

# Duomenų apdorojimas ir vizualizavimas mobiliuosiuose įrenginiuose

## Kristina Lapin

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto docentė, daktarė  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Assoc. Professor, Doctor  
Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius  
El. paštas: Kristina.Lapin@mif.vu.lt

## Sigitas Dapkūnas

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos fakulteto docentas, daktaras  
Vilnius University, Institute of Mathematics and Informatics, Assoc. Professor, Doctor  
Didlaukio g. 47, LT-08303 Vilnius  
El. paštas: Sigitas.Dapkunas@mif.vu.lt

*Straipsnyje nagrinėjami duomenų apdorojimo mobiliuosiuose įrenginiuose bei klasikiniai ir neseniai sukurti vizualizavimo metodai, tinkantys vaizduoti duomenis mažame ekrane. Analizuojami mobiliųjų įrenginių apdorojimo ir duomenų pateikimo ribojimai, į kuriuos atsižvelgiama kuriant programas visur esančių skaičiavimų aplinkose. Apžvalginio tyrimo rezultatus planuojama pritaikyti kuriant saityno paslaugos vizualizavimo modelį paslaugų architektūros stiliaus sistemoje.*

## Įvadas

Žmonės nuo seno naudoja vizualizavimo priemones – žemėlapius, diagramas ar schemas, siekdami geriau suvokti problemą ir greičiau ją išspręsti. Nuolatinis kompiuterių galimybių augimas sudaro prielaidas kurti patogesnius vizualizavimo būdus. Populiarėjant mobiliesiems įrenginiams ir mažėjant jų kainai, plečiasi ir jų panaudojimo sritis. Vizualizavimo sprendimų adaptavimas mobiliesiems įrenginiams leidžia naudotojui analizuoti duomenis patogioje vietoje ir patogiu laiku. Į mobiliuosius telefonus diegiama vis daugiau ir įvairesnės techninės ir programinės įrangos (pavyzdžiui, skaitmeninės kameros, GPS, *Bluetooth*). Mobilųjų telefonų paslaugos šiuo metu neapsiriboja vien balso pokalbiais ar trumpųjų žinučių siuntimu. Naujų programų ir paslaugų mobiliesiems įrenginiams atsiradimas – viena iš sparčiausiai besivystančių sričių. Aktyviai kuriamos paslaugos medicinos srityje.

Mobilieji įrenginiai visur esančių skaičiavimų aplinkoje apdoroja ir pateikia naudotojui aplinkoje esančių jutiklių duomenis. Šiose aplinkose sąveikauja lokalsios sistemos ir konkrečiu momentu prie šios aplinkos prisijungę įrenginiai.

Veikiančios programos turi dinamiškai prisitaikyti prie nuolat kintančios prisijungusių įrenginių konfigūracijos (Hurdin, Tigli, Lavirotte et al., 2008).

Visur esančių skaičiavimų aplinkos yra kuriamos įvairių architektūrų pagrindu. Tradicinėse architektūrose adaptavimo galimybės yra numatomos projektavimo metu. Pagrindinis iššūkis yra sistemos lankstumas ir operabilumas, gebėjimas veikimo metu keisti savo komponentų realizacijas. Šį reikalavimą tenkina paslaugų stiliaus architektūros.

Straipsnyje nagrinėjamos problemos, kylančios kuriant visur esančių skaičiavimų aplinkos sąveiką su mobiliuosiuose įrenginiuose veikiančiomis programomis bei vizualizuojant lokalių jutiklių duomenis mažuose mobiliųjų įrenginių ekranuose\*. Straipsnio tikslas yra apžvelgti klasikinius ir naujai kuriamus duomenų apdorojimo ir vizualizavimo mobiliuosiuose įrenginiuose metodus, siekiant iširti šios srities problemas. Priegiai prie interneto teikiamų paslaugų

\* Šis tyrimas atliktas Europos socialinio fondo finansuojamo projekto „Paslaugų interneto technologijų kūrimo ir panaudojimo našių skaičiavimų platformose teoriniai ir inžineriniai aspektai“ (Nr. VPI-3.1-ŠMM-08-K-01-010) lėšomis.

per mobiliuosius įrenginius realizuoti reikalingi specifiniai metodai, atsižvelgiant į šių įrenginių ribojimus. Jie apžvelgiami pirmame skyriuje. Antrame skyriuje yra nagrinėjami duomenų apdorojimo ypatumai mobiliuosiuose įrenginiuose, trečiame – pasirinkti vizualizavimo būdai, gebantys kompaktiškai pateikti didelius duomenų kiekius mažame ekrane.

## 1. Duomenų apdorojimas mobiliuose įrenginiuose

Dabartinių mobiliųjų įrenginių galimybės vis dar išlieka ribotos ir rimtesniam duomenų apdorojimui reikalingi papildomi išteklių – daugiau atminties, spartesnis procesorius. Gamintojų įvairovė, skirtingos programinės įrangos platformos, skirtingi ekrano dydžiai, prieinami tinklai ir daugybė kitų veiksnių sukelia sunkumų realizuojant paslaugas mobiliams telefonams. Tokių programų kūrėjai dažnai kuria programas, kurios bus tinkamos vieniems įrenginiams, bet netiks kitiems. Kūrėjai susiduria su tokiomis problemomis (van Gurp, 2006):

- programinė įranga tinka daug mažesniai įrenginių kiekiui, negu jų yra naudojama apskritai; kuriant programinę įrangą specifinėms įrenginių funkcijoms, galimybė pritaikyti ją kitiems įrenginiams dar labiau sumažėja;
- paprastai įrenginiai rinkoje yra pakankamai trumpai ir po keleto mėnesių arba geresniu atveju – metų juos pakeičia nauji įrenginiai;
- kuriant programinę įrangą panašių įrenginių grupei, ją būtina testuoti kiekvienam grupės įrenginiui;
- programinę įrangą sunku perkelti į kitus įrenginius.

Siekiant išspręsti šias problemas pastaruoju metu aktyviai plėtojamos paslaugų architektūros stiliaus sistemos. SearchSOA.com tinklalapio vykdytos apklausos duomenimis, 2011–2012 metais tik 21 proc. apklaustųjų teigė, kad programose mobiliams įrenginiams naudoja paslaugų architektūrą, bet 51,6 proc. sakė, kad tai ketina daryti artimiausioje ateityje. 44 proc.

teigė, kad per kitus dvejus metus bus labiau finansuojamos programos mobiliams įrenginiams, kurios bus integruotos į jų organizacijoje naudojamą programinę įrangą (Mann, 2013). Tokios firmos kaip IBM, *Nokia*, *Microsoft* jau kuria saityno paslaugų programinę įrangą mobiliams įrenginiams (Netchetoi, 2008). Yra sukurta nemažai tam skirtų programų kūrimo priemonių.

Paslaugų, teikiamų mobiliaisiais telefonais, realizavimo galimybės yra įvairios. *Nokia* tyrimo centro mokslininkai išskiria tokias alternatyvas (van Gurp, 2006):

- paslaugos programa kuriama naudojant SIM-ATK ir diegiama telefone kaip papildoma telefono programinė įranga; šiuo atveju paslaugos programinė įranga pateikiama kartu su SIM kortele, įsigyjant telefoną;
- paslauga pasiekama naudojant telefone veikiančią interneto naršyklę;
- galimybė kurti paslaugos programas naudojant telefono programinės įrangos platformą ir jas įdiegti telefone.

Dėl gana riboto procesoriaus, ribotos mobiliųjų įrenginių atminties, duomenų perdavimo greičio, maitinimo apribojimų paslaugų architektūros stiliaus sistemos mobiliams įrenginiams skiriasi nuo paslaugų architektūros stiliaus sistemų, naudojamų kompiuteriuose. Šiuo metu paslaugų architektūros stiliai mobiliams įrenginiams yra aktyviai kuriami. Yra pateikiama nemažai įvairių pasiūlymų, kaip tai turėtų būti realizuota. Aktyviai dirbama ir standartizuojant įvairius sprendimus. Standartizavimui yra svarbus Atviras mobilusis aljansas (angl. *Open Mobile Alliance* – OMA) – organizacija, kurianti atvirus standartus. OMA priklauso nemažai žinomų firmų – mobiliųjų įrenginių gamintojų, mobiliųjų operatorių, programinės įrangos gamintojų ir platintojų. Naudojant paslaugų architektūrą mobiliųjų įrenginių programinei įrangai svarbu (Netchetoi, 2008):

- minimizuoti perduodamų duomenų ir duomenų, saugomų mobiliajame įrenginyje, kiekius, išnaudojant žinias apie verslo procesus ir duomenų naudojimo statistiką;

- duomenų siuntimui naudoti kaip galima labiau suspaustą XML duomenų formatą;
- kuo labiau sumažinti informacijos kiekį SOAP pranešimuose;
- proaktyviai gauti duomenis iš serverio, atsizvelgiant į kliento užimtumo laiką;
- bendrauti asinchroniškai, tuo užtikrinant galimybę programoms veikti ir esant neprisijungus prie serverio.

Apžvelgus literatūrą buvo nustatyti trys paslaugų architektūros mobiliesiems įrenginiams problemų sprendimo būdai.

Gana dažnai pripažįstama, kad SOAP XML yra daugžodiškas. Mobiliesiems įrenginiams, kurių išteklių ypač riboti, siūloma XML failus glaudinti (pakuoti), taip sutrumpinant perduodamus pranešimus. Siūloma naudoti duomenų glaudinimą su praradimais (Natchetoi, 2008). Toks būdas leidžia labiau suglaudinti duomenis, perduodant ne visą originalų pranešimą, kai kurią informaciją praleidžiant. Taip suglaudinti duomenys ne visi bus atkurti. Todėl šį būdą galima naudoti, kai kuri nors informacija gavėjui nėra reikalinga arba šios informacijos panaudojimo tikimybė yra maža. Naudojant šį metodą svarbu įsitikinti, kad informacijos neperdavimas nesugriaus programų funkcionalumo.

Paprastai į serverį verslo objektai įkeliami kiek galima universalesni, atliekantys kuo daugiau funkcijų. Tai padidina perduodamos informacijos kiekį, o tai mobiliesiems įrenginiams yra nepageidaujama. Siūlomos priemonės, leidžiančios automatiškai sumažinti verslo objektus aprašančių duomenų kiekį, paliekant tik duomenis, reikalingus klientams. Šiuo atveju perduodama informacija glaudinama, naudojant glaudinimą be praradimų (Natchetoi, 2008).

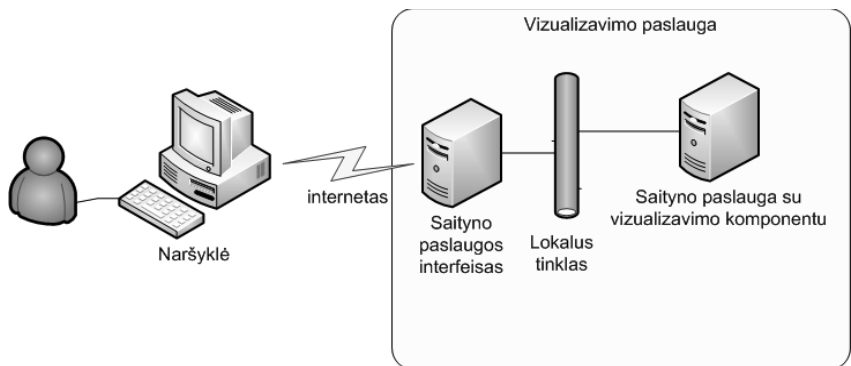
Siūlomi nauji pasaulinio saityno protokoliai, kurie

paslaugų architektūroje mobiliesiems įrenginiams pakeistų SOAP, dažniausiai naudojamą kompiuterių paslaugų architektūroje (Hamad, 2010). Tokių protokolų ypatumas – trumpesni pranešimai ir atsako laikas, dėl to jie labiau tinka mobiliesiems įrenginiams.

Mobiliųjų įrenginių procesoriaus galingumas riboja duomenų apdorojimo galimybes pačiame įrenginyje. Šiai problemai spręsti siūloma duomenis apdoroti nuotoliniame serveryje, tai yra pasinaudoti *vizualizacija per internetą* (angl. *visualization over the Internet*). Vizualizavimo per internetą sistemos architektūra iliustruojama 1 pav. Ją sudaro naršyklė, veikianti naudotojo įrenginyje, ir vizualizavimo paslaugos komponentai.

Naudojantis šia paslauga, siunčiama užklausa, nurodanti, kokio apdorojimo pageidaujama, ir patys duomenys, pavyzdžiui, paciento kardiograma. Patvirtinus duomenų priėmimą, jie apdorojami ir vizualizavimo komponentas suformuoja rodinį naudotojo įrenginio naršyklėje.

Centralizuota vizualizavimo saityno paslauga gali sumažinti daugelio medicinos programų kainą, nes beveik kiekviena jų turi savo vizualizavimo komponentą. Blazona ir Michailovic (2007) aprašytu atveju sistema veikia paslaugų architektūros stiliaus pagrindu. Saityno paslaugos sąsaja gauna naudotojo užklausą su pageidaujama duomenų apdorojimo procedūra, specifikuota XSD schemeje, ir pačius duomenis. Vizualizavimo komponentas įvykdo nustatytą procedūrą ir suformuoja vizualizuojamus objektus. Šis metodas



1 pav. Vizualizavimo per internetą sistemos komponentai. Adaptuota pagal (Blazona, Michailovic, 2007).

leidžia tiems patiems duomenims taikyti kelias apdorojimo procedūras. Pavyzdžiui, gydytojas, pamatęs vienos užklauso rezultatus, gali paprašyti kito vizualizavimo būdo tiems patiems duomenims be papildomo sintimo.

Naudojant mobilųjį įrenginį kaip įvesties / išvesties įrenginį reikia išspręsti ribotą belaidžių tinklų pralaidumo problemą. Sistemoje *MobiMine* ši problema sprendžiama naudojant Fourier algoritmą sprendimo medžiams vaizduoti (Talia, Trunfio, 2010). Algoritmas, agreguodamas sprendimo medžius, sumažina siunčiamų duomenų apimtį.

Taigi, duomenų apdorojimą mobiliajame įrenginyje galima minimizuoti realizuojant vizualizavimo per internetą mechanizmą. Yra antra esminė vizualizavimo mobiliuosiuose prietaisuose problema – duomenų vaizdavimas mažame ekrane.

## 2. Vizualizavimo mobiliuosiuose įrenginiuose ypatumai

Vizualizavimo būdai, taikomi mobiliesiems įrenginiams, palyginti su naudojamais stacionariams kompiuteriams, turi esminių skirtumų (Chittaro, 2006), nes:

- ekranai yra nedideli, mažesnės raiškos ir turi mažiau spalvų;
- pločio ir aukščio santykis skiriasi nuo tradicinio 4 : 3;
- procesorius, atmintis, magistralės ir grafikinės plokštės yra mažesnio galingumo;
- įvesties įranga nepatogi sudėtingiems uždaviniams;
- nauji įvesties būdai: pirštų gestai, nykščio įvestis, pieštuko įvestis;
- vizualizavimo priemonės, kaip antai grafikinės bibliotekos, yra žemo lygmens ir ribotų funkcinių galimybių.

Dėl šių priežasčių stacionariųjų kompiuterių vizualizavimo būdai netinka mobiliesiems įrenginiams. Kai kurie šių ribojimų neišnyks ir ateityje, nes mobilieji įrenginiai turi išlikti nedideli.

Naudotojo judėjimas komplikuoja gebėjimą sutelkti dėmesį sąveikai su mobiliuoju įrenginiu. Sąveika su stacionariuoju kompiute-

riu iš esmės skiriasi nuo sąveikos su mobiliais įrenginiais, nes sąveika su stacionariuoju kompiuteriu yra pagrindinė naudotojo veikla, į kurią sutelktas visas dėmesys. Mobilieji įrenginiai paprastai nėra dėmesio centre: naudotojas kažką veikia, o įrenginys tik padeda jam atlikti pagrindinę veiklą. Pavyzdžiui, asmuo eina į teatrą svetimame mieste, retsykiais stebėdamas navigavimo programos nurodymus. Daugiausia mobilieji įrenginiai veikia pagrindinių veiklų fone ir yra naudojami trumpoms užduotims.

## 3. Klasikiniai vizualizavimo būdai, tinkantys mažiems ekranams

Populiarėjant paslaugoms, teikiamoms nešiojamųjų įrenginių naudotojams, duomenų vizualizavimas tampa aktyviu tyrimų objektu. Lietimui jautrus mobiliųjų įrenginių ekranas tarnauja tiek duomenims vaizduoti, tiek įvesti. Vaizdu gali būti manipuluojama keliais pirštais vienu metu. Klasikiniai interaktyvieji vaizdavimo būdai buvo kuriami turint omenyje sąveiką su pele ar klaviatūra, kai konkrečiu momentu manipuluojama vienu vaizdo fragmentu. Kelių pirštų sąveikai realizuoti reikalingi iš esmės kitokie metodai.

Dideliame ekrane talpinami tiek vizualizuojami duomenys, tiek sąveikos mygtukai. Lietimui jautriame ekrane mygtukai turi būti pakankamai dideli, kad būtų patogų juos nurodyti pirštu. Tačiau tuomet prarandama vieta patiems duomenims. Taigi, duomenų vizualizavimo būdai, sukurti dideliems stacionariųjų kompiuterių ekranams, turi būti pritaikomi kitam sąveikos tipui arba kuriami nauji.

Svarbu ne tik vaizduoti duomenis taip, kad jie būtų visi matomi, bet ir vizualiai juos susieti, palengvinant naudotojui suvokimą. Naudotojas pirštu liesdamas, spausdamas ar tempdamas vaizduojamus duomenis tikisi, kad jie sąveikaus pagal jo judesius bent jau panašiai, kaip sąveikauja realus objektas, kai jis yra čiupinėjamas.

### 3.1. Informacijos slinkties metodas

Informacijos slinkties metodas yra plačiai taikomas būdas pateikti daugiau informacijos,

nei jos telpa ekrane. Naudotojui pateikiama dalis informacijos ir pažymima, kad už ekrano ribų yra tęsinys. Tradiciškai tęsinį signalizuoja slinkties juosta, o pavyzdžiui, Metro stiliaus rodinuose tai parodo už ekrano ribos užrašo arba paveikslą paslėptas kraštas.

Slinkimas gali būti horizontalus ir vertikalus. Slinkties metodas yra paprastas ir intuityvus. Jis tinka ir lietimui jautriam ekranui. Tačiau čia parodomas tik duomenų fragmentas, o ieškant dominančių duomenų reikia slankioti visą dokumentą. Duomenų kontekstą reikia išiminti, kas didina naudotojo atminties apkrovimą.

### 3.2. Konteksto žemėlapis

Konteksto žemėlapyje (angl. *context map*) slinkimo metodas yra patobulintas skirtingo abstrakcijos lygmens rodiniais. Naudojant šį metodą, ekranas dalijamas į dvi dalis: duomenų erdvės apžvalgai ir jos fragmento detaliam vaizdai. Apžvalgos lange pateikiamas visos ar beveik visos duomenų erdvės sumažintas vaizdas. Pasirinktas apžvalgos rodinyje duomenų fragmentas yra išdidinamas iki interpretuojamo detalus vaizdo (2 pav.).

Apžvalgos rodinys gali būti kuriamas ne tik sumažinant rodomus objektus, bet ir grupuojant duomenis. Duomenų erdvė kategorizuojama, apžvalgoje rodomos kategorijos. Pasirinkta kategorija yra išskleidžiama. Jei ir apžvalga ar



2 pav. Apžvalgos rodinys dešiniame apatiniame kampe pateikia visą Romos žemėlapi, jame pasirinkta erdvė rodoma detalijame vaizde (vaizdas sukurtas naudojantis <http://www.rome.info/map/>)

detalus vaizdas netelpa ekrane, navigacija vykdoma įprastu slinkties metodu.

Konteksto žemėlapiu pranašumas yra visos duomenų erdvės matomumas apžvalgos rodinyje. Naudotojui nereikia išiminti detalijame vaizde rodomų duomenų konteksto, nes jis yra matomas tame pačiame ekrane. Šio metodo trūkumas yra tas, kad skirtingi rodiniai yra vizualiai mažai susiję. Norėdamas suprasti, kuris apžvalgos erdvės fragmentas yra rodomas detalijame vaizde, naudotojas turi šokinėti nuo vieno vaizdo prie kito. Atsiranda papildomas pažintinis apkrovimas. Nors lyginant su slinkties rodinio konteksto atsiminimu tai mažesnė problema, vis dėlto suvokimas nėra visiškai intuityvus. Šią problemą gali sušvelninti didinamojo stiklo technika (Ware, Lewis, 1995). Tuomet detalus vaizdas pateikiamas apžvalgos rodinyje jo fragmentą didinant lyg pro didinamąjį stiklą. Tada aiškiai matyti, kuris duomenų erdvės fragmentas rodomas detalijame vaizde. Detaliojo vaizdo fragmentas gali būti judinamas išryškinant vis kitų duomenų apžvalgos fragmentų detales.

Nors abiejų vaizdų sąsaja yra aiškiai parodyta, tačiau vis tiek šį rodinį sudaro du vaizdai. Žiūrėdamas į juos naudotojas šiek tiek dėmesio turi skirti jų interpretavimui ir tarpusavio susiejimui.

Konteksto žemėlapis tinka mažam ekranui, jei ekrane pakanka vietos šalia apžvalgos rodinio parodyti prasmingą detaliosios informacijos dalį. Tačiau gali būti sudėtinga sumažintame apžvalgos rodinyje pirštu nurodyti, kuri vieta turi būti parodyta detalijame rodinyje.

### 3.3. Išdidinantis rodinys

Išdidinančiame rodinyje (angl. *focus-context view*) visi duomenys rodomi viename ekrane su dviem židiniiais (3 pav.). Pirmame židinyje detalai rodomas išdidintas naudotojo dėmesio centre esantis objektas, o antrame židinyje apibendrintai pateikiami likę duomenys laipsniškai juos sumažinant. Išdidinančio meniu naudojimą sprendimų paramos sistemoje iliustruoja 3 pav. (Lapin, Rakovskaja, 2008).

Detalų vaizdą galima slankioti išdidinant pageidaujimą fragmentą. Šis metodas sujungia



3 p a v. Išdidinantis rodinys vaizduoja kintančio dydžio meniu sprendimų paramos sistemoje

slinkties ir konteksto žemėlapiu metodų pranašumus. Nereikia susieti apžvalgos ir detaliojo vaizdo, nes aiškiai parodoma, kuri apžvalgos vieta išdidinta. Tačiau ir šis metodas turi trūkumų. Mažiausias judesys paveikia vaizdą, todėl judesiai turi būti labai tikslūs, o naudotojo ranka išlavinta.

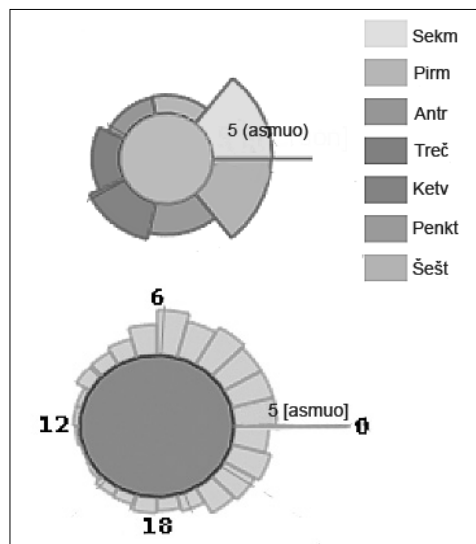
Mažam ekranui šis rodinys taip pat tinka, jei detaliojo vaizdo erdvės užtenka parodyti prasmingą informacijos dalį. Sąveikauti pirštu šiuo būdu yra patogiau nei konteksto žemėlapyje, nes manipuluojama didesniais objektais detalajame rodinyje.

## 4. Šiuolaikinės vizualizacijos mažiems ekranams

### 4.1. Elgsenos žiedai

Elgsenos žiedai (angl. *behavior rings*) vaizduoja reikšmių laikinį kitimą. Pirmą kartą šį vaizdavimą panaudojo Florence Nightingale\*,

\* Florence Nightingale and the Crimean War. *Understanding uncertainty*. Kembrižo universiteto Statistikos laboratorijos



4 p a v. Elgsenos žiedai: viršuje parodytas savaitės žiedas, kuriame spinduliai pavaizduoja savaitės dienas, o spindulių ilgis atvaizduoja skambučių skaičių. Apačioje vaizduojamas skambučių skaičius paros metu. Rodiniai sukurti remiantis (Shen, Ma, 2008)

pademonstravusi, kad Krymo kare daugiau kareivių mirė nuo ligų ir blogų gyvenimo sąlygų nei nuo žaizdų.

Elgsenos žiedai taip pat gali vaizduoti socialinio tinklo mazgus (Shen, Ma, 2008). Savaitės žiedai turi 7 spindulius, vaizduojančius savaitės dienas, dienos žiedas turi atitinkamai 24 spindulius (4 pav.). Spindulio ilgis atitinka vizualizuojamo parametro reikšmę. Savaitės elgsenos žiedas paveiksle rodo, kad stebimas asmuo daugiausia skambina šeštadieniais ir sekmadieniais. Dienos elgsenos žiede matyti, kad daugiausia skambučių būna vakarais ir naktimis.

Elgsenos žiedai leidžia pastebėti pasikartojantį dėsningumą. Šis vizualizavimo metodas buvo sukurtas XIX amžiuje, tačiau išpopuliarėjo pastaruoju metu, vizualizuojant socialinių tinklų naudotojų elgseną.

Šis vaizdavimo būdas yra kompaktiškas, tinka rodyti duomenis ir sąveikauti lietimui jautriuose ekranuose.

tinklaraštis [žiūrėta 2013 m. gegužės 26 d.]. Prieiga per internetą: <<http://understandinguncertainty.org/node/204>>.

#### 4.2. Duomenų kitimo ir tarpusavio ryšių vizualizavimas

Mobilieji įrenginiai gali fiksuoti erdvinis ir socialinius duomenis. Erdvines koordinatas fiksuoja globali pozicionavimo sistema. Socialiniai duomenys apima kaimynystėje esančius įrenginius, sąveikaujančius per *Bluetooth* ryšį, bei skambučių ir žinučių adresatų duomenis.

Klasikinės vizualizavimo priemonės rodo erdvinis duomenis vietovės žemėlapyje. Socialinių tinklų informacija paprastai vizualizuojama grafo mazgais ir briaunomis. Norint analizuoti šiuos duomenis, naudotojui tenka perjunginėti rodinius, ir tai nėra patogiu. Projekte *MobiVis* integruojami erdvinis ir socialinis rodiniai viename ekrane (Shen, Ma, 2008):

1) Socialiniai duomenys – skambučiai, žinutės ir kaimyniniai įrenginiai – vaizduojami neorientuotu grafu, kuriame mazgas pažymi asmenį, o briauna – socialinį ryšį: skambučių, žinutę ar kaimyninių įrenginių sąveiką, reiškančią buvimą toje pačioje vietoje. Briaunų duomenys kinta laike.

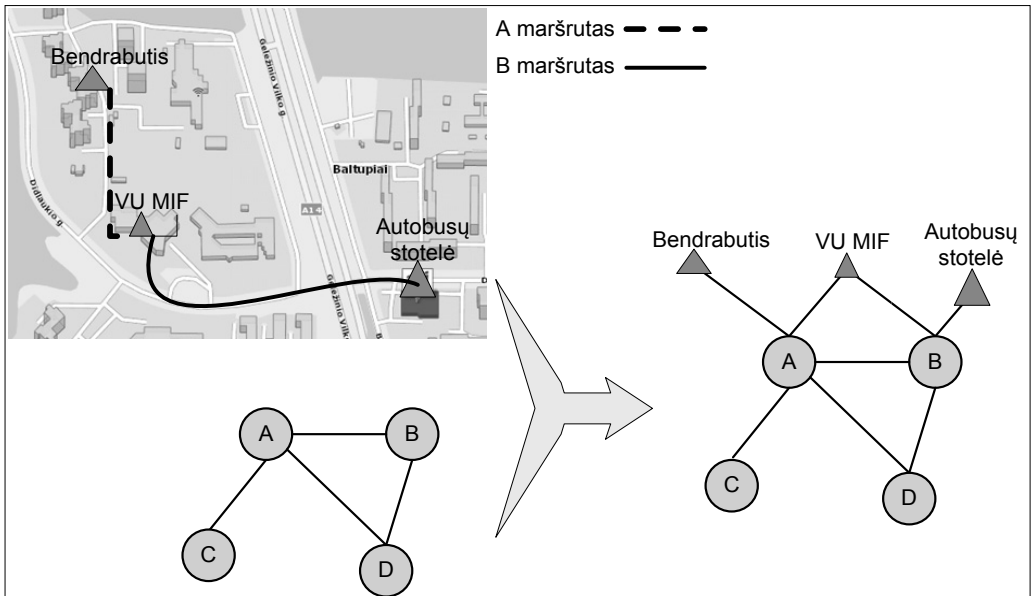
2) Erdviniai duomenys apibrėžiami trejetu:

$$ED = \{(a_i, v_j, t): a_i \in A, v_j \in V\},$$

čia  $a_i$  žymi asmenį, esantį vietovėje  $v_j$  laiku  $t$ . Erdviniai duomenys taip pat kinta laike ir yra vaizduojami neorientuoto grafo pavidalu.

Siekiant palengvinti erdvinių ir socialinių ryšių suvokimą, socialinis ir erdvinis grafai yra integruojami viename heterogeniniame grafe (5 pav.). Erdvinis rodinys viršutiniame kairiajame kampe rodo, kad asmuo A judėjo nuo bendrabučio iki Matematikos ir informatikos fakulteto (VU MIF), o asmuo B – nuo autobusų stotelės iki fakulteto. Socialinio tinklo grafas vaizduoja, kad asmuo A skambino ar rašė žinutes asmenims B, C ir D, o B bendravo tik su A ir D. Integruotas vaizdas parodo socialinius ryšius ir buvimo vietą tame pačiame rodinyje.

Nurodžius dominančius objektus ir asmenis, stebėti jų erdvinis ir socialinius ryšius yra paprasta. Šis vizualizavimas leidžia patogiai sąveikauti lietimui jautriame ekrane, nes asmenis ir erdvės objektus vaizduojantys simboliai yra pakankamai dideli, o abstrahuotas vaizdas įskaitomas.



5 pav. Erdvinis rodinys kairiajame viršutiniame kampe, integruotas su socialiniu tinklu apačioje. Rezultatas: heterogeninis grafas dešinėje, kuriame trikampiai pažymi buvimo vietą, o skrituliai – asmenis (adaptuota pagal (Shen, Ma, 2008))

### 4.3. Ekranu užgriozdinimą mažinantis vizualizavimas

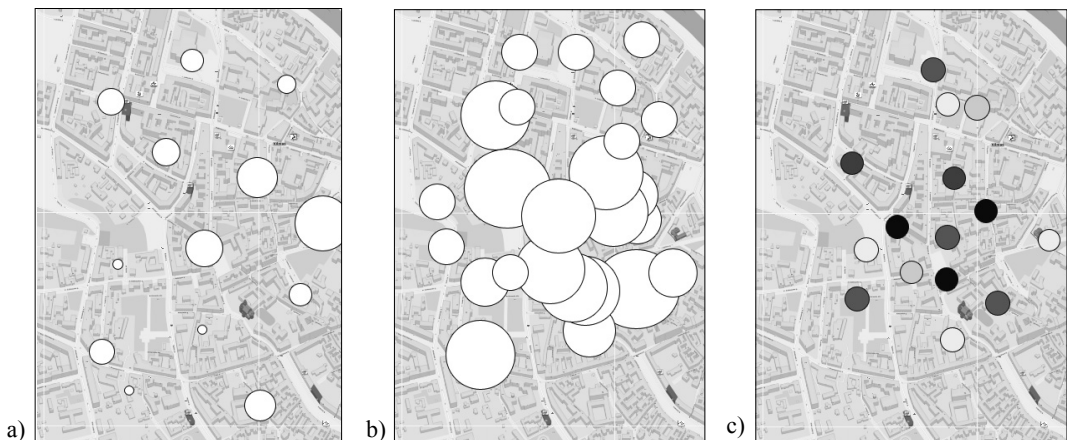
Visur esančių skaičiavimų aplinkoje veikian- tys jutikliai siunčia duomenų srautus, kuriuos gali apdoroti ten esantys mobilieji įrenginiai. Tokia infrastruktūra leidžia naudotojui gauti aplinkos teikiamas paslaugas. Gaunamo duomenų srauto vizualizavimas, be mažo ekrano, kelia ir tokių iššūkių kaip nuolatiniai skaičiavi- mai ir greitai kintantis rodinys. Ekranas greitai užgriozdinamas ir tampa neįskaitomas. Siekiant palengvinti duomenų analizę sukurtas rodinų adaptavimo algoritmas, mažinantis ekrano už- griozdinimą (Gillick, AlTair, Krishnaswamy, Liono, Nicoloudis, Sinha, Zaslavsky, 2010). Šiame algoritme analizuojamas taksi automobi- lių, susitelkusių tam tikruose miesto rajonuose, skaičius (6 pav.).

Pradžioje konkrečiame rajone esančių taksi automobilių skaičių vaizduoja atitinkamo dy- džio skrituliai (6 pav., a). Pasibaigus tame rajone vykstantiems renginiams klientai kviečia taksi ir jų skaičius greitai didėja (6 pav., b). Skrituliai už- dengia vis didesnę miesto plano dalį ir susikloja. Vaizdas tampa sunkiai įžiūrimas. Užgriozdinimo matavimo algoritmas nuolat skaičiuoja uždeng- tos ekrano dalies dydį, vaizduojamų objektų

skaičių bei susiklojančių ir susikertančių objektų skaičių. Kai stebimi parametrai viršija naudoto- jo nustatytus slenksčius, įvykdomas pirmo lygio adaptavimas, kuriame dinamiškai sumažinamas rodomų objektų mastelis. Tuomet visų objektų dydžiai proporcingai mažinami su sąlyga, kad mažiausias elementas negali būti mažesnis už naudotojo nustatytą dydį.

Jei po pirmo adaptavimo užgriozdinimas išlieka arba mažiausias elementas tapo ma- žesnis už nustatytą slenkstį, vizualizavimo al- goritmas perjungia rodinį į antrą adaptavimo lygmenį – šešėliavimą. Šiame lygmenyje visi objektai rodomi vienodo dydžio skrituliais. Reikšmių skirtumą parodo atspalvio intensyvum- mas. Tamsiausias atitinka didžiausią reikšmę, šviesiausias – mažiausią (6 pav., c). Jei antro lygmens adaptavimo objektai ir toliau viršija nustatytus užgriozdinimo slenksčius, vizualiza- vimo programa persijungia į aukščiausią adap- tavimo lygmenį – išrinkimą. Trečiame adaptavi- mo lygmenyje vaizdavimui parenkami tik kon- krečiu momentu kintantys duomenų objektai.

Rodinio adaptavimas leidžia panaikinti suvo- kimo trukdžius ir interpretuoti vaizdą nepaisant nuolat kintamo duomenų kiekio. Tačiau vaizdo adaptavimas reiškia, kad ta pati duomenų savy-



6 pav. Ekranu užgriozdinimą mažinantis adaptavimas: a) neužgriozdintas vaizdas, padengta nedidelė vaizdo dalis, objektai nesusikloja; b) daugėjant vaizduojamų objektų, ekrano padengimas didėja, objektai susikloja; c) vaizdas įvykus šešėliavimui, užgriozdinimas sumažintas, einamoji būseną perteikiama atspalviais. Adaptuota pagal (Gillick, AlTair, Krishnaswamy, et al., 2010)



bė yra rodoma skirtingai įvairiuose adaptavimo lygmenyse. Pavyzdžiui, tas pats taksi skaičius pirmame ir antrame adaptavimo lygmenyse yra vaizduojamas skirtingo dydžio skrituliais. Šis rodinys yra patogesnis suvokti duomenų santykį nei absoliučius skaičius. Tai yra intuityvus palyginimas, kuriame rajone taksi automobilių yra daugiau, tačiau norint suprasti, kiek, kad ir apytiksliai, jų ten yra, reikia mastelio. O tai reiškia papildomą pažintinį apkrovimą ir reikalauja papildomos ekrano vietos. Trečio lygio adaptavimas – naudojant atspalvius – taip pat patogesnis lyginti nei suvokti kiekius. Ketvirtame lygmenyje matomas tik duomenų kitimas, ir tai reiškia, kad interpretuojant vaizdą reikės dar turėti omenyje, kad čia nekintami duomenys nėra rodomi, bet jie egzistuoja. Juos interpretuojant reikės prisiminti ankstesnę būseną ir lyginti su masteliu. Tačiau nepaisant nurodytų trūkumų, be adaptavimo, vaizdas būtų visai neįskaitomas. Adaptavimas, nors ir reikalauja papildomų mintinių pastangų, tačiau vaizdo interpretavimą padaro įmanomą.

## Išvados

Šio straipsnio tikslas – išanalizuoti duomenų apdorojimo ir vizualizavimo metodų mobiliuosiuose įrenginiuose, veikiančiuose visur esančių skaičiavimų kontekste, problemas. Visur esančių skaičiavimų aplinkos suteikia naudotojams galimybę naudotis aplinkoje esančiomis paslaugomis tiesiogiai arba per naudotojų mobiliuosius įrenginius.

Mobiliųjų įrenginių apdorojimo ir vizualizavimo ribojimai sukelia problemų, kurioms spręsti kuriami nauji duomenų glaudinimo ir

vizualizavimo būdai. Išanalizavus glaudinimo metodus išskirti šie: visiškai atgaminami ir atgaminami su praradimais. Tačiau ir suglaudintų duomenų srautui vis tiek reikia pakankamai didelių skaičiavimų.

Ribotą mobiliųjų įrenginių skaičiavimų galimumą siūloma kompensuoti skaičiavimams naudojant saityno paslaugas. Naudotojo užklauskos ir duomenys persiunčiami internetu galingesniam kompiuteriui, teikiančiam vizualizavimo paslaugą. Šios paslaugos rezultatas pateikiamas naudotojo įrenginyje. Tokiu būdu vizualizavimo per internetą metodas sumažina skaičiavimų apimtį mobiliajame įrenginyje, palikdamas jam tik užklauskų formavimą ir duomenų vizualizavimą.

Duomenų srauto vizualizavimas turi pavaizduoti didelius duomenų kiekius mažame mobiliojo įrenginio ekrane. Klasikiniai metodai vizualizuoja duomenų fragmentą arba derina apžvalgos ir detaliojo vaizdo rodinius. Šie rodiniai gali būti pritaikomi ir mažiems ekranams. Tačiau sąveika lietimui jautriame ekrane gali būti nepatogi, kai duomenų objektu manipuluojama apžvalgos rodinyje.

Mobiliuosiuose įrenginiuose yra naudojami gerai žinomi, bet retai naudojami vizualizavimo būdai, pavyzdžiui, elgsenos žiedai. Jie atskleidžia laike kintančių duomenų pasikartojantį dėsningumą kompaktiškame vaizde, tinkančiame tiek rodyti mažame ekrane, tiek manipuliuoti lietimui jautriame ekrane. Duomenų srautai, vaizduojami mažuose mobiliųjų įrenginių ekranuose, greitai juos užgriozdina ir sunkina suvokimą, todėl kuriami užgriozdinimą mažinantys adaptyvieji algoritmai.

## LITERATŪRA

CHITTARO, Luka (2006). Visualizing information on mobile devices. *Computer*, vol. 39, no. 3, p. 40–45.

van GURP, Jilles; KARHINEN, Anssi; BOSCH, Jan (2006). Mobile Service Oriented Architectures (MOSOA). In: *Lecture Notes in Computer Science v. 4025* (6th IFIP WG 6.1 International Conference, DAIS 2006 Bologna, Italy, June 14–16, 2006 Proceedings), p. 1–15.

GILLICK, Brett; ALTAIAR, Hasnain; KRISHNASWAMY, Shonali; LIONO, Jonathan; NICOL-ODDIS, Nicholas; SINHA, ABhijat; ZASLAVSKY, Arkady (2010). Clutter-Adaptive Visualization for Mobile Data Mining. In: *International Conference on Data Mining Workshops*, IEEE, p.1381–1384.

HAMAD, Hatem; SAAD, Motaz; ABED, Ramzi (2010). Performance Evaluation of RESTful Web

Services for Mobile Devices. *International Arab Journal of e-Technology*, vol. 1, no. 3, p. 72–78.

HURDIN, Vincent, TIGLI, Jean-Yves, LAVI-ROTTE, Stéphane, REY, Gaëtan, RIVEILL, Michel (2008). SLCA, Composite Services for Ubiquitous Computing. In: *Proceedings of the International Conference on Mobile Technology, Applications, and Systems, Mobility'08*, ACM New York [žiūrēta 2013 m. gegužēs 13 d.]. Prieiga per internetą: <<http://doi.acm.org/10.1145/1506270.1506284>>.

LAPIN, Kristina; RAKOVSKAJA, Olga (2007) Combining the interaction styles to display complex data in decision-making system. In: *The Poster Proceedings of the 15th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision*, p. 9–12.

MANN, Stephanie (2013). Mobile app integration gets SO-ized: SOA goes mainstream 2012 [žiūrēta 2013 m. gegužēs 9 d.]. Prieiga per internetą: <<http://searchsoa.techtarget.com/feature/Mobile-application-integration-gets-SOA-ized-SOA-goes-mainstream-2012>>.

NATCHETOI, Yuri; KAUFMAN, Viktor; SHAPIRO, Albina (2008). Service-Oriented Architecture for Mobile Applications. In: *Proceeding SAM '08 Proceedings of the 1st international workshop on Software architectures and mobility*, p. 27–32.

SHEN, Zeqian; MA, Kwan-Liu (2008). MobiVis: A Visualization System for Exploring Mobile Data. In: *IEEE Pacific Visualisation Symposium*, IEEE, Kyoto, Japan, p. 175–182.

SPENCE, Robert (2001). *Information Visualization*. Addison-Wesley.

TALIA, Domenico; TRUNFIO, Paolo (2010). Mobile Data Mining on Small Devices through Web Services. In: L. Yang, A. B. Waluyo, J. Ma, L. Tan, & B. Sri (Eds.). *Mobile Intelligence*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. Chapter 12.

WARE, Colin; LEWIS, Marlon (1995). The DragMag Image Magnifier. In: *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems (CHI ,95)*, I. Katz, R. Mack, and L. Marks (Eds.). ACM, New York, NY, USA, p. 407–408. DOI=10.1145/223355.223749 [žiūrēta 2013 m. gegužēs 29 d.]. Prieiga per internetą: <<http://doi.acm.org/10.1145/223355.223749>>.

## DATA PROCESSING AND VISUALIZATION ON MOBILE DEVICES

**Kristina Lapin, Sigitas Dapkūnas**

### Summary

The paper surveys the data processing and visualization peculiarities in mobile devices. Developing the visualisation application to a mobile device a researcher has to consider their computational and size limitations. The mobile and traditional visuali-

zation methods for small screens are analysed. Researchers start to address the clutter problem showing the stream of data. The outcome of this research is planned to develop a model of visualisation of web service for a system based on the service-oriented architecture.