iškeltus uždavinius bei apibūdintas problemas, aiškiai apibrėžta tyrimo sritis, sukonkretintas tyrimo objektas. Apibrėžta kokioje aplinkoje bus naudojama sistema bei kokie vartotojai naudosis sistema. Atlikta problemos sprendimo metodų literatūros šaltiniuose bei panašių sistemų, architektūrų ir galimų įgyvendinimo priemonių variantų analizė. Suformuluotas aiškus siekiamos sistemos apibrėžimas, patikslintas ir aiškiai suformuluotas darbo tikslas ir būsimų darbo rezultatų galimi privalumai, lyginant su analizuotomis panašiomis sistemomis. Apibrėžtos sistemos funkcijos, reikalavimai duomenims, nefunkciniai reikalavimai bei apribojimai, išanalizuoti galimi rizikos faktoriai, nustatyti rezultato kokybės kriterijai.

3. Reikalavimų specifikacija ir analizė

3.1 Reikalavimų specifikacija

Sistema galima suskirstyti į dvi dalis, kurias sudaro:

- Administratoriaus vartotojo panaudos atvejai – tai sistemos dalis, skirta sistemos naudojamiems duomenims administruoti.
- Paprasto sistemos vartotojo panaudos atvejai – sistemos dalis, skirta per administratoriaus sąsają sutvarkytų duomenų bei sugeneruotų analizės rezultatų vaizdavimui.



3.1 pav. Sistemos panaudojimo atvejų modelis

Kiekvienas panaudojimo atvejis specifikuojamas toliau esančiose lentelėse:

Panaudojimo atvejo „Administruoti topografinius duomenis“ specifikacija

PA „Administruoti topografinius duomenis“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi administratoriaus teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos
Sužadavimo sąlyga	Vartotojas nori administruoti topografinius duomenis
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas redaguoja (įveda, trina, keičia) topografinį objektą	1.1. Sistema išsaugo redaguotus objektus, atlikdama pakeitimus duomenų bazėje
Po sąlyga:	Topografinių duomenų DB yra pakeista

Panaudojimo atvejo "Administruoti bevielių tinklų veiklos duomenis" specifikacija

PA „Administruoti bevielių tinklų veiklos duomenis“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi administratoriaus teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori administruoti bevielių tinklų duomenis
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas redaguoja (įveda, trina, keičia) tinklo specifikas	1.1. Sistema išsaugo redaguotus objektus, atlikdama pakeitimus duomenų bazėje
Po sąlyga:	Bevielių tinklų objektų DB atnaujinta

Panaudojimo atvejo "Apskaičiuoti bevielių tinklų aprėpties paklaidas" specifikacija

PA „Apskaičiuoti bevielių tinklų aprėpties paklaidas“		
Prieš sąlyga	Vartotojas turi administratoriaus teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos	
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori administruoti bevielių tinklų padengimo duomenis	
Susiję panaudojimo atvejai	Išplečia PA	
	Apima PA	Sudaryti taškų ir juos apimančių bevielių tinklų bei jų tikslumo DB Skaičiuojama reali tinklų aprėptis Skaičiuojama teorinė tinklų aprėptis
	Specializuoja PA	
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai	
1. Vartotojas pasirenka operaciją	1.1. Sistema pereina į pasirinktos operacijos vykdymo režimą	
Po sąlyga:	Sistema pasirinktame režime	

Panaudojimo atvejo "Skaičiuojama teorinė tinklų aprėptis" specifikacija

PA „Skaičiuojama teorinė tinklų aprėptis“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi administratoriaus teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos Bevielių tinklų veiklos DB užpildyta
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori atnaujinti teorinę tinklų aprėpties informaciją
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas spaudžia atnaujinimo mygtuką	1.1. Sistema analizuoja bevielių tinklų veiklos duomenis ir generuoja teorinės aprėpties DB
Po sąlyga:	Teorinė tinklų aprėpties DB atnaujinta

Panaudojimo atvejo "Skaičiuojama reali tinklų aprėptis" specifikacija

PA „Skaičiuojama reali tinklų aprėptis“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi administratoriaus teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos Topografinė duomenų bazė užpildyta Bevielių tinklų veiklos DB užpildyta
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori atnaujinti realią tinklų aprėpties informaciją
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas spaudžia atnaujinimo mygtuką	1.1. Sistema analizuoja bevielių tinklų veiklos duomenis bei topografinius duomenis ir generuoja realios aprėpties DB
Po sąlyga:	Realios aprėpties DB atnaujinta

Panaudojimo atvejo "Sudaryti taškų ir juos apimančių bevielių tinklų bei jų tikslumo DB" specifikacija

PA „Sudaryti taškų ir juos apimančių bevielių tinklų bei jų tikslumo DB“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi administratoriaus teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos Apskaičiuota reali tinklų aprėptis Apskaičiuota teorinė tinklų aprėptis
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori apskaičiuoti bevielių tinklų tikslumą
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas spaudžia atnaujinimo mygtuką	1.1. Pagal apskaičiuotą teorinę bei realią bevielių tinklų aprėptį duomenų informaciją, sudaromas taškinė tinklų tikslumo DB
Po sąlyga:	Sudaryta tikslumo DB

Panaudojimo atvejo "Tekstinis duomenų vaizdavimas" specifikacija

PA „Tekstinis duomenų vaizdavimas“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi sistemos vartotojo teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos Sudaryta taškinė bevielių tinklų paklaidų DB
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori gauti tekstinę informaciją apie tinklų paklaidas
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas suveda užklausai reikalingus duomenis	1.1. Sistema išanalizuoja užklausą ir iš turimų DB gražina reikiamą informaciją
Po sąlyga:	Tekstinė informacija perduota vartotojui

Panaudojimo atvejo "Grafinis duomenų vaizdavimas" specifikacija

PA „Grafinis duomenų vaizdavimas“		
Prieš sąlyga	Vartotojas turi sistemos vartotojo teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos	
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori gauti grafinę informaciją apie tinklų paklaidas	
Susiję panaudojimo atvejai	Išplečia PA	
	Apima PA	Sudaryti tinklų grafinį vaizdavimo sluoksnį Sudaryti žemėlapi iš topografinių duomenų Sudaryti tinklų aprėptį grafinio vaizdavimo sluoksnį
	Specializuoja PA	
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai	
1. Vartotojas pasirenka operaciją	1.1. Sistema pereina į pasirinktos operacijos vykdymo režimą	
Po sąlyga:	Sistema pasirinktame režime	

Panaudojimo atvejo "Sudaryti paklaidų grafinį vaizdavimo sluoksnį" specifikacija

PA „Sudaryti paklaidų grafinį vaizdavimo sluoksnį“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi sistemos vartotojo teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos Sudaryta taškinė bevielių tinklų paklaidų DB
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori gauti grafinę bevielių tinklų paklaidų vaizdą
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas suveda užklausai reikalingus duomenis	1.1. Sistema pateikia grafinį bevielių tinklų paklaidų vaizdą
Po sąlyga:	Grafinė informacija perduota vartotojui

Panaudojimo atvejo "Sudaryti žemėlapi iš topografinių duomenų" specifikacija

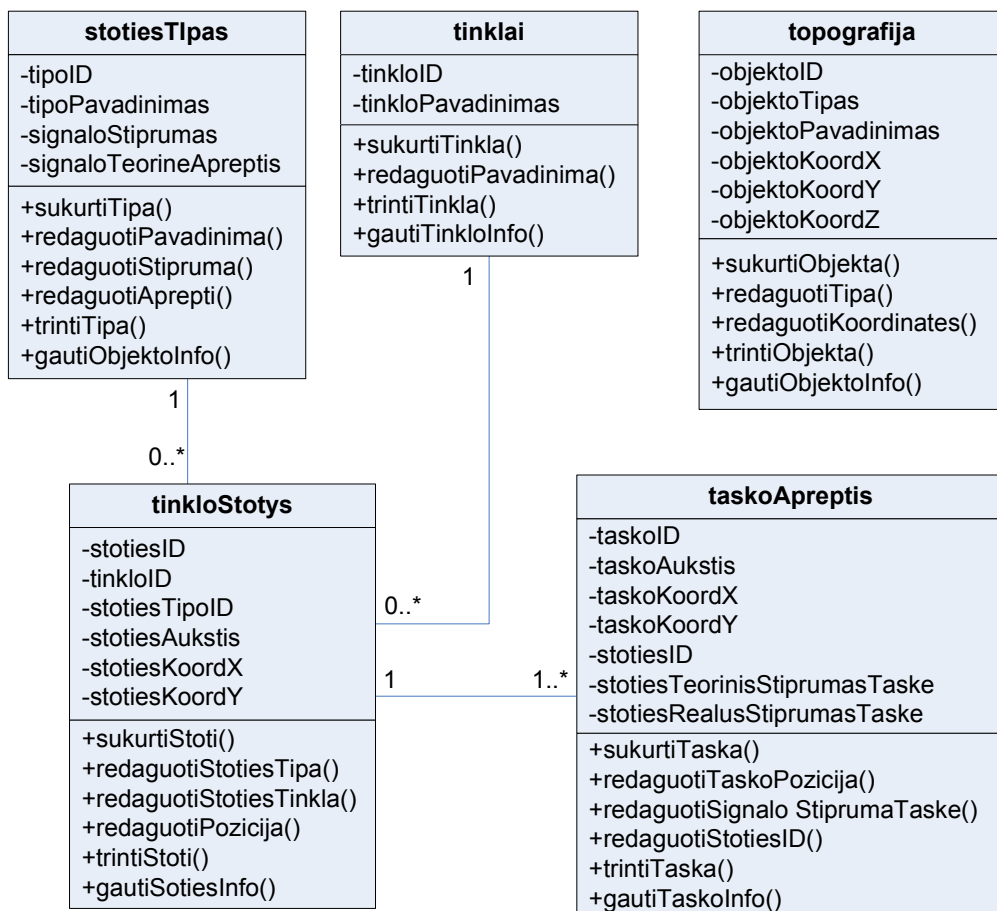
PA „Sudaryti žemėlapi iš topografinių duomenų“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi sistemos vartotojo teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos Topografinė duomenų bazė užpildyta
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori gauti vietovės žemėlapi
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas suveda užklausiai reikalingus duomenis	1.1. Sistema pateikia vietovės žemėlapi
Po sąlyga:	Grafinė informacija perduota vartotojui

Panaudojimo atvejo "Sudaryti tinklų aprėpčių grafinio vaizdavimo sluoksnį" specifikacija

PA „Sudaryti tinklų aprėpčių grafinio vaizdavimo sluoksnį“	
Prieš sąlyga	Vartotojas turi sistemos vartotojo teises Vartotojas prisijungęs prie sistemos Sudaryta bevielių tinklų aprėpčių DB
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas nori gauti grafinį bevielių tinklų aprėpčių vaizdą
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas suveda užklausiai reikalingus duomenis	1.1. Sistema pateikia grafinį bevielių tinklų aprėpčių vaizdą
Po sąlyga:	Grafinė informacija perduota vartotojui

3.2. Dalykinės srities modelis

Sistemos objektus galima būtų susisteminti į esybes, kurių diagrama nurodoma 3.2 paveikslėlyje.



3.2 pav. Duomenų klasių modelis

3.3. Reikalavimų analizė

Kadangi sistema gali būti naudojama tiek vietos nustatymo metodo paklaidai mobiliojo ryšio ir bevieliose tinkluose nustatyti, tiek tinklo planavimui, pagrindiniai sistemos vartotojai bus IT ir telekomunikacijų sektoriaus specialistai dirbantys šioje srityje. Taip pat sistema naudinga mokslininkams, atliekantiems tyrimus šioje srityje, kadangi tikrinti galima ne tik realius tinklus, bet ir imituojamus tinklus.

Kuriama objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema įvertinanti vietos nustatymo technologines paklaidas atsižvelgiant į tinklo charakteristikas bei naudojamą vietos nustatymo metodą. Sistema kuriama kaip komponentas mobiliojo pozicionavimo sistemai MPS.

Objektų vietos nustatymo technologines paklaidas lemia visas parametrų kompleksas. Technologinės paklaidos priklauso nuo naudojamos technologijos, vietos nustatymo metodų, aplinkos įtakos ir netgi nuo vertinamų parametrų.

Diegiama sistema turi įgyvendinti jai keliamus tikslus:

1. Padėti įvertinti vietos nustatymo technologines paklaidas mobiliojo ryšio ir kituose bevieliojo ryšio tinkluose, atsižvelgiant į tinklo charakteristikas bei naudojamą vietos nustatymo metodą.
2. Suteikti papildomą informaciją tinklo planavimo specialistams.
3. Dirbti kartu su MPS sistema ir jai teikti patikslintus paklaidų apskaičiavimo duomenis.

Sistema turi:

1. Automatizuotai surinkti reikiamus duomenis paklaidų įvertinimui iš MPS sistemos.
2. Turėti duomenų, reikalingų paklaidų įvertinimui, užkrovimo iš failo (failų) moduli.
3. Informacijos apie tinklą įvedimo modulį
4. Paklaidų įvertinimo algoritmus
5. Naujų algoritmų paklaidų vertinimui užkrovimo modulį
6. Esamų algoritmų redagavimo modulį
7. Skaičiavimo rezultatų (paklaidų įvertinimo) pateikimas failo pavidalu
8. Automatizuotas rezultatų (paklaidų įvertinimo) užkrovimas į MPS sistemą

Taip pat sistema turi būti lengvai plečiama papildomomis funkcijomis po jos realizacijos. Todėl kuriama sistema turi būti sudaryta iš komponentų.

Kadangi kuriama objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema glaudžiai siesis su kitomis sistemomis, jos darbas neturi daryti jokios pastebimai neigiamos įtakos toms sistemoms, kuri galētu pakenkti jų darbui. Svarbu, kad objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema naudodama kitų sistemų duomenis jų nepakeistų, pastebimai neapkrautų kitos sistemos, bei nepažeistų jos saugumo.

Sistema turi būti suprojektuota taip, kad duomenų paėmimas iš kitų sistemų vyktų kuo sparčiau, ir kuo mažiau apkrautų tas sistemas. Taip pat kuriama įvertinimo sistema turi duomenis apdoroti sparčiai ir efektyviai. Tai pasiekti galima dviem būdais:

- Apribojant analizuojamų duomenų kieki. Analizuojami ne visi duomenys, o tik tam tikros teritorijos, t.y. vykdant geografinį apribojimą.
- Replikuojant esančios sistemos duomenis į atskirą serverį, kuris bus skirtas tik tai kuriamos sistemos poreikiams.

Be našumo reikalavimų, sistemai keliami ir integravimo reikalavimai. Svarbu, jog nauja analizės sistema kuo labiau integruotųsi į esamą įmonės MPS sistemą. Sistema turėtų atlikti automatinį objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimą, dirbti be įsikišimo bei automatiškai pateikti vertinimo rezultatus MPS sistemai. Tam reikalinga:

- nenutrūkstantis ryšys tarp MPS serverio ir įvertinimo sistemos serverio
- kiekvieną savaitę be trikdžių įvyktų duomenų atnaujinimas

Akcentuojamas ir duomenų saugumas. Kadangi MPS sistemoje yra pateikiama konfidenciali informacija apie mobiliojo ryšio bei kitus bevielius tinklus, jų komponentus bei techninius parametrus, kuriama sistema neturi pažeisti esamo saugumo lygio.

4. Sistemos projektas

4.1 Sistemos pagrindimas ir esmės išdėstymas

Efektyviam investicijų į mobiliąsias telekomunikacijas panaudojimui būtinas pažangiausių projektavimo metodų ir priemonių taikymas. Priimamo signalo stiprumo matavimas yra viena iš svarbiausių funkcijų laiduojančių GSM (Global System Mobile)/UMTS mobiliojo ryšio tinklų veiklą, o taip pat ir visų kitų korinio ryšio tinklų veiklą. Projektuojant korinį radijo tinklą reikia užtikrinti tiek minimalų priimamo signalo stiprumą visoje tinklo aprėpties teritorijoje, tiek reikiamą skirtumą tarp tuo pačiu ir gretimais dažniais dirbančių siųstuvų signalų stiprumų. Šie skaičiavimai leidžia nustatyti bei įvertinti vietos nustatymo paklaidas šiuose tinkluose. Labai svarbu ne tik žinoti kokia yra vietos nustatymo paklaida, bet ir su kokia tikimybe galima pasitikėti šiais duomenimis (pasikliautinumo tikimybė). Šio kompleksinio uždavinio sprendimui būtina prognozuoti signalo stiprumą, kurio reikšmės pasirinktose vietose galima patikrinti atliekant matavimus.

Šiame darbe realizuojama objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema, leidžianti įvertinti topografinių modelių kartometrinių matavimų duomenis ir prognozuoti celių signalo stiprumą tiek neurbanizuotose, tiek urbanizuotose teritorijose. Modelis programiškai realizuotas vartotojui patogioje GIS (Geographical Information System) aplinkoje, kartometrinių uždavinių sprendimui taikant GIS programinės įrangos funkcijas.

Darbo metu realizuota Sistema skirta automatizuotai nusustatinėti korinio ryšio tinklų (GSM, 3G, Wi-Fi, WiMAX) antenų aprėpties teritorijas įvertinant spinduliuojamų signalų, meteorologinių sąlygų ir topografinių žemėlapių duomenis. Šiuo metu sistema automatiškai ir periodiškai apskaičiuoja keleto operatorių GSM/3G tinklų visų bazinių stočių aprėpties zonas. Šios sistemos skaičiavimo rezultatai gali būti naudojami ir vietos nustatymo paslaugoms teikti patobulinant patį paprasčiausią vietos nustatymo metodą Cell-ID.

Naudojantis Cell-ID vietos nustatymo metodu atsakymas apie objekto buvimo vietą pateikiamas kaip teritorija, kurioje veikia iš antenos spinduliuojami signalai. Paprastai skaičiavimo algoritmas apsiriboja paprastu paskaičiavimu kaip tarpusavyje išsidėstę bazinės stotys ir kaip nukreiptos antenos. Gudresni algoritmai skaičiavimams naudoja daugiau parametrų. Pavyzdžiui siunčiamo signalo stiprumą. Siekiant maksimaliai padidinti vietos nustatymo Cell-ID metodu tikslumą, tikslinga įvertinti visus įtakojančius antenos veikimo aprėptį parametrus. Šį patobulintą metodą galima vadinti E-CGI (Enhanced Cell-ID).

Kadangi atmosferinių sąlygų įtaka nagrinėjamų korinių tinklų bangų sklidimui yra praktiškai lygi nuliui ir lemiamą įtaką šių dažnių radijo bangų sklidimui turi vietovės topografinės ypatybės, signalo stiprumo prognozavimo tikslumą nulemia du pagrindiniai veiksniai: naudojamo topografinio modelio ir radijo signalo stiprumo prognozavimo modelio tikslumas, tai yra kaip tiksliai turimas

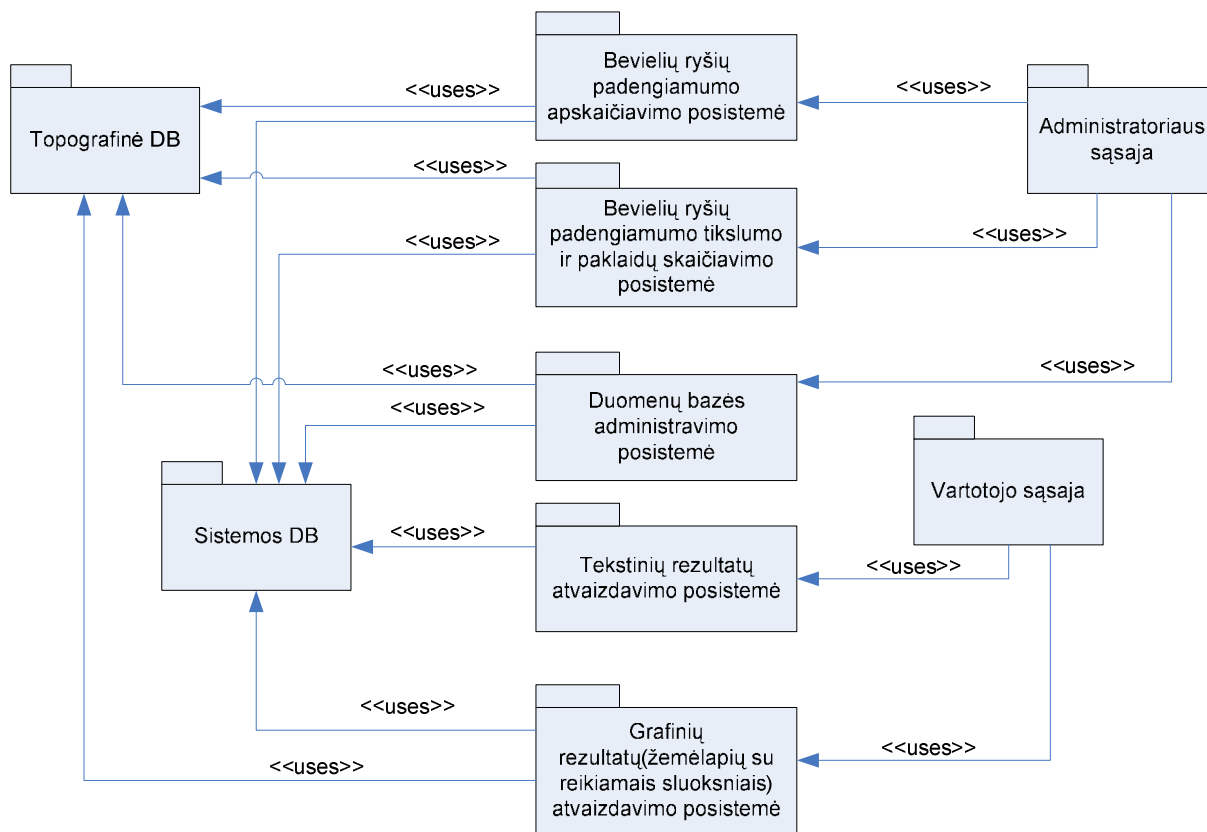
topografinis modelis aprašo realią topografinę situaciją ir kaip tiksliai signalo stiprumo prognozavimui naudojamas modelis skaičiavimuose gali įvertinti kartometrinių matavimų duomenis. Modelio tikslumas gali būti įvertinamas lyginant prognozavimo ir signalo stiprumo matavimo lauke rezultatus. Palyginimui be statistinių rodiklių: skirtumų aritmetinio vidurkio ir standartinio nuokrypio įverčio gali būti naudojami kiti kokybės rodikliai, atspindintys prognozavimo ir matavimų rezultatų atitikimą.

Signalų aprėpčių apskaičiavimas padeda įvertinti objektų vietos nustatymo technologines paklaidas. Informacija apie šias paklaidas labai svarbi vietos nustatymo paslaugų teikėjams, taip pat mobiliojo ryšio operatoriams. Įvertinimo sistema pagal pateiktus operatoriaus tinklo duomenis bei pasirinktus skaičiavimo parametrus, įvertina technologines objektų vietos nustatymo paklaidas įvairiais aspektais bei atvaizduoja juos žemėlapyje o taip pat pateikia skaitines reikšmes.

4.2 Sistemos architektūra

4.2.1. Loginė visos sistemos architektūra

Sistemą sudarantys paketai pavaizduoti 4.1 paveikslėlyje. Dalis paketų skirti duomenų bazėms valdyti („Duomenų bazės administravimo posistemė“), dalis – skaičiavimams atlikti („Bevielių ryšių padengiamumo posistemė“, „Bevielių ryšių padengiamumo tikslumo ir paklaidų skaičiavimo posistemė“), dalis – skaičiavimo rezultatams vaizduoti ir analizuoti („Tekstinių rezultatų atvaizdavimo posistemė“, „Grafinių rezultatų (žemėlapių sureikiamais sluoksniais) atvaizdavimo posistemė“). Šie paketai prieinami per dvi sąsajas: administratoriaus ir vartotojo. Skirtingų tipų vartotojai gali matyti skirtingas sąsajas ir gali atlikti skirtingus veiksmus, kurie galimi per naudojamas posistemas.



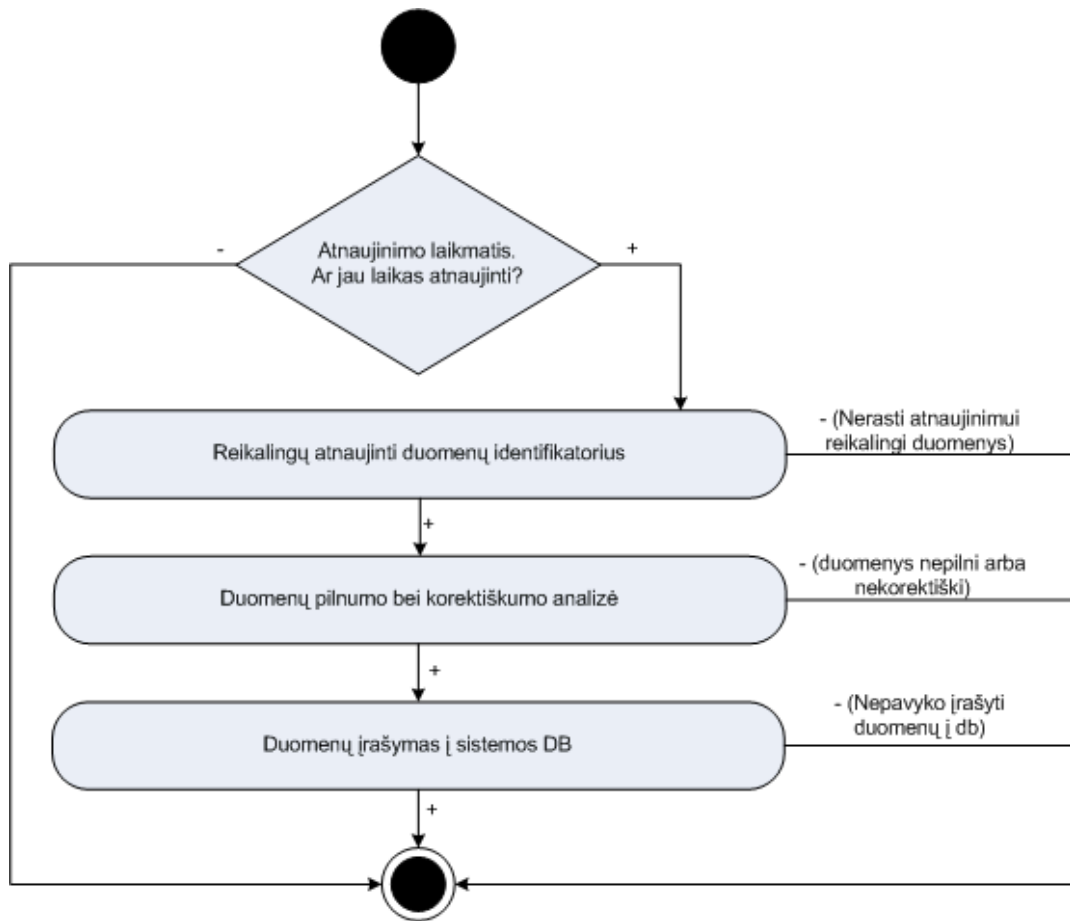
4.1 pav. Projekto architektūra

4.2.2. Vartotojo paslaugos

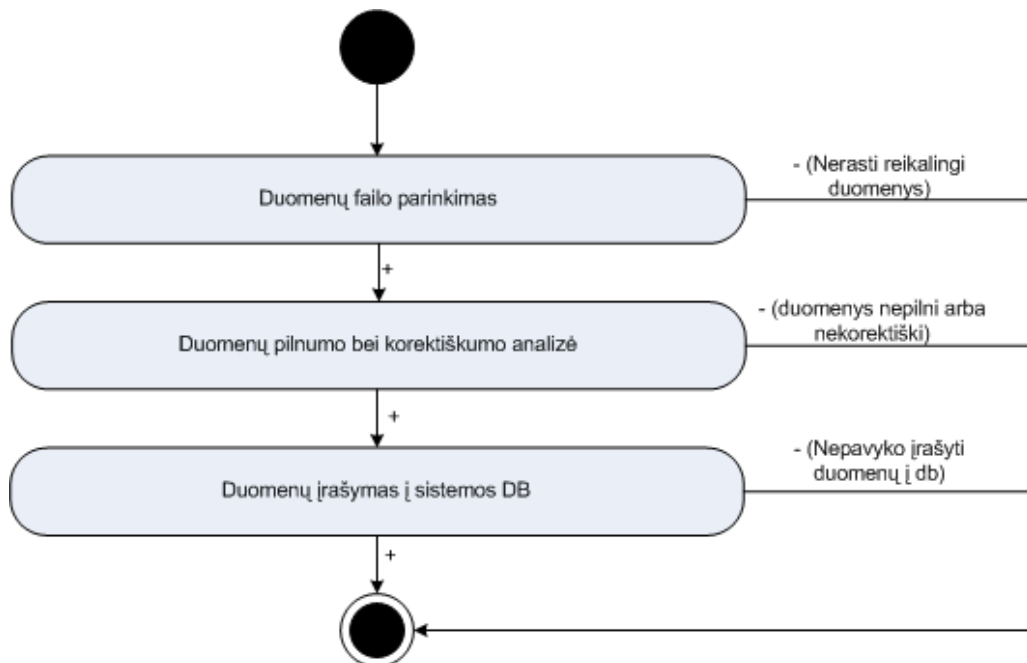
1. Automatizuotas reikiamų duomenų iš MPS sistemos surinkimas paklaidų įvertinimui.
2. Duomenų, reikalingų paklaidų įvertinimui, užkrovimas.
3. Informacijos apie tinklą įvedimas
4. Paklaidų įvertinimas
5. Naujų algoritmų paklaidų vertinimui užkrovimas
6. Algoritmų redagavimas
7. Skaičiavimo rezultatų (paklaidų įvertinimo) pateikimas failo pavidalu
8. Automatizuotas rezultatų (paklaidų įvertinimo) užkrovimas į MPS sistemą

4.3. Sistemos elgsenos modelis

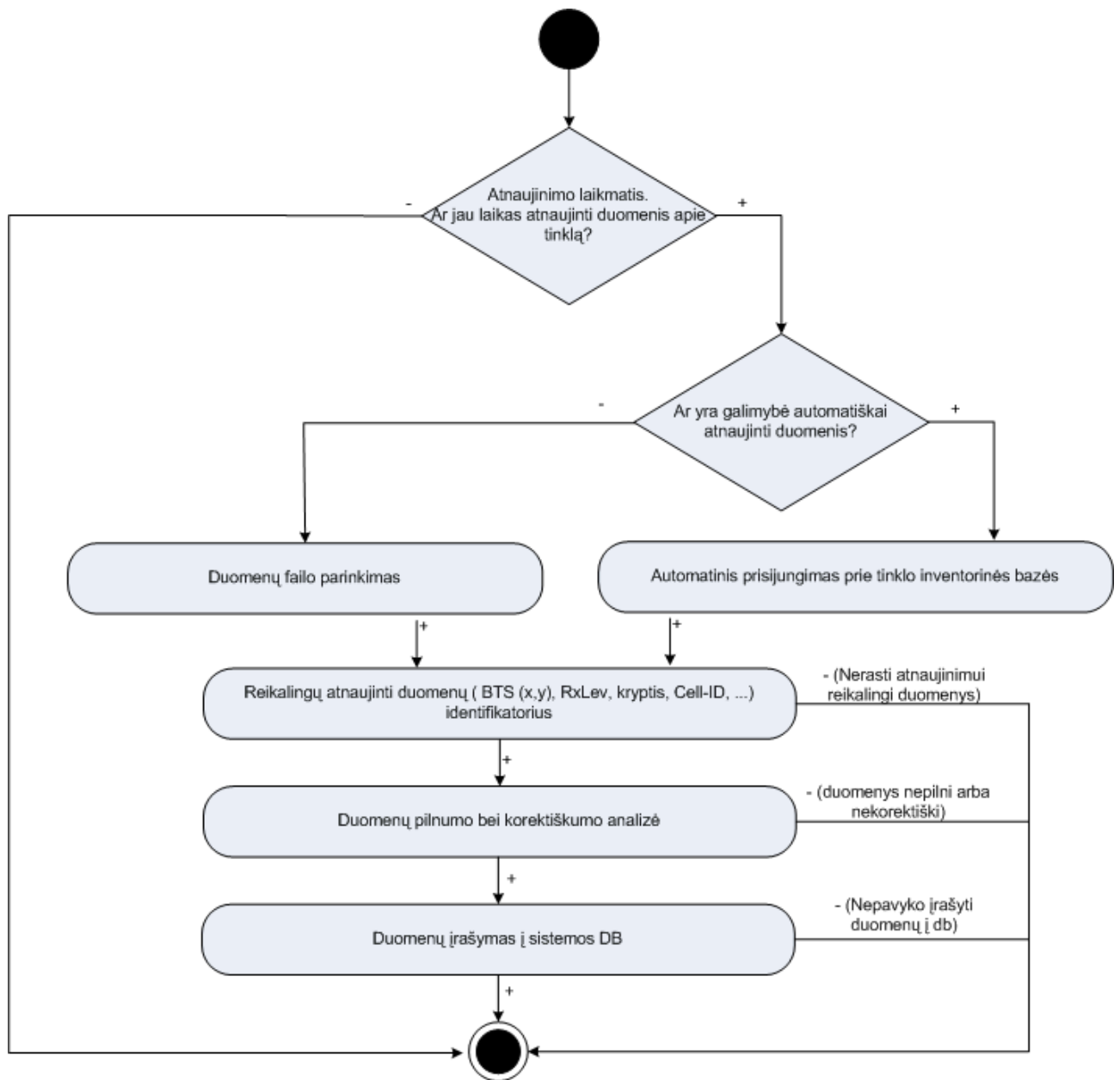
Sistemos elgseną patogiu būdu nurodyti veiklos diagramomis, kurios apibrėžia sistemos darbo sekas:



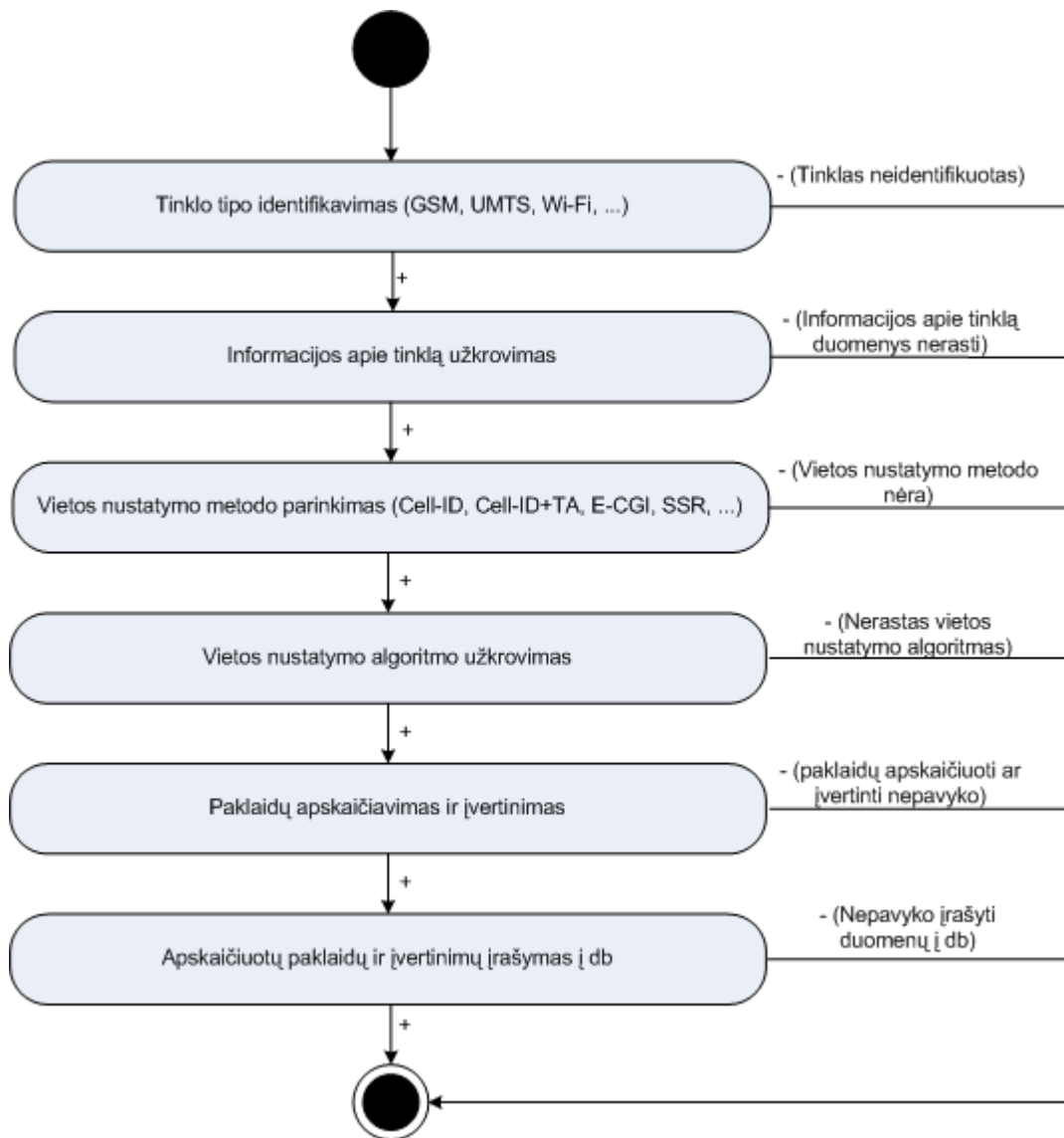
4.2 pav. Automatizuotas duomenų iš MPS sistemos surinkimas paklaidų įvertinimui



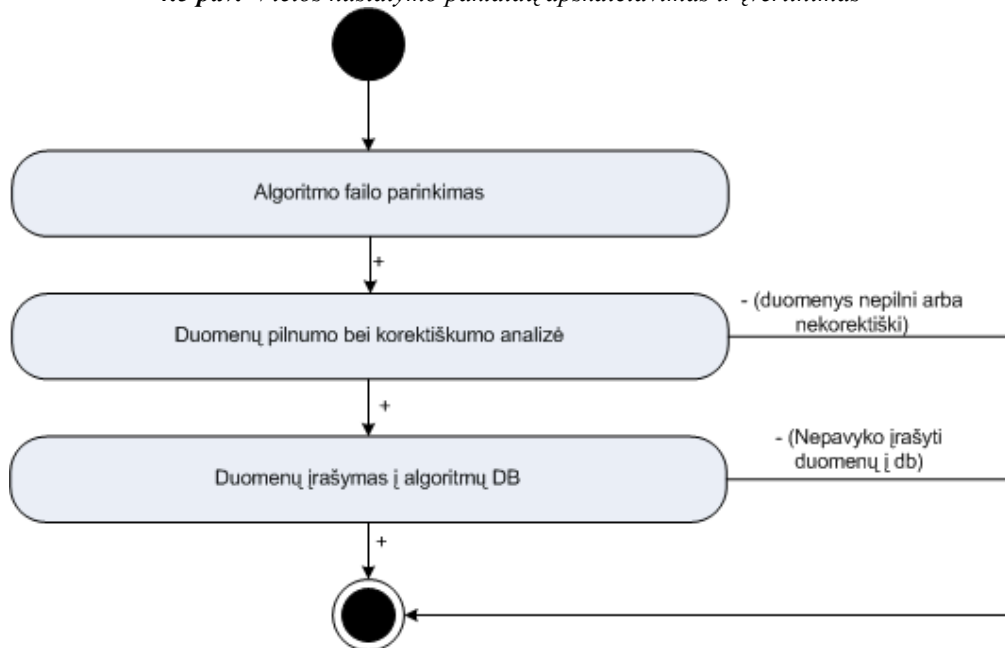
4.3 pav. Duomenų užkrovimas iš failo paklaidų įvertinimui



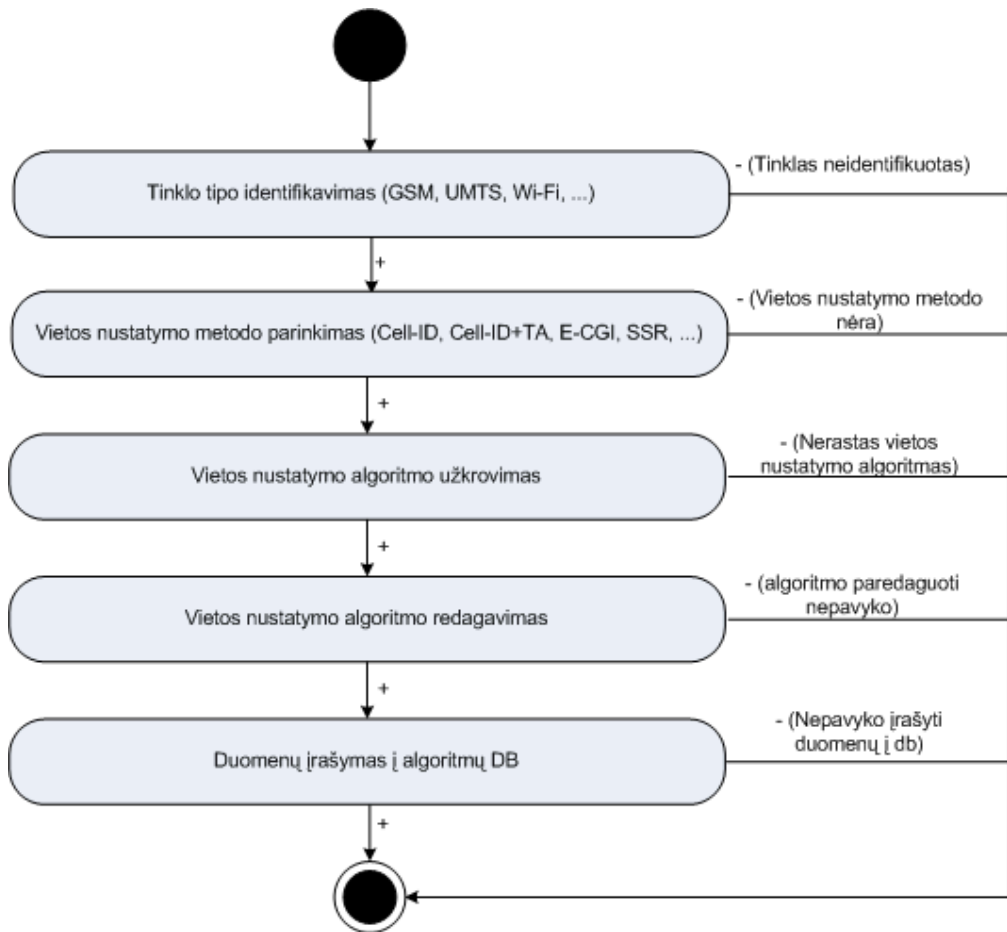
4.4 pav. Informacijos apie tinklą įvedimas



4.5 pav. Vietos nustatymo paklaidų apskaičiavimas ir įvertinimas



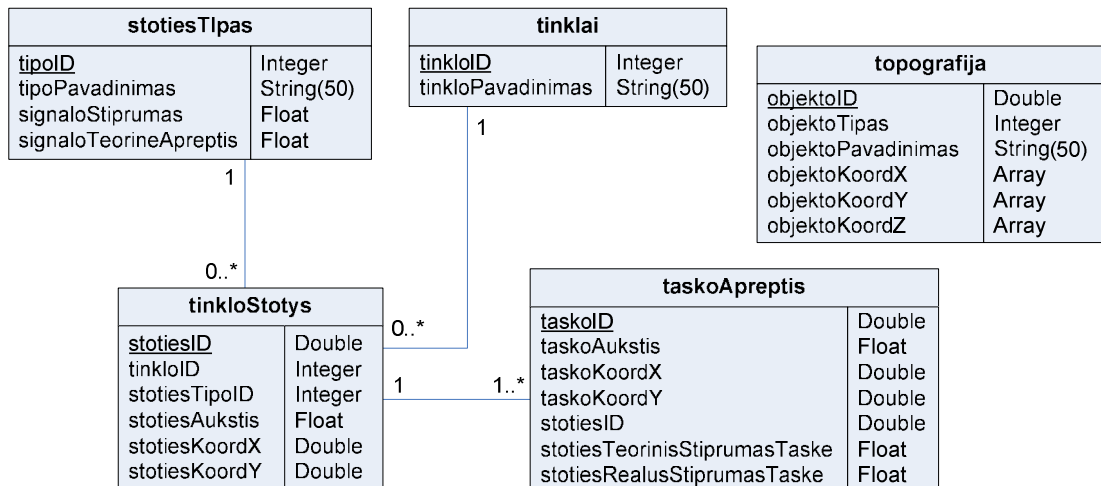
4.6 pav. Naujų algoritmų paklaidų vertinimui užkrovimas



4.7 pav. Esamų algoritmų redagavimas

4.4 Duomenų bazės schema

Sistemos duomenų bazė sudaryta daugiausiai iš geografinių duomenų, tačiau apibrėžia skirtingus sistemoje naudojamus objektus: bevielio ryšio antenas ir jų aprėptis, tikslumą bei vietovių, kur tos antenos yra statomos geografinę informaciją. Šie duomenys gali būti specialiais algoritmais bei programine įranga verčiami į vaizdinę medžiagą ar analizuojami bei jų pagalba nustatinėjama aplinkos įtaka radijo signalų sklidimui.



4.8 pav. Duomenų bazės schema

Lentelėje „**stotiesTipas**“ saugomi duomenys apie bevielių tinklų naudojamų stočių tipus.

tipoID	Laukelis skirtas identifikuoti stoties tipą
tipoPavadinimas	Laukelis skirtas pavadinti stoties tipą, kad būtų galimas elemento daugkartinis panaudojimas
signaloStiprumas	Laukelis skirtas stoties tipo teoriniam stiprumui aprašyti
signaloTeorineApreptis	Laukelis skirtas šios stoties tipo aprėptčiai atviroje erdvėje

Lentelėje „**tinklai**“ saugomi duomenys apie bevielius tinklus. Gali būti kuriami realūs bei imituojami tinklai, kaupiama jų informacija bei vėliau analizuojami duomenys.

tinkloID	Laukelis skirtas identifikuoti stoties tipą
tinkloPavadinimas	Laukelis skirtas pavadinti tinklą

Lentelėje „**tinkloStotys**“ saugomi duomenys apie bevielių tinklų naudojamas stotis. Stotims priskyrus tipą bei tinklą, galima analizuoti jų aprėptis, paklaidas ir kitą informaciją susijusią su tinklų padengiamumu.

stotiesID	Laukelis skirtas identifikuoti stotį
tinkloID	Laukelis skirtas nurodyti kokiam tinklui priklauso ši stotis
stotiesTipoID	Laukelis skirtas nurodyti kokio tipo stotis yra
stotiesAukstis	Laukelis skirtas nurodyti kokiame aukštyje yra antena. Vėliau ši informacija gali būti naudojama signalo stiprumui nustatyti tam tikrose vietose(priklausomai nuo vietovės topografijos)
stotiesKoordX	Laukelis skirtas nurodyti kokioje vietoje yra stotis X koordinatų ašyje
stotiesKoordY	Laukelis skirtas nurodyti kokioje vietoje yra stotis Y koordinatų ašyje

Lentelėje „**taskoApreptis**“ saugomi duomenys apie geografines taškų pozicijas, tašką pasiekiančių stočių signalus, teorinį ir realų stočių siunčiamo signalo stiprumą juose. Kiekvienai stotčiai kiekviename taške skirtas atskiras įrašas. Taško plotas yra apibrėžtas konstanta ir yra tam tikro ploto kvadratas, tačiau norint padidinti tikslumo ir paklaidų informaciją, taško plotas gali būti mažinamas.

taskoID	Laukelis skirtas identifikuoti tašką
taskoAukstis	Laukelis skirtas nurodyti kokiame aukštyje esantį tašką bandoma čia aprašyti
taskoKoordX	Laukelis skirtas nurodyti taško poziciją X koordinatų ašyje
taskoKoordY	Laukelis skirtas nurodyti taško poziciją Y koordinatų ašyje
stotiesID	Laukelis skirtas nurodyti kokiai stotčiai nustatinėjamas stiprumas taške
stotiesTeorinisStiprumasTaske	Laukelis skirtas nurodyti koks yra teorinis stoties signalo stiprumas taške
stotiesRealusStiprumasTaske	Laukelis skirtas nurodyti koks yra realus stoties signalo stiprumas taške, kuris skaičiuojamas panaudojant topografinius duomenis, paklaidų įvertinimą ir kitus reikiamus aplinkos parametrus

Lentelėje „**topografija**“ saugomi geografiniai nagrinėjamos vietovės duomenys. Vėliau pagal šiuos duomenis gali būti sudarinėjami vektoriniai žemėlapiai.

objektoID	Laukelis skirtas identifikuoti topografinį objektą
objektoTipas	Laukelis skirtas nurodyti kokio tipo yra objektas. Tipų gali būti įvairių: pradedant upėmis, baigiant pastatais. Jų visų vaizdavimo metodikos turi būti iš anksto suprogramuotos. Žymėjimo
objektoPavadinimas	Laukelis skirtas nurodyti objekto pavadinimui, kuris gali būti vaizduojamas ant sugeneruoto žemėlapis ar naudojamas objektų paieškai atlikti
objektoKoordX	Laukelis skirtas saugoti objekto taškų pozicijų X koordinačių ašies masyvą
objektoKoordY	Laukelis skirtas saugoti objekto taškų pozicijų Y koordinačių ašies masyvą
objektoKoordZ	Laukelis skirtas saugoti objekto taškų pozicijų Z koordinačių ašies masyvą

4.5. Realizacija

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema sudaryta iš dviejų dalių. Pirmoji skirta celių aprėpčių duomenų surinkimui ir apdorojimui. Šios sistemos dalies vaizdas pateiktas 4.9 paveikslėlyje.

Esamos duomenų lentelės		Esamos rezultatų lentelės	
operator_a_cells_all	Trinti	rez_operator_a_all_1000	Trinti Žiūrėti žemėlapi
operator_a_cells_gsm1800	Trinti	rez_operator_a_all_150	Trinti Žiūrėti žemėlapi
operator_a_cells_gsm900	Trinti	rez_operator_a_gsm1800_1000	Trinti Žiūrėti žemėlapi
operator_a_cells_umts	Trinti	rez_operator_a_gsm900_1000	Trinti Žiūrėti žemėlapi
operator_b_cells_all	Trinti	rez_operator_a_umts_1000	Trinti Žiūrėti žemėlapi
operator_c_cells_all	Trinti	rez_operator_b_all_1000	Trinti Žiūrėti žemėlapi
Įkelti duomenų failą		rez_operator_b_all_150	Trinti Žiūrėti žemėlapi
<p>Įkeliamų duomenų kiekvienas įrašas turi prasidėti vis naujoje eilutėje. Vieną įrašą privalo sudaryti tarpo ženklu atskirti duomenys tokia tvarka: X koordinatė (LKS formatu), Y koordinatė (LKS formatu), kelės spindulys R (metrais).</p> <input type="text"/> <input type="button" value="Browse..."/>		rez_operator_b_all_250	Trinti Žiūrėti žemėlapi

Sukurti naują rezultatų lentelę	
Duomenų lentelė:	operator_a_cells_all
Technologija:	operator_a_GSM900
Kvadratų dydis (metrais):	10000
Tiriamos vietovės kampų koordinatės ...	
... kairio viršutinio kampo X:	277200
... kairio viršutinio kampo Y:	6282500
... dešinio apatinio kampo X:	698000
... dešinio apatinio kampo Y:	5966850
Lentelėje bus sukurta apie	1,328 irasu
Lentelės duomenys užims apie	0.06 MB
Lentelė užpildyti užtruks apie	0.1 min / 0 h
<input type="button" value="Kurti rezultatu lentele"/>	
Puslapis sugeneruotas per 0.03s / 0 min	

4.9 pav. Sistemos duomenų surinkimo ir apdorojimo langas

Ši sistemos dalis gali dar būti sudalinta į duomenų surinkimo, duomenų apdorojimo ir rezultatų dalis.

Duomenų surinkimo dalis skirta celių aprėpčių duomenis surinkti iš šaltinių ir sutalpinti sistemai pasiekiamoje talpykloje. Sistema duomenims saugoti naudoja MySQL duomenų bazę.

Duomenys gali būti surenkami iš tekstinių duomenų failų. Failo turinys turi būtinai atitikti griežtus jiems keliamus reikalavimus. Reikalavimai yra tokie: įkeliamų duomenų failo kiekvienas įrašas turi prasidėti vis naujoje eilutėje. Vieną įrašą privalo sudaryti tarpo ženklu atskirti duomenys tokia tvarka: X koordinatė (LKS formatu), Y koordinatė (LKS formatu), kelės spindulys R (metrais). Jei pasirinktas tinkamo formato duomenų failas, duomenys iš failo yra nuskaitomi ir surašomi į duomenų bazę, iš kurios sistema greičiau gali gauti jai reikiamą informaciją apie celes.

Sukeltų duomenų lentelės nurodytos sistemos lango kairėje viršutinėje pusėje.

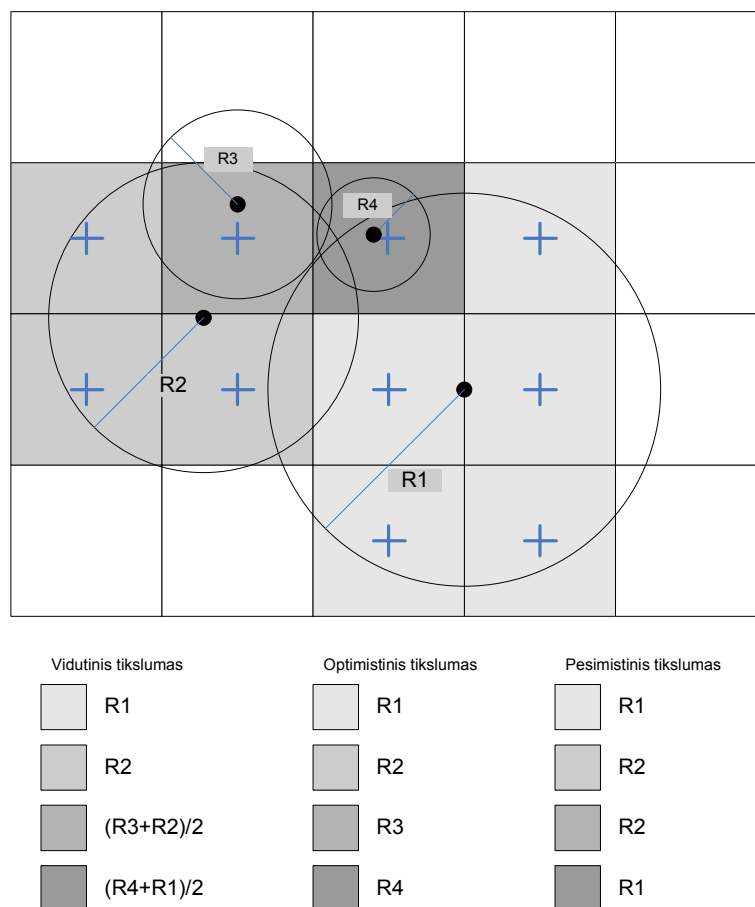
Duomenų apdorojimas ir perdarymas į informaciją, reikalingą vietos nustatymo paklaidų įvertinimui atliekamas suvedus reikiamus parametrus į sistemos formą ir pasirinkus vykdymą. Prieš

pradedant vykdyti sistema apskaičiuoja ir vartotojui pateikia preliminarius numatomus apdorojimo rezultatų apimtį bei laiką. Tai įgalina vartotoją dar prieš pradedant apdorojimą įvertinti veiklos apimtį, reikiamus resursų kiekius ir atitinkamai pagal poreikį koreguoti pasirinktus parametrus.

Duomenų apgodojimą įtakojantys parametrai yra šie:

- Duomenų lentelė (leidžiama pasirinkti celių aprėpties duomenų lentelę, pagal kurią bus sudarinėjami rezultatai)
- Technologija (technologijos pavadinimas dabar skirtas tik rezultatų lentelės pavadinimui sudaryti, bet plečiant sistemos funkcionalumą, galima būtų šią įvestį apdoroti ir priklausomai nuo jos, keisti celių duomenų apdorojimą)
- Kvadratų dydis (nagrinėjama vietovė yra sudalinima į kvadratus, kurių norimas dydis čia ir apibrėžiamas)
- Tiriamos vietovės kampų koordinatės (skirta nurodyti koordinates LKS formatu, kurių rėmuose ir būtų apdorojami celių duomenys)

Rezultatų skaičiavimai atliekami pagal 4.10 paveikslėlyje nurodyta apdorojimo metodiką.



4.10 pav. Celių aprėpties duomenų apdorojimo metodas

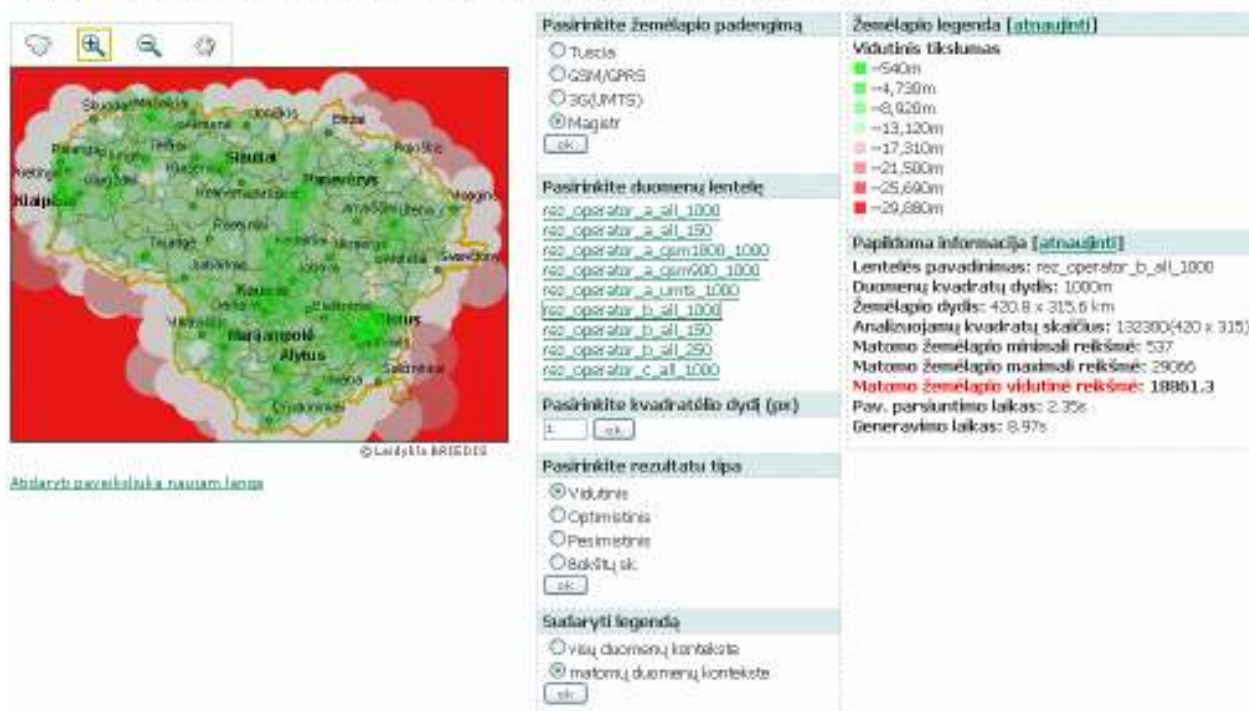
Duomenų apdorojimas yra vykdomas panaudojant nesudėtingą algoritmą, kurį galima aprašyti šiais punktais:

1. Tiriamas plotas yra sudalinamas į pasirinkto dydžio kvadratus (jų dydis nurodomas sistemos dalyje, kur skaičiuojami rezultatai ir yra laisvai keičiamas pagal vartotojo poreikius),
2. Tuomet einant per suskirstytus kvadratus iš eilės, yra tikrinama, kurios kelės įtakoja kvadratą (kurių celių veikimo spinduliai siekia tiriamo kvadrato centrą).
3. Tuomet suskaičiuojama visų, kvadrato centra veikiančių, celių spinduliu aritmetinė suma ir ji padalinama iš celių skaičiaus. Taip gaunamas kvadrato vietos nustatymo tikslumo vidurkis metrais. Optimalus ir pesimistinis tikslumas nurodo atitinkamai mažiausią ir didžiausią celių spindulį, įtakojantį kvadratą.

Apskaičiuoti rezultatai saugojami duomenų bazėse.

Antra sistemos dalis – vietos nustatymo technologinių paklaidų vaizdavimo ir įvertinimo langas. Šios dalies vaizdas pateiktas 4.11 paveiksle.

Kazimiero Butkaus magistrinio darbo rezultatų grafinis vaizdavimas



4.11 pav. Vietos nustatymo technologinių paklaidų vaizdavimo langas

Šios sistemos dalies puslapį sudaro keli komponentai:

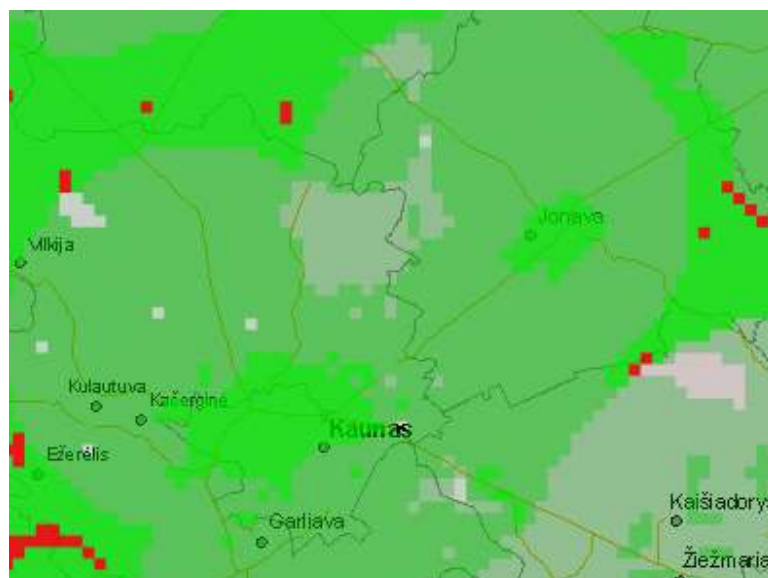
- Žemėlapis su grafiniu rezultatų vaizdavimu
- Žemėlapių vaizdavimo nuostatos

- Papildoma informacija apie žemėlapyje vaizduojamą informaciją

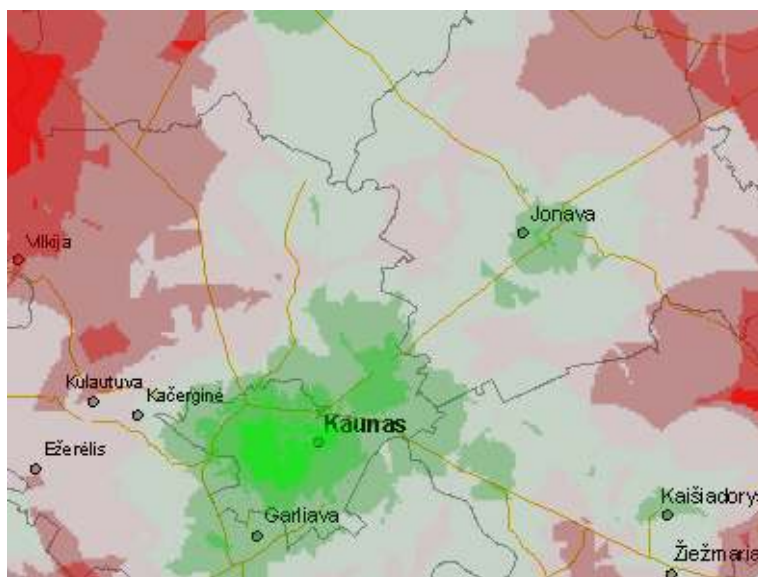
Žemėlapis yra viena svarbiausių dalių paklaidų įvertinimo sistemoje, kadangi leidžia sąlyginai greitai ir aiškiai sužinoti rūpimą informaciją ir efektyviai ją išanalizuoti. Žemėlapyje pateikiama tai, kas yra išanalizuojama anksčiau aptartoje sistemos dalyje. Duomenys imami iš duomenų bazės, jie apdorojami ir pateikiami ant žemėlapiro pusiau skaidriu padengimu, skirtingas reikšmes nurodant skirtinga spalva. Vienam žemėlapiro pavaizdavimui gali reikėti išanalizuoti visus duomenų bazėje pateiktus duomenis, o duomenų bazė gali būti sudaryta iš daugiau nei 50.000.000 įrašų. Algoritmui spartinti, yra sukurta keletas metodų, todėl padengimo vaizdavimui sugeneruoti gali prireikti nuo 1 iki 200 sekundžių, priklausomai nuo kompiuterio pajėgumų, duomenų lentelės dydžio ir kitų parametrų. Žemėlapiro valdymui yra pateiktos kelios pagrindinės priemonės: galima priartinti, atitolinti, judinti ir gražinti žemėlapi į pradinį vaizdą.

Papildomos informacijos komponentas sudarytas iš žemėlapiro legendos ir papildomos informacijos. Legenda nurodo skirtingų padengimo spalvų reikšmes, o papildoma informacija yra sudaryta iš įvairių vartotojui aktualių skaitinių reikšmių, kaip matomo žemėlapiro minimali, maksimali ir vidutinė reikšmės. Pagal šias reikšmes galima apspręsti analizuojamos vietovės paklaidas.

Žemėlapiro vaizdavimo nuostatų dalyje vartotojui leidžiama rinktis tam tikras nuostatas. Pirmiausia jo paklausiama ką norima matyti žemėlapyje. Galima matyti paprastą tuščią žemėlapi ir vietos nustatymo paklaidas. Jei vartotojas peržiūri paklaidų žemėlapi, jam leidžiama rinktis kokius analizės rezultatus norima žiūrėti. Leidžiama rinktis iš visų lentelių, sugeneruotų pirmame sistemos darbo etape. Skirtingų vietos nustatymo tikslumo duomenų lentelių su skirtingais kvadratų dydžiais žemėlapių vaizdai pateikti 4.12 ir 4.13 paveiksluose.



4.12 pav. Žemėlapis su „rez_operator_a_all_1000“ tikslumo duomenimis

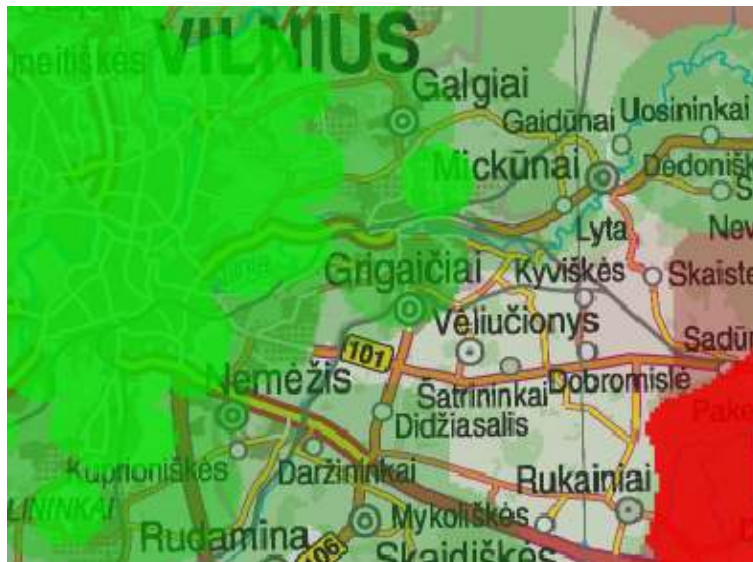


4.13 pav. Žemėlapis su „rez_operator_b_all_150“ tikslumo duomenimis

Sistemos optimizavimo sumetimais, leidžiama didinti arba mažinti paklaidų vaizdavimo kvadrato dydį. Kuo didesnis kvadratas, tuo netikslesni duomenys, tačiau tuo greičiau sugeneruojami rezultatai. Išanalizavus celių padengimo duomenis, buvo nustatyta kiekvieno kvadrato vidutinė, optimistinė, pesimistinė tikslumo reikšmės bei celių, įtakančių nagrinėjamą plotą skaičius, todėl vartotojui leidžiama rinktis, kurią iš šių reikšmių jis nori matyti žemėlapyje padengime. Skirtingų vietos nustatymo paklaidų analizės rezultatų žemėlapių vaizdai pateikti 4.14 ir 4.15 paveiksluose.

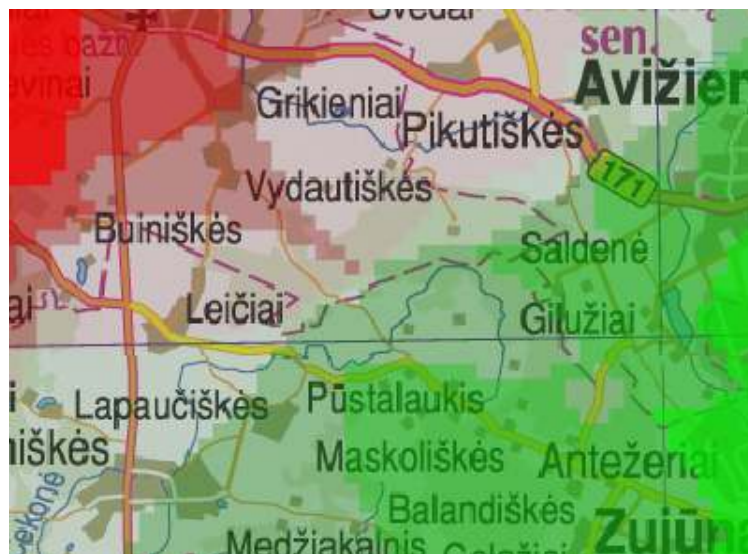


4.14 pav. Žemėlapis su apskaičiuotu vidutiniu vietos nustatymo tikslumu

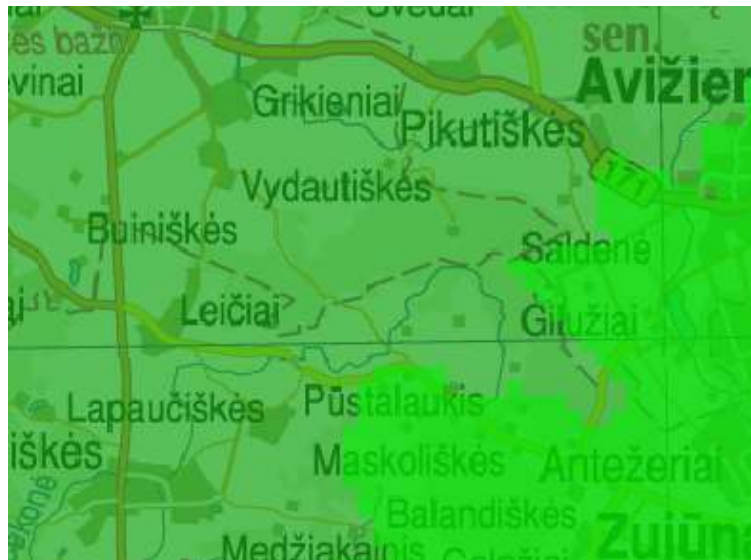


4.15 pav. Žemėlapis su apskaičiuotu optimistiniu vietos nustatymo tikslumu

Taip pat leidžiama pasirinkti kokių duomenų kontekste turi būti generuojamos padengimo spalvos ir legenda. Tai leidžia vizualiai geriau suprasti analizuojamos vietovės tikslumo informaciją. Žemėlapiai su skirtingu duomenų interpretavimo kontekstu pavaizduoti 4.16 ir 4.17 paveikslėliuose.



4.16 pav. Žemėlapis su matomų duomenų konteksto paklaidų vaizdavimu



4.17 pav. Žemėlapis su visos lentelės duomenų konteksto paklaidų vaizdavimu

4.5.1. Signalo stiprumo prognozavimo modelis

Pagrindinė parengto prognozavimo modelio idėja yra tokia: naudojant visus turimus, net skirtingo detalumo topografinius duomenis pagal kartometrinius matavimus nustatyti trijų tipų „matomumo“ iš bazinės stoties zonas ir kiekvienoje iš jų, skaičiuojant signalo perdavimo nuostolius, naudoti skirtingą radijo signalo stiprumo prognozavimo modelį.

Modelyje naudojami du sąlyginiai paviršiai, kurių kartometrinių matavimų pagrindu yra nustatomos trijų tipų „matomumo“ zonos. Pirmąjį paviršių sudaro signalui nepraeinamos kliūtys. Šį paviršių dažniausiai aprašo Žemės paviršius ir reljefo elementai. Naudojant pirmąjį paviršių nustatomos *nematomumo zonos* (Non Line Of Sight – NLOS). Antrąjį paviršių sudaro signalui dalinai nepraeinamos kliūtys. Šį paviršių dažniausiai aprašo Žemės dangos elementai, tokie kaip: teritorijos užstatymo tankis, augalija, pastatai. Naudojant antrąjį paviršių nustatomos *dalinio nematomumo zonos* (Obstructed Line Of Sight – OLOS). Zonos, esančios „tiesioginiame matomume“ iš bazinės stoties, tai yra kai signalo sklidimo neužstoja nei pirmojo, nei antrojo paviršių objektai, aprašo *tiesioginio matomumo zonos* (Line Of Sight – LOS).

Pagal modelį tarp bazinės stoties ir kiekvienos galimos mobilios stoties buvimo vietos prognozavimo teritorijoje sudaromas vertikalus profilis, pagal kurį nustatoma LOS, OLOS ir NLOS zonos. Kiekvienoje iš jų naudojant skirtingą standartinį radijo signalo stiprumo prognozavimo modelį, skaičiuojami signalo perdavimo nuostoliai. Gauti rezultatai siejami į vieną kartografinį sluoksnį, ir taip nustatoma *makro celės* signalo stiprumas, aprėptis.

Modelio taikymo apribojimus lemia jame naudojamų standartinių radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių taikymo ribos. Modelis yra tinkamas visų mobilių telekomunikacinių tinklų celių signalo stiprumui prognozuoti. Jo taikymo ribos yra:

f – dažnis (MHz), 150 MHz – 2 GHz ribose;

h_B – bazinės stoties antenos aukštis nuo Žemės paviršiaus (m), 30 – 200 m ribose;

h_M – mobilios stoties antenos aukštis (m), 1–10 m ribose;

d – atstumas nuo bazinės stoties iki mobilios stoties (km), iki 100 km;

Pagal šį modelį galima apskaičiuoti radijos signalo stiprumo nuostolius, kai modelio bendra išraiška yra:

$$L = \begin{cases} L_{FreeSpace} & , \text{kai LOS} \\ L_{Hata} + L_{Clutter} & , \text{kai OLOS,} \\ L_{Hata} + L_{Diff} + L_{Clutter} & , \text{kai NLOS} \end{cases} \quad (4.1)$$

čia:

$L_{FreeSpace}$ – signalo perdavimo atviroje erdvėje nuostoliai (free space loss)

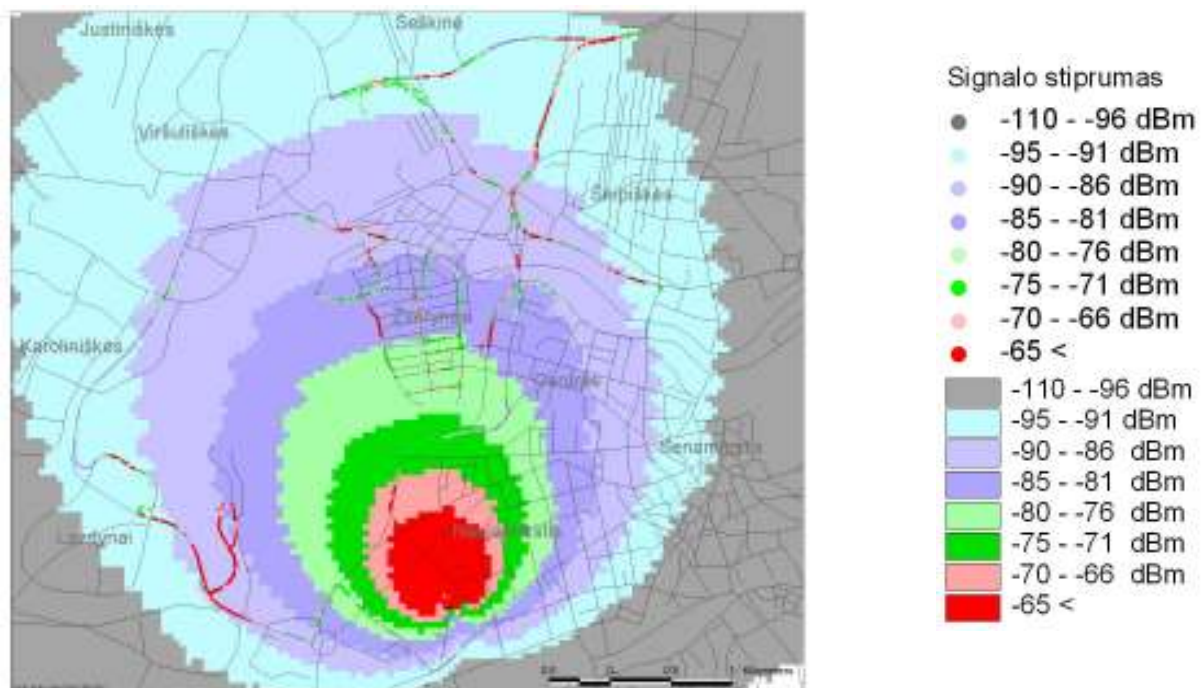
L_{Hata} – pagrindiniai signalo perdavimo nuostoliai (basic loss)

L_{Diff} – signalo perdavimo nuostoliai dėl difrakcijos (diffraction loss)

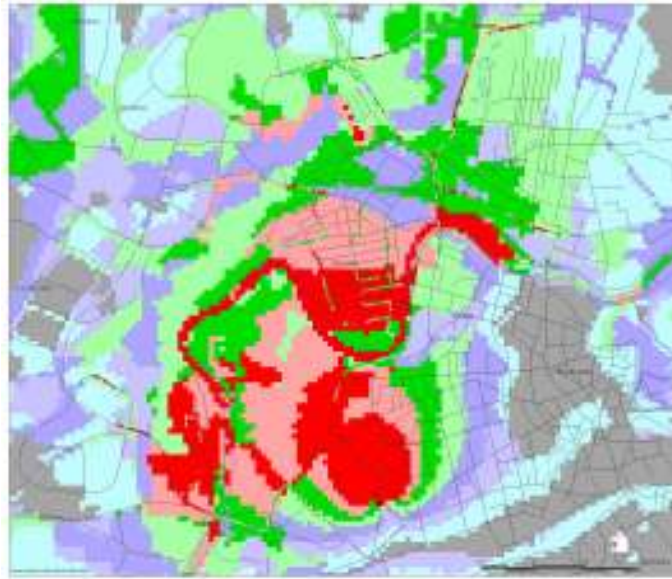
$L_{Clutter}$ – signalo perdavimo nuostoliai dėl Žemės dangos įtakos (clutter loss)

visi dydžiai yra išreikšti decibelais (dB)

Kaip skiriasi Okumuro–Hatos modelis nuo prognozavimo, naudojant topografinį modelį kartu su lauko matavimų taškais pateiktas 4.18 bei 4.19 pav.



4.18 pav. Okumuro–Hatos modelio rezultatas kartu su lauko matavimų taškais



4.19 pav. Prognozavimo rezultatas naudojant topografinį modelį kartu su lauko matavimų taškais

4.6. Testavimo modelis bei duomenys, kontrolinis pavyzdys

Testavimas — viena svarbiausių sistemos realizacijos dalių. Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistemos testavimas buvo atliekamas visomis sistemos realizavimo stadijomis. Eksperimentai bei testavimas išsamiai aprašomi testavimo plane ir eigoje.

Testavimo procedūros apima komponentinį testavimą, funkcinį testavimą, sąsajų testavimą, kritinių atvejų testavimą bei klaidų taisymą.

Testavimas skirstomas į tris testavimo tipus:

- Vartotojo sąsajos bei funkcionalumo testavimas
- Įvesties duomenų interpretavimo testavimas
- Įvesties duomenų apdorojimo testavimas

4.6.1. Vartotojo sąsajos bei funkcionalumo testavimas

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema sudaryta iš dviejų dalių.

Pirmoji skirta celių aprėpčių duomenų surinkimui ir apdorojimui.

Ši sistemos dalis gali dar būti sudalinta į duomenų surinkimo, duomenų apdorojimo ir rezultatų dalis.

Testuojant vartotojo sąsają bei funkcionalumą, tikrinama ar sistema leidžia atlikti visus jai numatytus veiksmus. Duomenų apdorojimo algoritmas, rezultatų patikimumas nėra testuojamas.

Duomenų surinkimo dalis skirta celių aprėpčių duomenis surinkti iš šaltinių ir sutalpinti sistemai pasiekiamoje talpykloje. Sistema duomenims saugoti naudoja MySQL duomenų bazę.

Testavimo metu duomenys buvo surenkami iš tekstinių duomenų failų. Jei pasirinktas tinkamo formato duomenų failas, duomenys iš failo yra nuskaitymi ir surašomi į duomenų bazę.

Esamos duomenų lentelės	
operator_a_cells_all	Trinti
operator_a_cells_gsm1800	Trinti
operator_a_cells_gsm900	Trinti
operator_a_cells_umts	Trinti
operator_b_cells_all	Trinti
operator_c_cells_all	Trinti

Įkelti duomenų failą

Įkeliamų duomenų kiekvienas įrašas turi prasidėti vis naujoje eilutėje. Vieną įrašą privalo sudaryti tarpo ženklu atskirti duomenys tokia tvarka: X koordinatė (LKS formatu), Y koordinatė (LKS formatu), celės spindulys R (metrais).

4.20 pav. Duomenų surinkimas iš tekstinių duomenų failų

Sukurti naują rezultatų lentelę	
Duomenų lentelė:	operator_a_cells_all
Technologija:	operator_a_GSM900
Kvadratų dydis (metrais):	10000
Tiriamos vietovės kampų koordinatės ...	
... kairio viršutinio kampo X:	277200
... kairio viršutinio kampo Y:	6282500
... dešinio apatinio kampo X:	698000
... dešinio apatinio kampo Y:	5966850
Lentelėje bus sukurta apie	1,328 irasu
Lentelės duomenys užims apie	0.06 MB
Lentelė užpildyti užtruks apie	0.1 min / 0 h
<input type="button" value="Kurti rezultatu lentele"/>	

4.21 pav. Parametrų nustatymo duomenų apdorojimui įvedimo langas

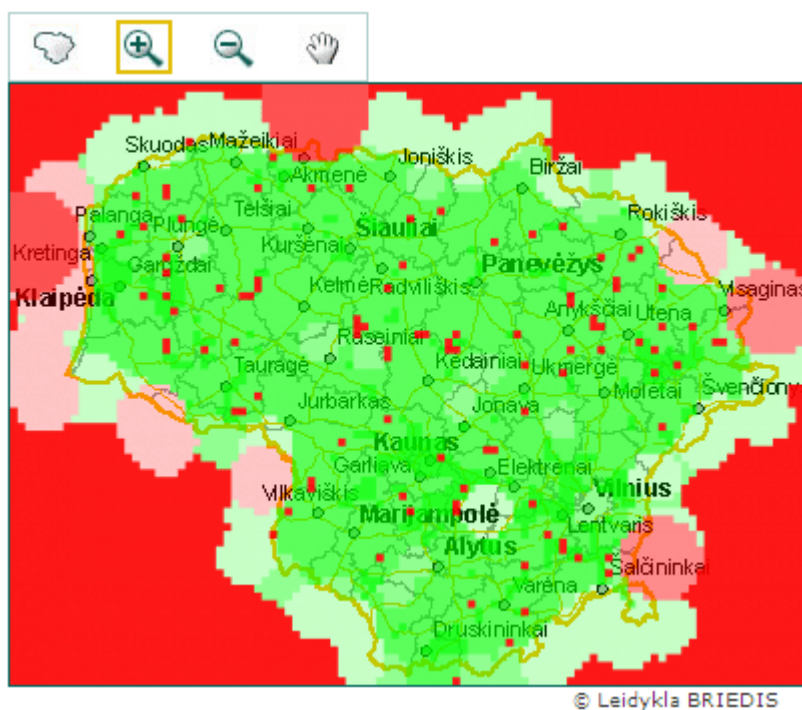
Esamos rezultatų lentelės		
rez_operator_a_all_10000	Trinti	Žiūrėti žemėlapi
rez_operator_a_gsm900_2000	Trinti	Žiūrėti žemėlapi
rez_operator_b_all_10000	Trinti	Žiūrėti žemėlapi
rez_operator_b_all_5000	Trinti	Žiūrėti žemėlapi

4.22 pav. Rezultatų pateikimo lankas

Antra sistemos dalis – vietos nustatymo technologinių paklaidų vaizdavimo ir įvertinimo langas.

Šios sistemos dalies puslapį sudaro keli komponentai:

- Žemėlapis su grafiniu rezultatų vaizdavimu
- Žemėlapio vaizdavimo nuostatos
- Papildoma informacija apie žemėlapyje vaizduojamą informaciją



4.23 pav. Rezultatų pateikimas žemėlapyje

Vartotojų sąsajos bei funkcionalumo testavimo metu klaidų nepastebėta.

4.6.2. Įvesties duomenų interpretavimo testavimas

Įvesties duomenų interpretavimo testavimo metu buvo testuojama kaip sistema priima įvairaus formato failus. Failo turinys turi būtinai atitikti griežtus jiems keliamus reikalavimus.

Reikalavimai yra tokie:

įkeliamų duomenų failo kiekvienas įrašas turi prasidėti vis naujoje eilutėje; vieną įrašą privalo sudaryti tarpo ženklai atskirti duomenys tokia tvarka: X koordinatė (LKS formatu), Y koordinatė (LKS formatu), celės spindulys R (metrais).

Teisingai suformuotas failas interpretuojamas teisingai. Testavimo metu klaidų nepastebėta.

4.6.3. Įvesties duomenų apdorojimo testavimas

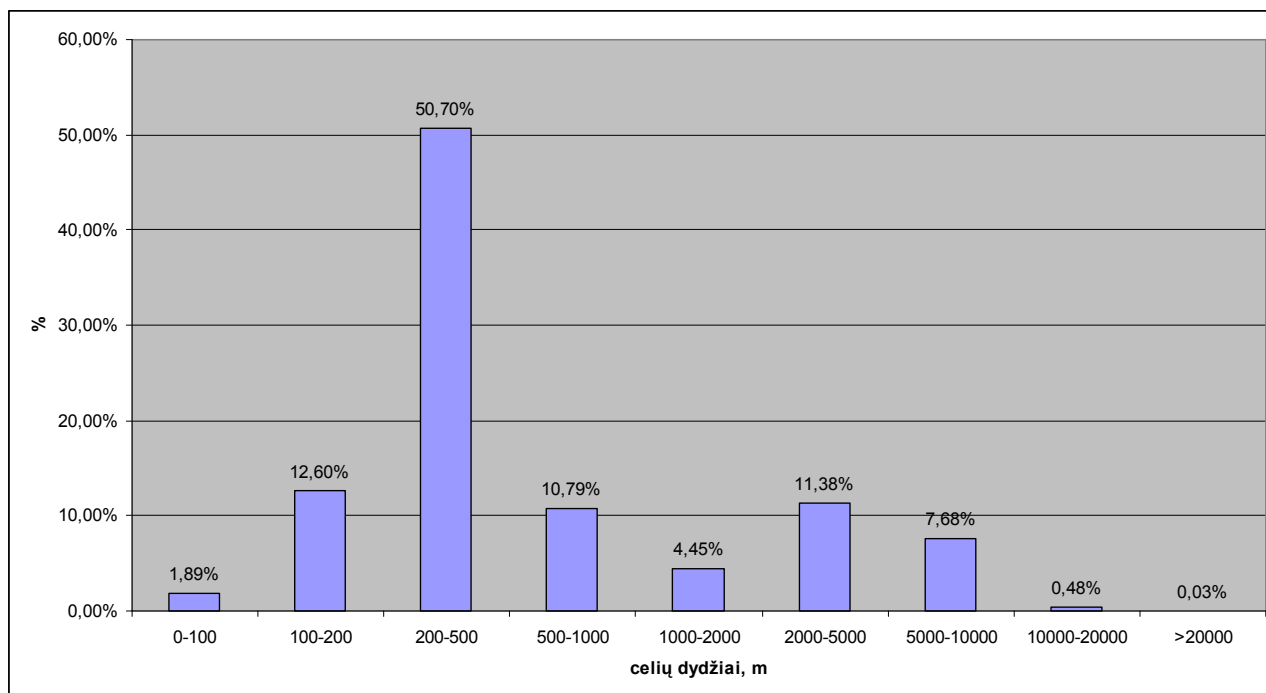
Įvesties duomenų apdorojimo testavimo metu buvo tikrinama kaip teisingai veikia duomenų apdorojimo algoritmas bei ar rezultatai yra teisingi.

Duomenų apdorojimas ir perdarymas į informaciją, reikalingą vietos nustatymo paklaidų įvertinimui atliekamas suvedus reikiamus parametrus į sistemos formą ir pasirinkus vykdymą.

Į sistemą buvo įvedami duomenys, kurių apdorojimo rezultatas buvo iš anksto žinomas. Patikrinus įvestų duomenų bei gautų rezultatų duomenis, įsitikinta kad duomenų apdorojimas atliekamas teisingai. Papildomai buvo atliekami testiniai matavimai, patikrinant ar vietos nustatymo paklaidos atitinka atitinka realybę. Tam buvo pasitelkta GPS įrenginiai bei atlikti matavimai įvairiose Lietuvos vietovėse.

Celių dydžių pasiskirstymo ir pakliuvimo į jas tyrimas realiame tinkle

Buvo atlikti tyrimai vieno iš Lietuvos operatorių realiame GSM/UMTS tinkle siekiant nustatyti kaip koreliuoja celių dydžių paskaičiavimas šio baigiamojo darbo metu realizuotoje sistemoje su realia situacija atliekant patikrinimus pasitelkus GPS įrangą.



4.24 pav. Celių dydžių pasiskirstymas

Analizuojami rezultatai pasirinkti už atsitiktinį laikotarpį, neatsižvelgiant į jokiais galimas vietas nustatymo paslaugos LocTracker naudojimosi tendencijas. Iš viso analizuojama 770 694 vietas nustatymo Lietuvoje atvejai. Iš duomenų bazės paimama tiksli objekto buvimo koordinatė remiantis GPS ir įrenginio, prisijungusio prie mobiliojo ryšio antenos, antenos numeris.

Gauti rezultatai rodo kad technologinių paklaidų įvertinimo sistema skaičiavimus atlieka ir rezultatus pateikia viduriniu 98,3% tikslumu. Sistemos tikslumas mažesnis miesto teritorijoje – 96,4%, didžiausias atviroje užmiesčio teritorijoje – 99,1%.

5. Sistemos praktinis diegimas

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema įdiegta keletoje komercinių sistemų ir naudojama praktikoje. Komercinėse paslaugose sistema paklaidas vertina automatiškai būdu, o taip pat sistema realizuota ir kaip atskira sistema, į kurią duomenis galima užkrauti rankiniu būdu.

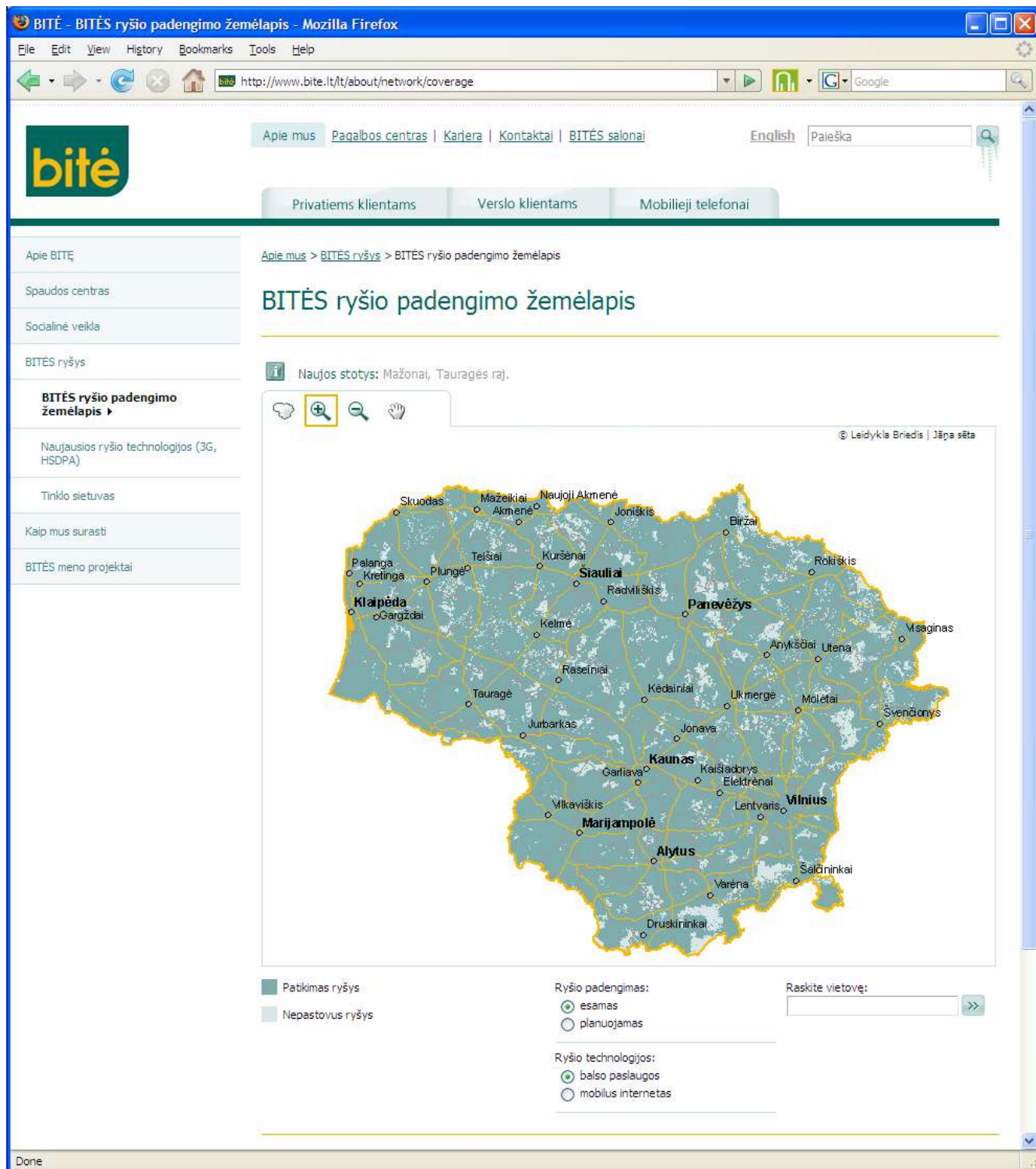
Įdiegimai:

- Tinklo padengimo žemėlapis (Praktiškai naudojama Bitė Lietuva bei Bitė Latvija kompanijų)
-
- MSC MPS R5 LBS (Praktiškai naudojama Bitė Lietuva, Bitė Latvija bei Omnitel kompanijų)
- MSC MPS 112 (Praktiškai naudojama Bitė Lietuva, Bitė Latvija bei Omnitel kompanijų)
- Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema

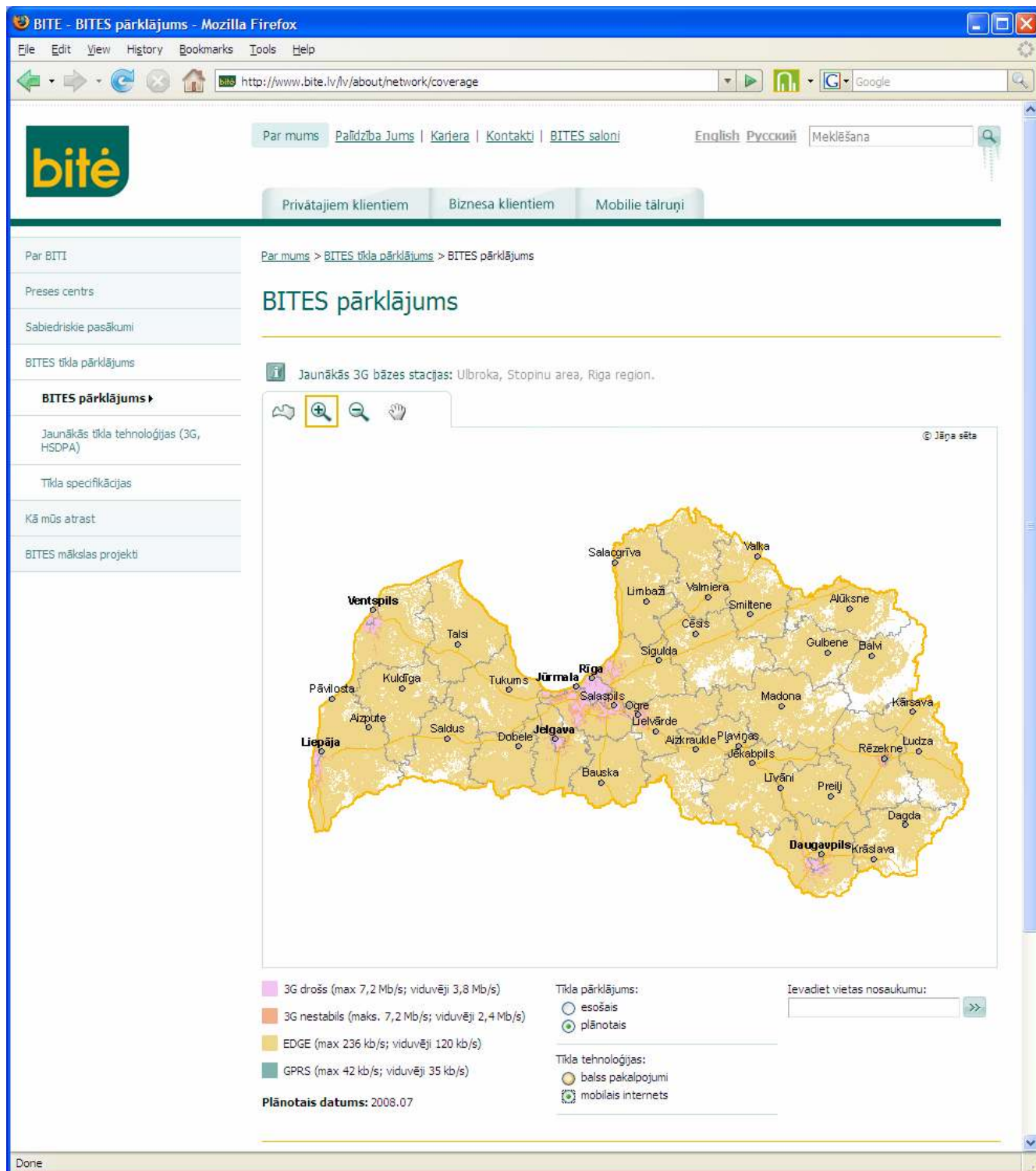
5.1 Bitės tinklo padengimo žemėlapis

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema įdiegta Bitės tinklo padengimų žemėlapyje. Žemėlapiai pateikti pagrindiniuose „Bitė Lietuva“ bei „Bitė Latvija“ puslapiuose <http://www.bite.lt/lt/about/network/coverage> bei <http://www.bite.lv/lv/about/network/coverage>

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema duomenis ima tiesiogiai iš Bitės tinklo duomenų bazes, paskaičiuoja ryšio padengimą kiekvienai iš dominančių technologijų bei atvaizduoja žemėlapyje. Žemėlapią galima valdyti žemėlapių valdymo mygtukais – priartinti, atitolinti, paslinkti, pasirinkti visos šalies vaizdą. Taip pat galima peržiūrėti ryšio padengiamumą norimoje teritorijoje. Tam reikia įvesti norimo miesto ar gatvės pavadinimą paieškos lange ir pasirinkti domimą vietą. Bitės tinklo padengimo žemėlapis „Bitė Lietuva“ tinklui pateiktas 5.1 pav., o „Bitė Latvija“ tinklui pateiktas 5.2 pav.



5.1 pav. Bitės tinklo padengimo žemėlapis „Bitė Lietuva“ tinklui



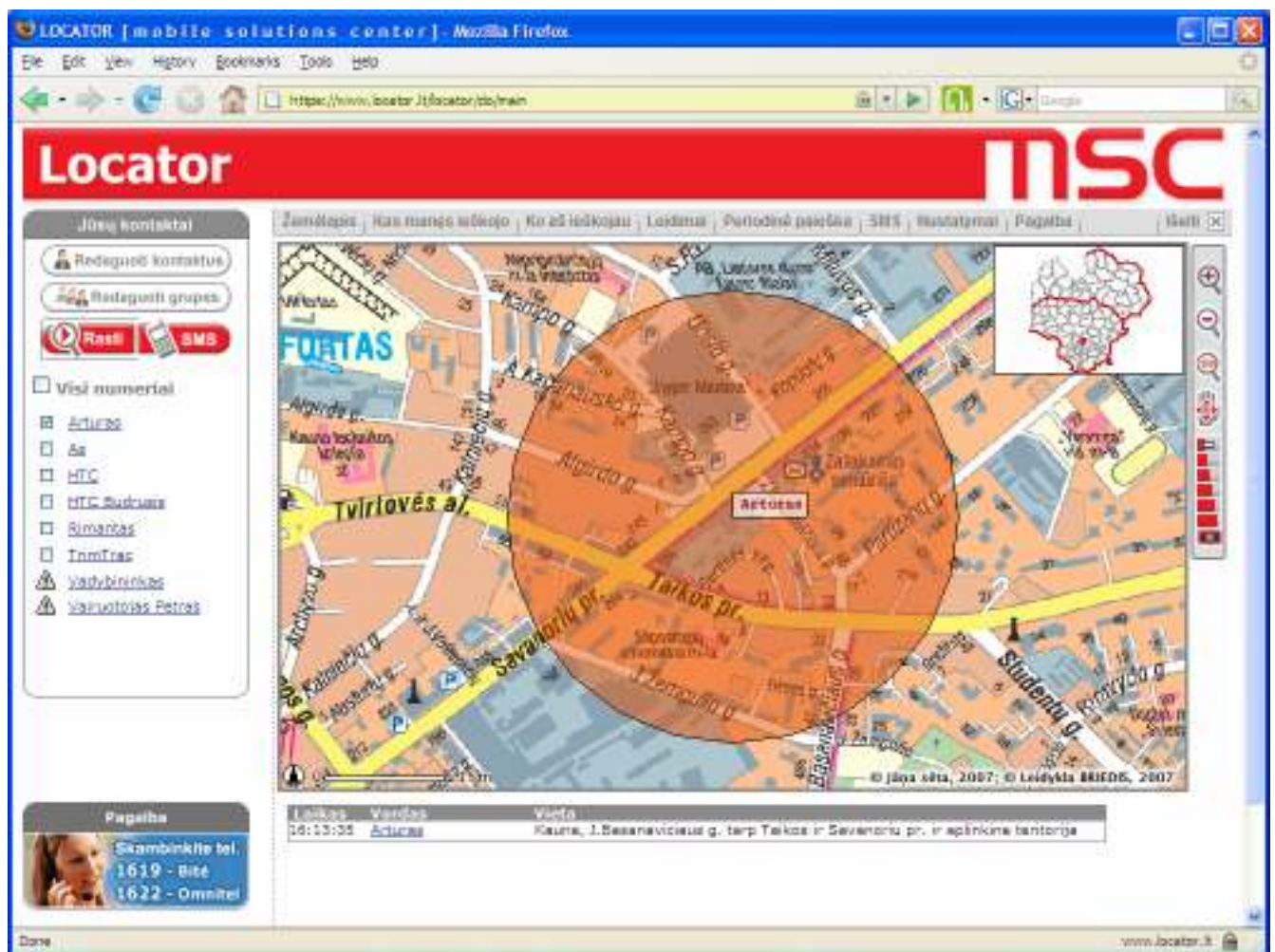
5.2 pav. Bitēs tīklo padengimo zemēlapis „Bitē Latvija“ tīklui

5.2 MSC MPS R5 LBS

Objektu vietas nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema įdiegta vietas nustatymo platformoje MSC MPS R5 LBS. Ši platforma naudojama telekomunikacinių kompanijų „Bitė Lietuva“, „Bitė Latvija“ bei „Omnitel“ komercinėms vietas nustatymo paslaugoms teikti. Viena

žinomiausių komercinių vietos nustatymo paslaugų Lietuvoje ir Latvijoje – Locator.lt. Paslaugą galima rasti adresu www.locator.lt bei www.locator.lv

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema duomenis ima tiesiogiai iš Bitės bei Omnitel tinklo duomenų bazių, paskaičiuoja vietos nustatymo technologines paklaidas, suformuoja duomenis apie šias paklaidas bei įrašo juos į MPS duomenų bazę. Suformuoti duomenys tiesiogiai naudojami objektų nustatytos vietos atvaizdavimui. Objekto nustatyta buvimo vieta paslaugoje Locator.lt pateikta 5.3 pav.

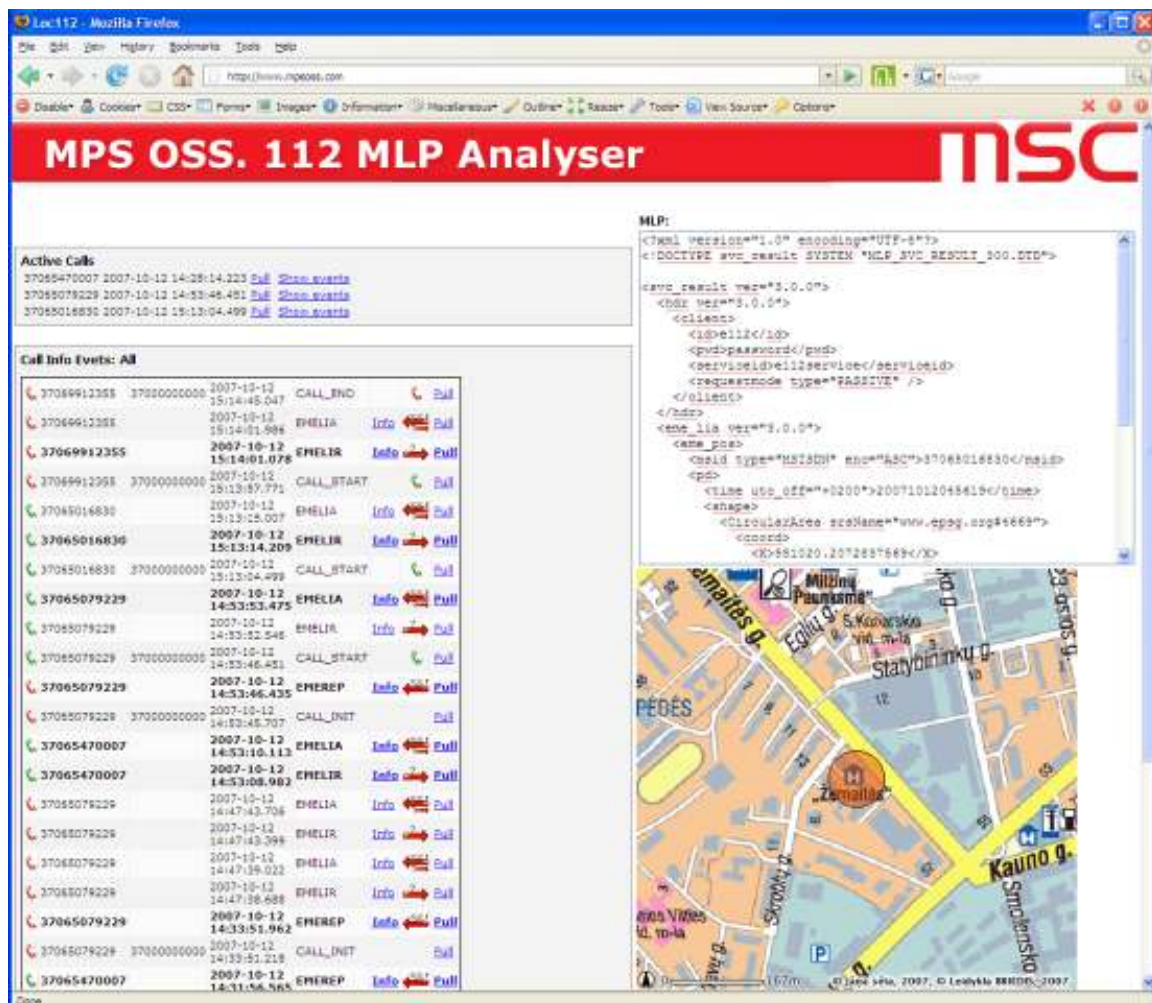


5.3 pav. MSC MPS R5 LBS Lietuvos/Latvijos vartotojo sąsaja – vietos nustatymo paslauga Locator.lt/Locator.lv

5.3 MSC MPS 112

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema įdiegta vietos nustatymo platformoje MSC MPS 112. Ši platforma naudojama telekomunikacinių kompanijų „Bitė Lietuva“, „Bitė Latvija“ bei „Omnitel“ nekomercinei vietos nustatymo paslaugai – informacijos apie skambinančiojo bendruoju pagalbos numeriu 112 teikimui.

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema duomenis ima tiesiogiai iš Bitės bei Omnitel tinklo duomenų bazių, paskaičiuoja vietos nustatymo technologines paklaidas, suformuoja duomenis apie šias paklaidas bei įrašo juos į MPS duomenų bazę. Suformuoti duomenys tiesiogiai naudojami objektų nustatytos vietos atvaizdavimui. Objekto nustatyta buvimo vieta, perduota į „Bendrąjį pagalbos centrą“, atvaizduota vietos nustatymo įrankyje „MPS OSS. 112 MLP Analyser“ pateikta 5.4 pav.



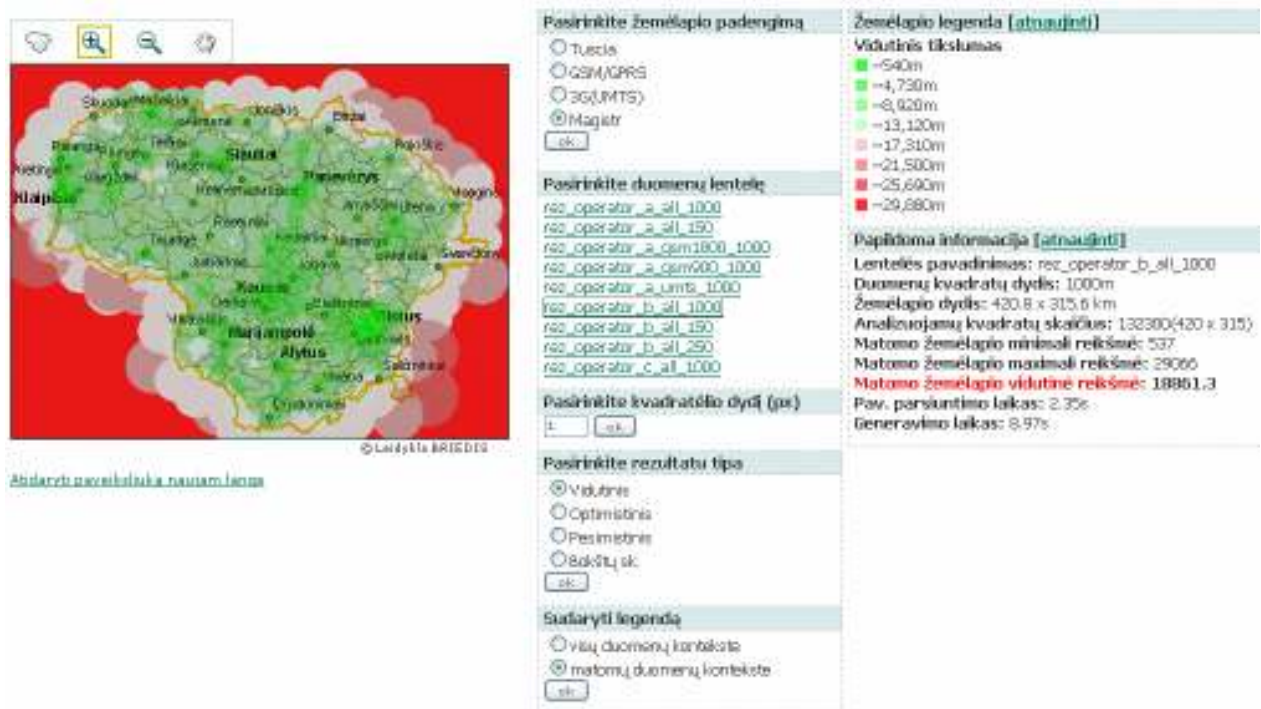
5.4 pav. MSC MPS 112 Lietuvos/Latvijos vartotojo sąsąja Bendrajam pagalbos centrui

5.4 Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema

Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema gali būti naudojama nepriklausomai nuo paslaugos. Į ją tereikia užkrauti turimus duomenis, pasirinkti skaičiavimo parametrus. Sistema sugeneruoja rezultatus kuriuos galima peržiūrėti žemėlapyje.

Sistemos vaizdas pateiktas 5.5 pav.

Kazimiero Butkaus magistrinio darbo rezultatų grafinis vaizdavimas



5.5 pav. Objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema

6. Išvados

1. Šiame darbe sprendžiama objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo problema – vietos nustatymo, naudojant bevielius korinius tinklus, paklaida įvertinama įvairiais aspektais. Įvertinimo rezultatai pateikiami skaitmeniniame žemėlapyje bei skaitinėmis išraiškėmis.

2. Atlikta objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimui reikalingų parametru analizė. Apibrėžtos būtinos žinios sistemos kūrimui bei reikalingi veiksmai šių žinių gavimui.

3. Atlikta aplinkos bei galimų vartotojų analizė. Nustatyti konkretūs poreikiai, galimos problemos. Išanalizuota literatūra, susijusi su sprendžiama problema. Išanalizuotos egzistuojančios panašios sistemos.

4. Kuriama sistema suprojektuota taip, kad nebūtų ribojimo korinių bevielių tinklų technologijoms ir būtų galimybė įvertinti bet kokius korinius tinklus.

5. Sistema leidžia pasirinkti skaičiavimo tikslumą, geografinę teritoriją. Taip galima užtikrinti minimalų sistemos apkrovimą arba maksimaliai tikslius rezultatus.

6. Darbe sukurta objektų vietos nustatymo technologinių paklaidų įvertinimo sistema naudojama praktikoje. 2007 metais KTU ir UAB „Bitė Lietuva“ bendradarbiavo ir vykdė bendrą projektą, kuris įtakojo šios sistemos kūrimą. Taigi to pasekoje šiuo metu sistema naudojama vietos nustatymo platformose MSC MPS R5 LBS, MSC MPS112, paslaugoje „Bitės tinklo padengimo žemėlapiai“.

7. Sukurtas sprendimas yra universalus – jis gali būti pritaikomas įvairiose tinklo planavimo bei vietos nustatymo platformose. Sistema gali įvertinti bet kokius bevelius korinio ryšio tinklus ir gali būti suderinamas su ateinančiomis bevielių tinklų kartomis. Kuriant sistemą stengtasi kiek įmanoma atsiriboti nuo konkretaus užsakovo specifinio funkcionalumo, taip palengvinant ateities diegimus.

7. Literatūra

- [1] Komisijos rekomendacija 2003/558/EB „Dėl telefono ryšio paslaugų gavėjo vietos nustatymo tvarkos elektroninių ryšių tinkluose užtikrinant skubios pagalbos paslaugų teikimą“. 2003 m. liepos 25 d.
- [2] 2002 m. kovo 7 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2002/22/EB „Dėl universaliųjų paslaugų ir paslaugų gavėjų teisių, susijusių su elektroninių ryšių tinklais ir paslaugomis (Universaliųjų paslaugų direktyva)“
- [3] Viviane Reding. 112, the Single European Emergency Number : the need for action. Conference on the Single European Emergency No. 112. Brussels, 11 October 2005
- [4] Johan Fagerberg. „The Structure of the European LBS Market 2005“ Berg Insight, Švedija
- [5] Location Based Service (LBS)/Geographical Information System(GIS) Market Research,2005
- [6] Internetinė nuoroda: <http://www.ipsos-na.com/news/pressrelease.cfm?id=2800>
- [7] Internetinė nuoroda: <http://www.cellular-news.com/story/14398.php>
- [8] Internetinė nuoroda: http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC_index_0.html
- [9] Location Service Study Report. MOVIES project deliverable document D2.3.1 22-11-02. – P.1-63.
- [10] Guide to the application of the propagation methods of Study Group 3. ITU–Rec., P.1144, 1995, 7 p.
- [11] The prediction of field strength for land mobile and terrestrial broadcasting services in the frequency range from 1 to 3 GHz. ITU–Rec., P.1146, 1995, 27 p.
- [12] Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems. ITU–Rec., P.530–7, 1997, 26 p.
- [13] Calculation of free-space attenuation. ITU–Rec., P.525–2, 1994, 4 p.
- [14] W. C. Y. Lee. Mobile Cellular Telecommunications: Analog and Digital Systems. New York, 1995, 250 p.
- [15] Hata. Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services // IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. VT–29, 1980, pp. 317–325.
- [16] GSM 03.30 version 8.3.0. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio network planning aspects. ETSI Technical Report, 1999, 40 p.
- [17] Walfish, Bertoni. A Theoretical Model of UHF Propagation in Urban Environments. // IEEE Trans. on Antennas and Propagation AP–38, 1988, pp. 1788–1796.
- [18] Ikegami, Yoshida, Takeuchi, Umehira. Propagation Factors Controlling Mean Field Strength on Urban Streets // IEEE Trans. on Antennas and Propagation AP–32, 1984, pp. 52–58
- [19] Internetinė nuoroda: <http://www.cellular-expert.com/>. Paskutinį kartą žiūrėta 2007-01-15

- [20] Namje Park, Kiyoungh Moon and Jongsu Jang, “The Security Consideration and Guideline for pen LBS using XML Security Mechanism”, 4-6 August 2004, Hyderabad, India
- [21] Ingrid Håkansson and Johanna Kraft, “Ericsson’s middleware”, April 5, 2004
- [22] James Nord, Kare Synnes, Peter Parnes, “An Architecture for Location Aware Applications”, Lulea University of Technology, Švedija
- [23] Location.net internetinis tinklapis. www.location.net

SANTRAUKA ANGLŲ KALBA

SYSTEM OF EVALUATION OF OBJECTS LOCATION UNCERTAINTY

This work investigates problem of positioning calculation error in mobile cellular networks and provides means to evaluate the errors in various aspects. Evaluation results are presented as generated geographical maps and values. The positioning calculation error evaluation is then used to extract requirements for engineered system. System is engineered in a way that it is cellular technology independent and is not limited by generations or carrier technologies of particular investigated networks. Resulting system allows users to select geographical area and precision of analysis to be carried on positioning calculation error. Radio signal propagation and coverage estimation algorithms are used to interpret input data and GIS data is used together to provide visual interpretation for positioning calculation error. This system is being used in real world applications. At the time the system is used in MSC MPS R5 LBS, MPS112 platforms, also in solution „Bitės tinklo padengimo žemėlapis“. Solution is universal, it can be used in various commercial network planning and LBS platforms. The system is cellular network technology neutral and it will be possible to evaluate future cellular or wireless networks as well.