

Baigiamasis magistro darbas
Pavadinimas: **Trimačio
kartografinio vaizdo
informatyvumo galimybės**

Autorė (-ius): Vilmantas Alekna

Kalba

X lietuvių

užsienio

Santrauka: Darbe yra siekiama išanalizuoti trimačio kartografinio vaizdo (žemėlapių) informatyvumo galimybes autoriaus sukurtų trimačių žemėlapių (modelių) pagrindu. Darbe apžvelgiami trimačio kartografinio vaizdo kūrimo metodai ir priemonės. Svarbų indelį trimačių kartografinių kūrinių sudaryme šiandien vaidina atskira grafinio dizaino kryptis – infografika. Tačiau trimatį kartografavimą palaikančių kompiuterinių programų nėra daug, pagrindinės iš jų leidžiančios sudarinėti erdvinis modelius yra *ArcGIS* ir *AutoCAD*. *ArcGIS* grafinio trimačio vizualizavimo ir *Google SketchUp* programinės įrangos pagrindu sukurti 4 trimačiai įvairių teminių sričių žemėlapiai. Informatyvumo nustatymo tikslui pasiekti yra vykdomas trimačių kartografinių ženklų informatyvumo, informacijos talpumo (kartografuojamų rodiklių kiekio atžvilgiu) bei panaudojimo tyrimas. Taip pat atliekama kartografijos profesionalų bei teminių sričių specialistų apklausa. Rezultatuose išryškėja pradinių kartografuojamų duomenų analizės svarba. Tinkamai parinkus kartografinį metodą leidžiantį atskleisti trečios dimensijos papildomas galimybes trimatis žemėlapis tampa informatyvesnis lyginant su įprastu planiniu kartografiniu vaizdu. Santykinių – hipotetinių paviršių žemėlapiai, kuriuose naudojami struktūriniai ženklai tinkamiausi socialinių rodiklių, o kombinuojant su tolydžiu paviršiumi – ir fiziniams reiškiniams kartografuoti.

Summary: The author is seeking to analyze three-dimensional cartographical view informative opportunities created by the author 3D maps (models) basis. The paper gives an overview of 3D cartographic display methods and instruments. Important role in nowadays 3D mapping plays a separate graphic design trend – *infographics*. However 3D mapping computer programs are not many, the main ones allowing a spatial model are *ArcGIS* and *AutoCAD*. Basis of 3D graphics and imaging software *ArcGIS* together with *Google SketchUp* were created 4 different 3D thematic maps. Informative purpose is achieved by research of 3D cartographic signs informative-capacity and uses potential. Also were done a poll of mapping professionals and thematic cartography specialists. Initial results revealed the importance of mapping data analysis. Properly selected mapping method allows to reveal additional opportunities of third dimension, in this way the map becomes more informative comparing it with two-dimensional map. Relative – hypothetical surfaces maps in which are used structural cartographic signs is most appropriate for mapping of social indicators. And in the combination with continual surface (terrain model) – is appropriate for mapping of natural phenomena.

Reikšminiai žodžiai: trimatis kartografinis vaizdas, 3D kartografavimas, erdvinis modelis, trimačiai kartografiniai ženklai, žemėlapių informatyvumas, infografika.

Keywords: three-dimensional cartographical view, 3D mapping, spatial model, three-dimensional cartographic signs, informative of map, infographic.

TURINYS

ĮVADAS	3
2. DARBO METODIKA	6
2.1 Kartografinio vaizdo kūrimas	7
2.2 Ekspertų apklausa	10
2.3 Informatyvumo nustatymas	11
3. TRIMAČIO KARTOGRAFINIO VAIZDO KŪRIMO APŽVALGA	12
3.1 Reljefas	14
3.2 Santykiniai ir hipotetiniai struktūriniai paviršiai	16
4. INFORMACIJOS VIZUALIZAVIMAS KARTOGRAFIJOJE	18
5. TRIMAČIO KARTOGRAFINIO VAIZDO GALIMYBĖS	23
5.1 Santykinių ir hipotetinių paviršių struktūriniai ženklai	29
5.2 Tolydiniai paviršiai	37
5.3 Fotorealistiniai ženklai	39
6. APKLAUSOS REZULTATAI	41
REZULTATAI IR IŠVADOS	46
LITERATŪRA	48
Priedai	51

IVADAS

Trimatis teminis žemėlapis apibūdinamas kaip kompiuterinis, matematiškai apibrėžtas, trijų dimensijų fotorealistinis arba hipotetinis simbolizuotas realaus pasaulio paviršiaus, objekto ar reiškinių kartografinis vaizdas. Visi vaizduojami objektai ar reiškiniai kuriami ir vizualizuojami atsižvelgiant tik į tam tikrus galutinio rezultato tikslus (Bandrova, 2010a). Toks trimačio žemėlapio apibūdinimas reiškia, kad juos kuriant nesilaikoma standartų nei kartografinio pagrindo, nei sutartinių ženklų kūrime. Trimatis žemėlapis tampa labai individualiu kartografo grafinio kūrybingumo, paremto pradinių duomenų vizualizacija rezultatu. Kartografo grafinis erdvės sampratos modelis realizuojamas kuriant įprastus teminius žemėlapius, tačiau trimatis žemėlapis pasižymi ypatingomis informatyvumo galimybėmis. Informatyvumas buvo ir išlieka viena iš svarbiausių kartografinio vaizdo savybių, kuri suprantama kaip ypatingas informacijos kodavimas grafinių priemonių pagalba.

Nagrinėjamos temos turinys labai platus, tačiau Lietuvoje ji dar siaurai nagrinėta. Tik keletas kartografijos specialistų yra analizavę trimačio kartografavimo temas: A. Bautrėnas, L. Čiupaila, K. Čypas. Daug daugiau dėmesio šiai temai skiriama užsienyje. Lietuvoje esmingiau nagrinėjama askirų kompiuterinių programų galimybės, kuriant skaitmeninius žemėlapius ar kartografinio vaizdo savybės. Gaila, tačiau šie tyrimai dažnai nėra siejami su įvairiaformiais kartografiniais kūriniais – tenkinamasi klasikiniu kartografiniu vaizdu.

Šiuo tyrimu siekiama išsiaiškinti į trimačio teminio kartografavimo vaizdo kūrimo ir informacijos perdavimo galimybes. Autorius savo tyrimu siekia atsakyti į klausimą – kuo ypatingas trimatis vaizdas ir kokias galimybes jis suteikia kartografijai? Ieškant atsakymo buvo iškelta hipotezė, kad įprastas dvimatis (planinis) kartografinis vaizdas yra mažiau informatyvus nei trimatis. Daroma prielaida, kad kartografinio kūrinio informatyvumą lemia ne tik įvairių grafinių vizualinių

priemonių taikymas, bet ir pačios erdvės pateikimas. Trimatės erdvės modelis suteikia papildomas galimybes objektų, reiškinių ir procesų vizualizavimui.

Darbe siekiama parodyti vizualaus trimačio kartografinio vaizdo suvokimo bei gebėjimo perteikti tą suvokimą vartotojui galimybes. Kartografuojant įvairias temines realybės sritis siekiama kūriniams suteikti kiek galima daugiau informatyvumo, optimizuoti jais perduodamos informacijos talpą, geriau pritaikyti kartografinio vaizdo pateikimą tinkamoje vartotojui formoje.

Darbo ergonomiškumas paremtas įvairiaformių kartografinių kūrinių (dvimačių ir trimačių) palyginimu. Tyrimo metu buvo sukurti nagrinėjamų temų kartografiniai vaizdai, leidžiantys palyginti vaizdo pateikimo būdų ir priemonių efektyvumą.

Darbo **tikslas** apibrėžiamas kaip **trimatę erdvę palaikančios programinės įrangos pagrindu sukurtų trimačių kartografinių vaizdų informatyvumo galimybių analizė.**

Tikslas realizuotas išsprendus šiuos **uždavinius**:

1. Atlikti trimačio kartografavimo metodinių ir technologinių principų analizę.
2. Sukurti apklausos anketą ir atlikti trimačio teminio kartografinio vaizdo informatyvumo apklausą respondentais pasirenkant teminių sričių bei kartografijos specialistus.
3. Atlikti trimačių kartografinių ženklų, jų sudarymo ypatumų ir galimybių analizę.
4. Taikant *ArcGIS*, *Google SketchUp* ir *Adobe Illustrator* programinę įrangą grafiškai sukurti atitinkamų teminių sričių kartografinius vaizdus ir galimus naudoti trimačius kartografinius ženklus.
5. Palyginti apklausos rezultatus su nustatytomis trimačių kartografinių ženklų galimybėmis.
6. Nustatyti didžiausius trimačio kartografinio vaizdo privalumus ir trūkumus, naudojant informatyvumo, informacijos talpumo, vaizdavimo metodo pasirinkimo ir panaudojimo kriterijus.

Darbo naujumas. Pirmą kartą atlikta trimačio kartografinio vaizdo privalumų ir trūkumų analizė, naudojant informatyvumo, informacijos talpumo, vaizdavimo metodo pasirinkimo ir panaudojimo kriterijus. Tam buvo atlikta kartografijos specialistų apklausa bei panaudoti paties autoriaus sukurti realių, santykinų ir hipotetinių paviršių trimačiai kartografiniai vaizdai.

Darbo aprobacija. Arealinių hidrografinių objektų trimačio vaizdo kūrimo galimybės buvo pristatytos kasmetinėje VPU geografinių mokslų konferencijoje 2010 metais.

2. DARBO METODIKA

Atliktas tyrimas gali būti skaidomas į tris pagrindinius etapus. Pirmasis apėmė kartografinio vaizdo kūrimą ir trimačių kartografinių ženklų galimybių tyrimą. Sukurto trimačio modelio pagrindu toliau buvo vykdomi kiti tyrimo etapai. Antrasis etapas – apklausos anketos sudarymas ir apklausos duomenų analizė. Apklausa apėmė kartografuotų sričių bei kartografijos mokslo specialistus. Trečiasis etapas apėmė informacijos talpumo bei kartografinio vaizdavimo metodų pasirinkimo kriterijų vertinimą. Remiantis apklausos rezultatais buvo atlikta sukurto trimačio kartografinio vaizdo analizė, kurios rezultatai palyginti su autoriaus nustatytais kartografinių ženklų panaudojimo galimybių rezultatais.

Tyrimo pradžioje paaiškėjo, kad teminių sričių pasirinkimas yra labai svarbus ir įtakojantis galutinius viso darbo rezultatus. Galima teigti, kad trimatis Žemės paviršiaus vaizdavimas buvo ir išlieka pagrindinė sritis, kurioje „trimatė kartografija“ ir toliau turi didžiausias galimybes vystytis. Vien todėl, kad nuo seno sumažintą Žemės paviršių plokštumoje buvo norima pavaizduoti kuo realiau (Imhof, 2007). Reljefo trimatis modeliavimas bei jo trimačio kartografinio vaizdo kūrimo būdai yra pakankamai gerai ištirti (Haeberling, 2004). Darbo autorius keletą metų savo studijų metiniuose darbuose taip pat nagrinėjo trimačių reljefo modelių sudarymo būdus (Aleksna, 2010). Šiame tyrime pritaikyti trimačių reljefo modelių sudarymo principai, apimantys kitų teminių sričių kartografavimą.

Tyrimas vykdytas šiose teminėse srityse:

1. Socialinių rodiklių kartografavimas žemo rango administraciniuose struktūriniuose vienetuose (seniūnijos) (Vilniaus gyventojų skaičius ir tankumas).

2. Socialinių rodiklių kartografavimas aukšto rango administraciniuose struktūriniuose vienetuose (apskritis, rinkimų apygardos) (Lietuvos gyventojų aktyvumas prezidento rinkimuose, daugiausiai balsų gavusių kandidatų teritorinis pasiskirstymas).
3. Klimato rodiklių kartografavimas, taikant interpoliacinius santykinis paviršius (vidutinė metinė temperatūra ir metinis kritulių kiekis).

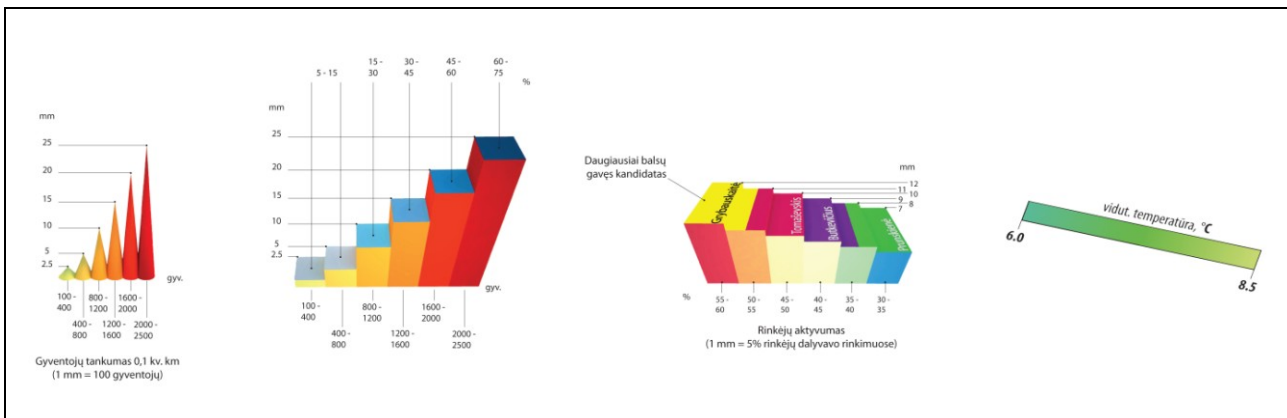
2.1 Kartografinio vaizdo kūrimas

Formuojant trimačio kartografinio vaizdo kūrimo metodiką orientuotasi į kartografinio vaizdo sampratoje įtvirtintų nuostatų išsaugojimą. Kartografinis vaizdas yra suprantamas kaip erdvinis kartografinių ženklų (simbolių) rinkinys, paremtas griežtomis kompozicinėmis, taksonominėmis bei ryšių taisyklėmis (Dumbliauskienė, 2002). Be to, tradicinio kartografinio vaizdo kūrimas paremtas griežtomis matematinėmis taisyklėmis. Jis sunkiausia realizuoti perspektyviniame vaizde. Darbo autoriaus surinkti duomenys rodo, kad tolimiausiame perspektyvinio žemėlapių taške mastelis tampa 8-10 % stambesniu, lyginant su priešakinio vaizdo masteliu. Kuriant trimatį vaizdą prisilaikyta ir kitų tradicinio kartografinio vaizdo kūrimo taisyklių: ženklų sudarymo, vaizdo kompozicijos, kartografuojamų reiškinių taksonomijos bei tarpusavio ryšių.

Trimatiškumas neišvengiamai kartografinį vaizdą daro perspektyviniu, o tai veda į atitinkamą matematinio pagrindo transformaciją. Jeigu siekiama pateikti tik informaciją apie erdvę, o kūrinyje netaikyti kiekybinių rodiklių skaičiavimui, tuomet mastelio kaita trimačiame kartografiniame kūrinyje nėra ypatingai svarbi. Galima remtis vidutiniu (suvidurkintu) kūrinyje masteliu visam vaizdai, kas ir buvo autoriaus padaryta.

Trimačiame modelyje atsiranda trečia dimensija – aukštis. Jis tampa ypatingai svarbus kartografinio vaizdavimo metodo bei kartografinių ženklų (simbolių) parinkime. Vartotojui turi būti aiški simbolio aukščio perteikiama reikšmė – legenda (1 pav.). Taip pat labai svarbu aiškiai įvardinti

ir susiteminti naudojamų trimačių kartografinių ženklų galimybes. Tam sudaryta keletas palyginamųjų grafinės vizualizacijos lentelių, parodančių kokie trimačiai ženklai gali būti naudojami siekiant didinti vieną iš trimačių žemėlapių privalumų – informacijos talpumą.



1 pav. Sukurtų trimačių kartografinių vaizdų legendos.

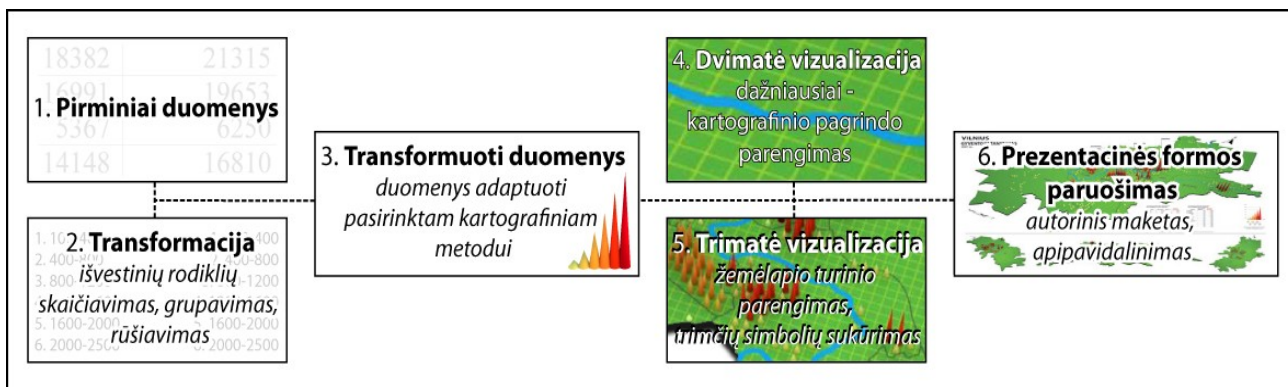
Fig. 1. Legends of generated three-dimensional cartographical view.

Trimačiame modelyje aiškinant naudojamų simbolių dydžius, daugeliu atvejų buvo pasirinktas aukščio matmuo bei spalva. Struktūrinio ženklo aukštis geriausiai atskleidžia trimatiškumo skirtumą nuo planinio vaizdo. Būtent aukščio dimensija, šalia dvimačiuose žemėlapiuose naudojamų priemonių – spalvos ir formos – įgalina perteikti dar daugiau kartografuojamų duomenų.

Kartografuotų reiškinių duomenims nebuvo keliami aukšto tikslumo ar duomenų naujumo reikalavimai, tačiau buvo siekiama naudoti kuo įdomesnius ir vizualizacijai tinkamus duomenis. Vilniaus gyventojų tankumo žemėlapiams panaudoti 2001 m. visuotino gyventojų surašymo duomenys pagal smulkiausią teritorinę administracinę vienetą – seniūnijas (Vilniaus miesto..., 2004). 2009 m. prezidento rinkimų žemėlapiui panaudoti duomenys, kurie oficialiai skelbiami Vyriausiosios Rinkimų Komisijos tinklalapyje (www.vrk.lt). Klimatiniai rodikliai buvo surinkti iš Lietuvos Hidrometeorologijos tarnybos archyve saugomų 2009 metų meteorologijos stočių žurnalų.

Trimačio modelio kūrimui buvo panaudota keletas grafinių kompiuterinių programų. Buvo siekiama, kad naudojamos grafinės kompiuterinės programos palaikytų tuos pačius bylų formatus. Iškart iškilo problema – teko įvykdyti daug duomenų formatų transformacijų dirbant skirtingomis grafinėmis kompiuterinėmis programomis. Žemėlapių kūrimo pradžioje panaudoti vektoriniai kartografuojamos teritorijos duomenys – įvairių linijinių objektų ribos, reikalingos kartografiniam pagrindui sudaryti. Turimos Vilniaus miesto savivaldybės bei Lietuvos kontūrų *shape* bylos iš *ArcGIS* programinės įrangos plėtinio *ArcMap* buvo konvertuojami į *Adobe Illustrator* bei *AutoCAD* DWG formatus. Šiuos bylų tipus importavus į trimatės grafikos kompiuterinę programą *Google SketchUp* buvo vykdoma ženklų transformacija į trimačius elementus. Klimatinių rodiklių tolydaus paviršiaus modelis buvo sukurtas vien tik *ArcGIS* programinės įrangos *ArcMap* bei *ArcScene* plėtiniais.

Galiausiai visi sukurti modeliai buvo apipavidalinami ir papildomai vizualizuojami *Adobe Illustrator* programoje, taip parengiant galutinį trimačio žemėlapių maketą. Visą kartografinio vaizdo kūrimo eigą būtų galima nusakyti eiliškumu, prodytu 2 pav. ir būdingu visiems kartografiniams kūriniams sudaryti.



2 pav. Kartografinio vaizdo kūrimo eiga (pagal Česnulevičius, 2009).

Fig. 2. Sequence of producing cartographic image (by Česnulevičius, 2009).

2.2 Ekspertų apklausa

Apklaustos anketos klausimų ratas buvo gana siauras, kadangi vadovautasi nuostata siekti gauti tik glaustą dominančią informaciją, kuri padėtų patvirtinti arba paneigti keliamą hipotezę – planinis (dvimatis) kartografinis vaizdas yra mažiau informatyvus nei trimatis. Respondentais buvo pasirinkti 12 savo srities bei konkrečiai kartografijos profesionalų. Remiantis ekspertų apklausų nurodymais (Kardelis, 2002), sudarant anketą mėginta atsakyti į šiuos klausimus: kokios informacijos reikia? koks apklausos būdas? koks klausimų pateikimo būdas? koks klausimų eiliškumas? bei anketos išbandymas.

Pasirinktas elektroninės apklausos būdas, leidžiantis operatyviai gauti informaciją. Kita vertus, apklausos anketoje nebuvo sudėtingų reikalaujančių paaiškinimo klausimų. Klausimai pateikiami prašant laipsniškai įvertinti balais rūpimą kartografinio vaizdo savybę, lyginant ją trimačiame modelyje ir žemėlapyje: nuo 1 – labai mažas, visiškai netinkamas iki 5 – labai didelis, labai tinkamas. Anketos klausimai buvo papildyti ir grafiniais vaizdais. Anketoje buvo prašoma respondento įrašyti savo komentarą kiekvienu konkrečiu atveju (Priedas Nr.5).

Siekiamų išsiaiškinti kartografinio vaizdo galimybių apklausoje klausimai pateikiami per šiuos prašomus įvertinti kriterijus:

- **Informatyvumas.** Kiek daug trimatis kartografinis vaizdas teikia ar galėtų teikti informacijos ir kaip greitai informacija yra suvokiama galutinio vartotojo.
- **Informacijos talpumas.** Jis susijęs su informatyvumo kriterijumi, tačiau nusako konkrečiai kiek skirtingų rodiklių gali būti pavaizduota. Iš esmės trimatis modelis leidžia panaudoti vienu kartografuojamu rodikliu daugiau nei planinis vaizdas. Tą lemia trečios (aukščio) dimensijos įvedimas.
- **Vaizdavimo metodo pasirinkimas.** nuo kartografuojamos temos kartografinio vaizdavimo metodo pasirinkimo, priklauso kartografinio vaizdo efektyvumas

„paveikti“ vartotoją (informatyvumas). Tačiau įvedus trečią dimensiją galima traktuoti, jog visi ženklai (simboliai), kuriems yra suteikta trečioji dimensija tampa lokalizuota diagrama. Sukurtuose vaizduose taip pat naudojami kiekybinio bei kokybinio fono, izolinijų, kartogramų bei tolydaus paviršiaus metodai.

- **Panaudojimo galimybės.** Trimačiai vaizdai, skirtingai nei žemėlapiai plokštumoje trimačiai dažniausiai nenaudojami tiksliais matavimams atlikti. Vien dėl to, jog perspektyviniame vaizde tolimiausios modelio dalies mastelis tampa iki 10% stambesniu. Dažniausiai trimačiai kartografiniai vaizdai yra naudojami demonstracijai, greitai teritorijoje esančių objektų apžvalgai ar kitos informacijos įsisavinimui.

2.3 Informatyvumo nustatymas

Apklauso tikslas ir buvo gauti profesionalią nuomonę apie konkrečius trimačius modelius. Apibendrinus duomenis buvo padarytos apskritai visiems trimačiams modeliams tinkančios išvados.

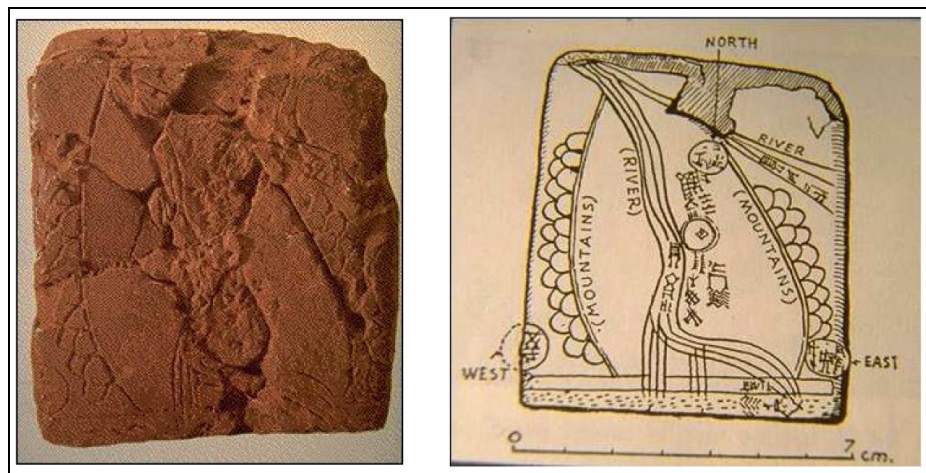
Apklauso metu gauti balai aprašomosios statistinės analizės būdu buvo sumuojami ir vedamas vidurkis kiekvienam iš keturių kriterijų. Iš viso buvo gauti 16 balų vidurkių, po 4 kiekvienam kartografiniui vaizdui. Taip pat didelis dėmesys skiriamas respondentų komentarams ir pastaboms. Atlikus apklausą, kartografiniai vaizdai nebuvo koreguojami ar tobulinami pagal pastabas, tačiau visos pastabos yra išryškinamos tolesniuose šio darbo skyriuose.

Galiausiai visi gauti to paties kriterijaus balų vidurkiai buvo koreliuojami taip siekiant išryškinti kuriame kartografiniame vaizde pasirinktas tinkamiausias kartografinis metodas, kuris vaizdas informatyviausias ir turintis daugiausiai praktinio pritaikymo galimybių.

Iš pirmo žvilgsnio gali pasirodyti, kad tokia metodika gana paviršutiniška tačiau darbe buvo siekiama prieiti bendresnių išvadų, kurios tiktų ir daug platesnei bei tolimesnei teminių trimačių kartografinių vaizdų kūrimo perspektyvai ir neapimtų vien tik sukurtų kartografinių vaizdų.

3. TRIMAČIO KARTOGRAFINIO VAIZDO KŪRIMO APŽVALGA

Trimatis kartografinis vaizdas ir jo kūrimas neatsiejamas nuo kompiuterinių technologijų vystymosi. Tik sukūrus taikomasias grafines kompiuterines programas atsirado galimybė įvairiems tikslams sudarinėti trimačius realaus pasaulio objektų ir paviršių modelius. Žinoma, galima rasti įvairių pavyzdžių kaip žmonės siekė atvaizduoti Žemės paviršių kuo realistiškiau. Visame pasaulyje pripažintai pirmuoju „žemėlapiu“ laikomas Mesopotamijos teritorijos fragmentas (Catal Huyuk) molio lentelėje (3 pav.), datuojamas 7000 - 5000 m. pr. Kr. (Mašera, 2004). Maža to, jog šiame kūrinyje pirmą kartą yra naudojami kartografiniai ženklai (kalnams, upėms pavaizduoti), autoriaus nuomone jį galima laikyti ir pirmuoju 3D modeliu kartografijoje.



3 pav. Pirmasis pasaulyje žemėlapis vaizduojantis Mesopotamijos teritorijos fragmentą, kairėje – originalas molio lentelėje, dešinėje – perbraižyta kopija (Petrovič, 2002).

Fig. 3. The first map in the world of Mesopotamian fragment, on the left – the original in the clay plate, on the right – traced copy.

Kaip bebūtų, tikrieji trimačiai modeliai sietini su tam pritaikytos programinės įrangos atsiradimu. Ir čia yra svarbu apskritai apibrėžti kas tai yra modelis kartografijoje. Kaip ir planiniai žemėlapiai, trimačiai modeliai yra žmogaus kūrybos rezultatas, kuris komunikuoja, perteikia,

atspindi žmonių sukurtus abstrakčius arba realius pasaulyje egzistuojančius objektus ar reiškinius (Pieviškis, 2005). Dažniausiai šie geografiniai objektai ar reiškiniai realybėje yra daug sudėtingesni, todėl norint pažinti ir suprasti yra būtinas modeliavimas. Taigi, modelis – tai pakaitalas realiai egzistuojančių arba įsivaizduojamų objektų, procesų, reiškinių. Tokie modeliai kuriami tam, kad būtų galima ištirti, išnagrinėti objektus, procesus, reiškinius (Balvočienė, 2000). Modelis reikalingas dažniausiai dėl realaus objekto nebuvimo, jo fizinių matmenų (dydžio), didelio nuotolio iki objekto, atsargumo sugadinti vienintelį egzempliorių ir t.t.

Visus kartografinius modelius galima laikyti imitaciniais. Priklausomai nuo kuriamo modelio specifikos ar temos kartografinius trimačius modelius galima suskirstyti į dvi pagrindines grupes: Žemės paviršiaus (reljefo) ir hipotetinių paviršių bei struktūrinių vienetų.

Žvelgiant iš technologinės pusės kartografijoje trimačiams modeliams kurti skirtas kompiuterines programas galima suskirstyti į dvi stambias grupes: *CAD* ir *GIS* platformose parengtos programos. Visos kitos kompiuterinės programos - pagalbinės, kurių galimas panaudojimas iš esmės apsiriboja tik grafinio vaizdo sukūrimu ir apipavidalinimu, tačiau ne pradinių duomenų įvedimu ir manipuliacija jais.

Populiariausia CAD šeimos programinė įranga laikoma *AutoCAD*, pradėta kurti 1982 metais Autodesk kompanijos (www.autodesk.com). Tai grafinė automatizuoto projektavimo sistema, kurioje yra išplėtotas trimatis modeliavimas ir vizualizavimas. Nors ši programa daugiausia naudojama projektuotojų – architektų, tačiau ji yra pritaikoma ir žemėlapių projektavimui (Bautrėnas, 1998).

Lietuvoje tarp kartografijos specialistų populiareesnė yra *ArcGIS* programinės įrangos platforma. Apskritai geografinės informacinės sistemos šiandien yra taip įsitvirtinusios, kad be jų neapsieinama vykdant bet kokį kiek sudėtingesnį kartografinį, geografinį, turizmo, logistikos, infrastruktūros ir daugelio kitų sričių projektą.

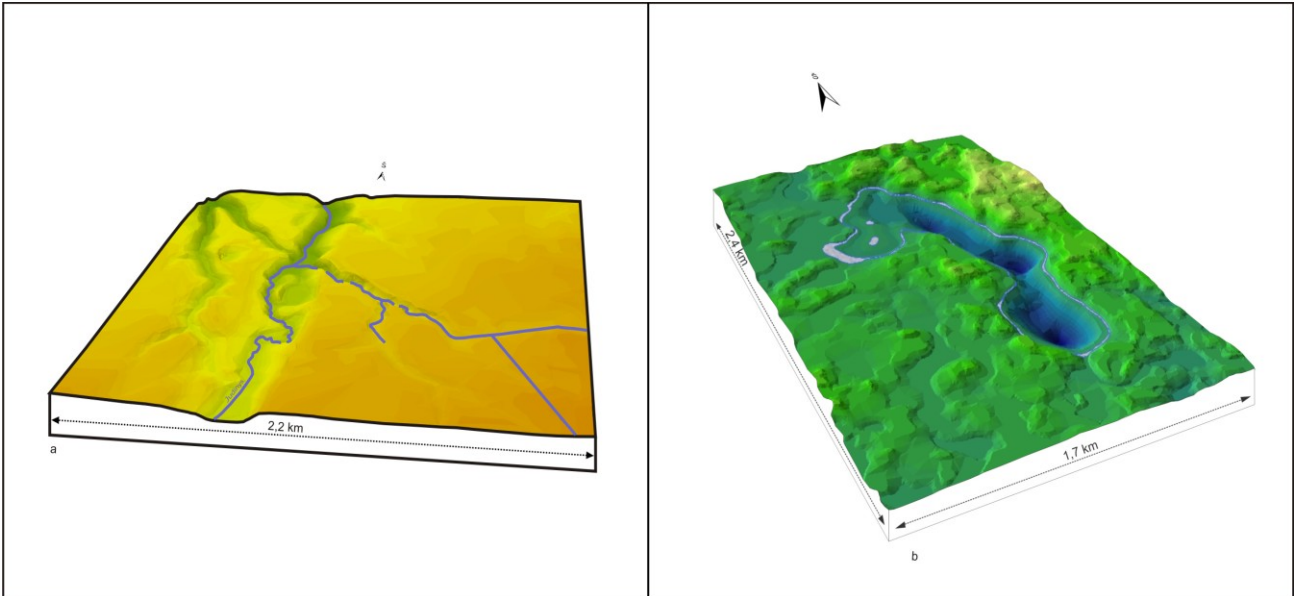
Būtent *ArcGIS* su savo įvairiais moduliais ir plėtiniais šiuo metu yra populiariausia GIS programinė įranga (pradėta kurti 1997 kompanijos ESRI). Trimačiam vaizdui kurti skirtas atskiras plėtinys – *ArcScene*. Naujausioje *ArcGIS* 10.0 versijoje trimačių žemėlapių kūrimui skiriama dar daugiau dėmesio ir įrankių (<http://help.arcgis.com/...>). Tai leidžia daryti prielaidą, kad ESRI kompanija išvelgia trimačių modelių kūrimo poreikio didėjimą ir perspektyvas.

Šio darbo iliustracijoms kurti taip pat buvo naudota *ArcGIS* programinė įranga. Šiandien 3D vaizdas yra galingas GIS įrankis, savo funkcionalumu apimantis tiek erdviųjų duomenų ir žemėlapių kūrimą, tiek informacijos analizę, atvaizdavimą bei pateikimą vartotojams (Makovskaja, 2008). Tačiau verta pabrėžti tai, kad *ArcGIS* programinė įranga orientuota į GIS duomenų analizę, manipuliavimą duomenimis ir duomenų bazėmis. Senesnėse versijose trimačio vaizdo kūrimas buvo tik kaip papildoma, grafiškai silpnai išplėtotą, vizualizavimo galimybę ir daugeliu atvejų skirta sukurti tik tolydžius paviršius. Diskretiems trimačiams objektams kurti programa nėra pritaikyta.

3.1 Reljefas

Prie mums įprasto plokštumoje pateikto simbolizuoto kartografinio vaizdo pridėjus trečią matmenį – aukštį, gaunamas lengviau įsivaizduojamas ir realesnis tikrovės pateikimas. Tai akcentuoja dauguma trimatį kartografinį vaizdą analizuojančių autorių (Kettunen ir kt., 2009). Būtent todėl reljefo trimačiai modeliai išpopuliarėjo greičiausiai, jie turi daugiausia praktinio pritaikymo galimybių. Viena jų – pagalbinė funkcija įvairiems uždaviniams spręsti. Toji pagalbinė funkcija yra greitesnis ir efektyvesnis vietovės reljefo suvokimas ir įsivaizdavimas. Tai naudinga ne tik paprastam turistui, bet ir, pavyzdžiui, inžinerinius tinklus vystantiems inžinieriams. Trimatis vaizdas taip pat labai pasitarnauja prognostiniuose tyrimuose, kur galima labai informatyvi prognozuojamo reiškinių grafinė išraiška.

Šiuo metu priimtinausią galutinam vartotojui produktą siūlo *ArcGIS* programinė įranga. Ankstesniuose autoriaus darbuose publikuotuose TIN (*TIN - triangulated irregular network*) modeliuose galima greitai apžvelgti vietovę ir rasti ieškomus objektus, t.y. reljefo formas (4 pav.).



4 pav. Trimačiai vietovės reljefo modeliai. (sudarė V. Alekna, 2009 - 2010),
(sudaryta *ArcGIS* programine įranga, įskaitmeninto topografinio žemėlapiu pagrindu)

Fig. 4. Three-dimensional terrain models (by V.Alekna, 2009 – 2010), (produced under digital mapping base by *ArcGIS* software).

Apibendrinant būtų galima išskirti šiuos trimačio reljefo kartografinio vaizdo privalumus: greitas vizualinis informacijos gavimas (pvz. šlaitų kreivumą galima matyti tiesiogiai – nereikia atlikti kartometrinių skaičiavimų, kaip izolinijų vaizdavimo atveju). Tik, deja, tikslių nuolydžių akimi neapskaičiuosi. Kiti trūkumai: dėl perspektyvos tampa nematomos kai kurios vietos (priešingi žiūrėjimo kampui šlaitai), ir tai, kad negalima išgauti tikslios kiekybinės informacijos. Tačiau šia problemą išspręstų kompiuterinė modelio analizė, kur specialios programinės įrangos įrankiais yra galimybė kompiuterio ekrane apžvelgti kiekvieną norimą tašką bei apskaičiuoti norimas kiekybines reljefo charakteristikas arba įvairių orientacijų modelį pateikti spausdintiniame variante.

3.2 Santykiniai ir hipotetiniai struktūriniai paviršiai

Santykiniai ir hipotetiniai paviršiai trimatėje erdvėje dar nėra tokie populiarūs kaip reljefo modeliai. Tradiciškai juos vis dar lenkia įprasti teminiai planiniai žemėlapiai. Tačiau galima aptikti vis daugiau ir daugiau publikuojamų trimačių įvairios tematikos modelių. Tai greičiausiai susiję su vis populiarėjančia grafinio dizaino kryptimi – infografika, kuri plačiau aptarta tolimesniame šio darbo skyriuje. Tačiau, šalia reljefo, yra visos galimybės trimatę erdvę pritaikyti ir įvairiems socialiniams, ekonominiams, klimatiniais kartografinams kūriniams kurti (5 pav.).



5 pav. Struktūrinių ženklų Austrijos gyventojų skaičiaus modelis (A, www.networlddirectory.com/) ir hipotetinis Manilos, Filipinai kritulių kiekio trimatis modelis (B, <http://cdn.physorg.com>).

Fig. 5. Structural symbols model of Austria population (A) and hypothetical 3D model of rainfall (B).

Lygiai taip pat, kaip kuriant realaus Žemės paviršiaus modelį, galima sudarinėti ir išivaizduojamus – santykinius ir hipotetinius paviršius. Pavyzdžiui, sudarinėjant įvairius socialinio lauko, gyventojų tankumo, klimato rodiklių, ekonominių ir kitų sričių rodiklių žemėlapius. Tiesa, tokie modeliai yra daug sudėtingesni ir reikalaujantys įvertinti begalę faktorių (Kavaliauskas,

Dumbliauskienė, 2009). Tačiau lygiai tas pats galioja ir paprastiems dvimačiams teminiams žemėlapiams. Čia svarbu tik tinkamai parinkti trimatį vizualizavimą.

Kaip galima matyti iš paveikslų, vaizdumo didinimui vis daugiau įvairių institucijų ar naujienu agentūrų ruošia trimačius nagrinėjamos teritorijos modelius. Tos temos, kuriose vaizduojami su gyventojais susiję rodikliai – skaičius, tankumas – tikslingiausia naudoti ne tolydų paviršių, bet iš tam tikrų teritorinių statistinių vienetų (gardelių) sudarytą geometrinių figūrų tinklą. Nuo pasirinktos geometrinės figūros (kūgis, stačiakampis) priklauso atvaizduojamų rodiklių kiekis, tačiau bendram vaizdumo bei informatyvumo didinimui labai pasitarnauja ir vienintelė figūros spalva. Taigi struktūriniai trimačiai vienetai kartografiniame modelyje tinkamiausi objektams ir reiškiniams, kuriuos galima apskaičiuoti konkrečiam teritoriniam vienetai, atvaizduoti.

4. INFORMACIJOS VIZUALIZAVIMAS KARTOGRAFIJOJE

Informacija susieta su konkrečiomis koordinatėmis ar teritorija yra esminis dalykas žemėlapių sudaryme. Tam, kad tinkamai būtų vykdomas kartografinio kūrinio sudarymas bei tikslinga informacijos komunikacija su vartotoju būtina aiškiai atskirti kas yra informacija ir kuo ji skiriasi nuo duomenų ar žinių. Dažniausiai pradiniai, abstraktūs duomenys patys savaime vertės neturi. Vertė atsiranda kuomet duomenys yra interpretuoti, t.y. jiems yra suteikta prasmė, o kartografijoje – ir kuomet susieta su tam tikra teritorija. Būtent tik tie duomenys, kuriems yra suteikta prasmė yra vadinami informacija (Beconytė, 2004). Kartografijoje yra naudojama tik tokia, prasminė, informacija. Tokios informacijos vizualizacija yra sudėtinga, kadangi vartotojas dažnai neturi išankstinės sampratos, kaip ši informacija (duomenys) galėtų atrodyti. Kartografinės vizualizacijos iššūkis yra surasti regimąją metaforą (angl. *visual metaphor*), kurią vartotojas galėtų efektyviai suprasti ir jausti. Regimoji metafora perteikia informaciją, kurios vartotojas ieško ir aprūpina sąveikos metodais, kurie leidžia vartotojams dirbti ir tyrinėti duomenis taip efektyviai ir lengvai, kaip tik įmanoma (Čiupaila, 2007). Informacijos vizualizavimas panaudoja tuos pažinimo įgūdžius, kurių tekstinė ar skaitinė informacija negali panaudoti. Vizualizavimas yra universaliai daug lengviau suprantamas nei bet kuri viena kalba, ir leidžia tokius sugretinimus, kurių tekstas atitikti negali.

Turint interpretuotus duomenis svarbiausias uždavinys yra juos suprantamai atvaizduoti. Tai reiškia, jog bet kokia teminė informacija turi būti susieta geografiniais duomenimis – turi būti vizualiai išreikšti erdviniai ryšiai. Tai viena pagrindinių sąlygų. Antroji sąlyga – tinkamai pasirinktas grafinis išraiškos būdas. Pagrindinis tokio proceso rezultatas – žemėlapis. Žemėlapis – simbolizuotas ir matematiškai apibrėžtas geografinės erdvės modelis, vaizduojantis pasirinktus duomenis bei informaciją ir suprojektuotas perteikti erdviniams ryšiams tarp informacijos ir

geografinės vietovės. Tai yra kartografo kūrybingumo rezultatas (<http://icaci.org/>). Remiantis Tarptautinės Kartografų Asociacijos (ICA) pateikiama žemėlapių definicija galima teigti, kad bet koks informacijos vaizdavimas kartu su jos (informacijos) erdviniais ryšiais yra „pilnateisis“ kartografinis kūrinys.

Trimatis kartografinis modelis yra tik būdas tai informacijai pateikti, vizualizuoti, sudaryti palankius komunikacijos kanalus tarp informacijos ir vartotojo. Teigti, kad trimatis kartografinis modelis gali būti vadinamas žemėlapiu galima tik tuomet, kai yra įgyvendinti visi kartografiniam vaizdui keliami reikalavimai. Kaip buvo minėta ankstesniame šio darbo skyriuje svarbiausia turi būti matematinis apibrėžtumas (mastelis) bei simboliai.

Žemėlapių perteikiamos informacijos *vizualizacija*, kaip ir apskritai grafinė vizualizacija, gali turėti keletą skirtingų apibrėžimų (pagal Čiupaila, 2007; Kumetaitienė, Stanionis, 2010):

- „...dirbtinės atminties suradimas, kuris geriausiai palaiko mūsų natūralų suvokimą“;
- „kompiuterizuotas, interaktyvus, vaizdinis abstrakčių duomenų reprezentavimas pažinimo supaprastinimui“;
- „tai duomenų, informacijos ir žinių transformavimo procesas į regimąją formą“.

Informacijos pateikimas regimuoju pavidalu vartotojui suteikia galimybę tyrinėti, peržiūrėti, keisti, manipuliuoti ir dirbti su skirtingais reprezentacijų elementais ir savybėmis. Taip pat vartotojas išvysto savo samprotavimus, gebėjimą atpažinti ir suvokti naują informaciją ir pan. Trumpai tariant - tinkama sąveika gali vesti į naują išvalgą, atradimus ir supratimą.

Informacijos vizualizacijai kartografijoje naudojami nusistovėję kartografiniai vaizdavimo metodai. Daugeliu atvejų kartografiniai vaizdavimo metodai yra prasminių duomenų ir grafinių elementų (dizaino, kompozicijos) derinys. Pagrindiniai kartografavimo (kartografinio vaizdo pateikimo) būdai yra šie (pagal Chomskis, 1979; Česnulevičius, 2009):

- taškinių ženklų;

- linijinių ženklų;
- judėjimo ženklų;
- kokybinio ir kiekybinio fono;
- izolinijų;
- arealų;
- lokalizuotų diagramų;
- kartogramų ir kartodiagramų.

Kartografinio vaizdavimo metodo pasirinkimą nulemia kartografuojamų objektų, reiškinių, procesų pobūdis, kuris paprastai būna taškinis, linijinis arba plotinis. Visi minėti metodai tinka tiek trimačiams tiek planiniams kartografiniams vaizdams, išskyrus tolydaus paviršiaus metodą, kuris įmanomas tik trimačiame modelyje.

Šio darbo tikslė galima išvelgti ir potekstę į grafines subtilybes, kurios kartu su trečiąja dimensija verčia panagrinėti šiandien vis populiarėjančią sritį – infografiką (informacijos grafika). Pastaroji grafinio dizaino sritis tarnauja daugeliui mokslo krypčių kaip pagalbinė priemonė perteikti galutiniam vartotojui norimą pasakyti informaciją. Neišimtis ir kartografijos mokslas.

Labai svarbus dalykas yra informacijos regimasis pateikimas. Tą lemia trys pagrindinės priežastis:

- didžioji žmonijos dalis mokosi vizualiai;
- pateikiant duomenis grafiškai dauguma mūsų daug greičiau suprantame dalyko esmę;
- kuo daugiau informacijos pateikiama ir kuo ji sudėtingesnė tuo sunkiau nustatyti ryšius kai jie pateikti skaitmenine ar tekstine forma.

Informacijos vizualizavimo produktai (pavyzdžiui, trimatis žemėlapis) gali tirti informaciją iš daugelio duomenų bazių šaltinių ir nustatyti ryšius, kuriuos kitais būdais aptikti tokia didžiuliam kiekyje duomenų būtų praktiškai neįmanoma. Žinoma tai galioja ir dvimačiams

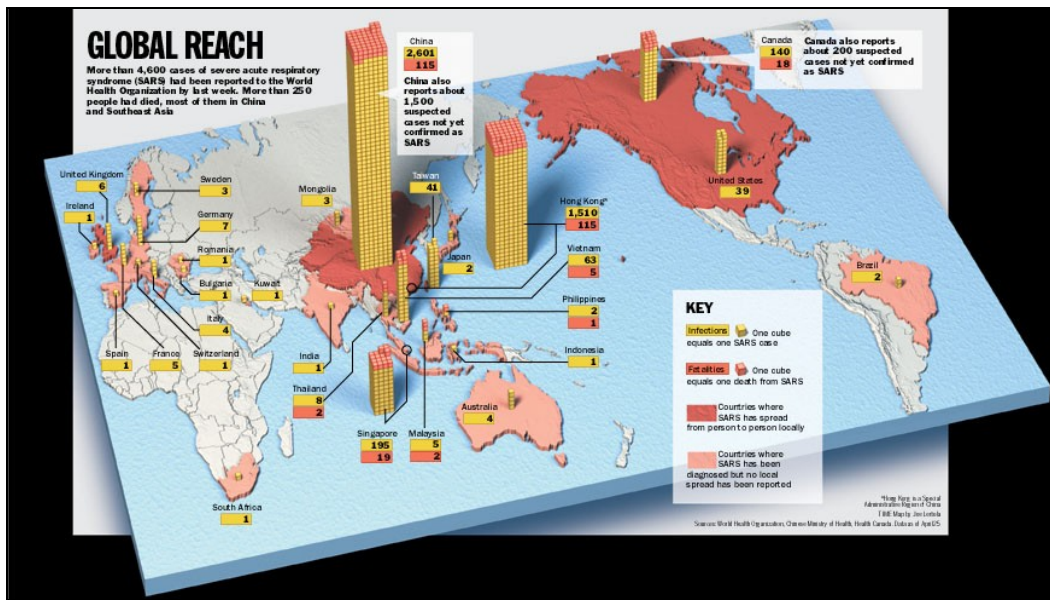
teminiams žemėlapiams, tačiau informatyvumo prasme trimatis modelis tampa daug vertingesnis. Tekstu paremtos sąsajos ir duomenų sąrašai tampa praeitimi. Nors tuo pačiu šiandieninė kartografija neįsivaizduojama be georeferencinių duomenų bazių, kurių pagrindu sudarinėjami daugelis žemėlapių. Tačiau nepaslaptis yra tai, kad duomenų bazių grafinė išraiška dažnai pateikiama labai skurdžiai. Norint „bendrauti“ su vartotoju reikalingas kartografo – dizainerio indėlis (Gibson, 2009).

Todėl šiandien labai greitai auganti ir į žemėlapių sudarymą besiskverbianti dizaino kryptis yra infografika. Didėjant reikalingos pateikti (viešai) informacijos kiekiui didėja ir keblumai išsiskirti, patraukti vartotojo akį. Infografikos tikslas – greitai ir aiškiai atvaizduoti duomenis, informaciją ar žinias. Ypač tai sėkminga mokyme, prezentacijų rengime, žurnalistikoje, medicinoje, techniniuose prekių ar paslaugų aprašymuose (<http://en.wikipedia.org/...>). Dažnai be tokių kartografinių infografikos kūrinių neišsiverčia nė vienas rimtas tiriamųjų straipsnių autorius. Informatyviai pateiktas kartografinis vaizdas tampa daugiau nei žemėlapis, atsiranda ir išliekamoji meninė vertė (ypač jeigu kartografuojama nesenstanti informacija). Pavyzdžiui, labai prie infografikos populiarinimo JAV prisidėjęs grafikos specialistas Joe Lertola (<http://www.joelertola.com>) paruošęs daygybę kartografinių iliustracijų, kurios tampa vertingesnės ir įdomesnės už bet kokį tiriamąjį staripsnį (6 pav.).

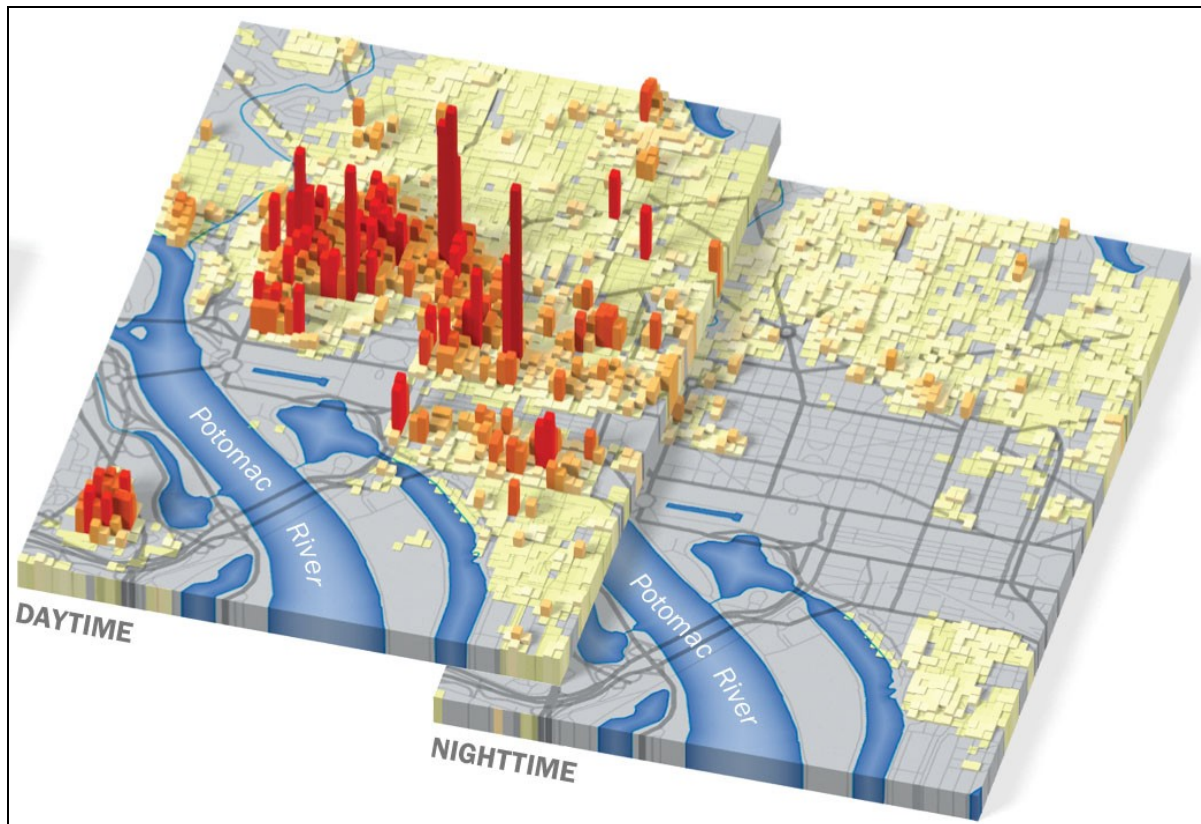
Trimatis duomenų atvaizdavimas pritaikant struktūrinių lokalizuotų diagramų kartografinį metodą suteikia greitesnį ir aiškų informacijos perdavimą (lyginant su planiniu daugiasluoksniu žemėlapiu).

Dar vienas įdomus kartografinės infografikos pavyzdys, rodantis gyventojų skaičiaus kaitą dieną – naktį Vašingtono (JAV) miesto centrinėje dalyje (7 pav.). Pasirinktas lokalizuotų diagramų metodas, leidžiantis greitai vizualiai ir intuityviai pajusti skirtumus tarp kartografuojamų duomenų.

Glaustai apibendrinant reikia numanyti, kad informatyvumo ir vaizdumo dėlei tokie trimatės kartografinės infografikos kūriniai turės vis didesnę poreikį dėl greito informacijos įsisavinimo.



6 pav. SARS viruso infekcijų ir mirties atvejų skaičius pasaulyje (<http://www.joelertola.com>).
Fig. 6. SARS virus infections and deaths in the world.



7 pav. Gyventojų skaičiaus skirtumas dieną – naktį Vašingtono miesto centre (<http://www.joelertola.com>).
Fig. 7. Population difference between the day - night at downtown of Washington.

5. TRIMAČIO KARTOGRAFINIO VAIZDO GALIMYBĖS

Bet kokia kartografuojama informacija yra gaunama daugeliu skirtingų būdų – nuotolinis kartografavimas, GPS duomenys, fotogrametriniai tyrimai ar lauko kartografavimas. Visiems šiems, skirtingais būdais surinktiems, duomenims atvaizduoti geriausias būdas yra žemėlapis. Jis gali būti įprastas planinis ir trimatis. Šiandien dauguma kartografų trimačius modelius naudoja atvaizduoti miestams arba gamtininiams kontinualiems reiškiniams (reljefui). Trimačiai modeliai suteikia galimybę per trumpesnę laiką suprasti bei įgyti žinių apie realų pasaulį. Tai pasiekti padeda nesudėtingas ir komunikabilus trimačio modelio ryšys su vartotoju. Vartotojų ratas gali būti labai platus – nuo mokinių iki aukštos kvalifikacijos specialistų skirtingose mokslo ir praktikos srityse (Bandrova, 2010 a).

Naujausios kompiuterinės bei programinės įrangos dėka galima saugoti ir palaikyti didžiulius duomenų kiekius. Tai leidžia tikėtis trečios dimensijos lygiaverčio pateikimo kartografiniuose kūriniuose. Trimačių žemėlapių galimybes galima pritaikyti daugelyje sričių. Tačiau šiuo metu pagrindinės mokslo ar komunikacijos sritys kuriose praktiškai kuriami ir naudojami trimačiai žemėlapiai (modeliai) yra šios:

- Miestų planavimas ir architektura. Inžinieriams ir architektams reikalinga miestų aplinkos fotorealistiškos medžiaga (pastatų modeliai), leidžiantys planuoti bei vizualizuoti naujai statomus ar restauruojamus objektus (8 pav.).
- Mokymas mokyklose bei universitetuose. Geografijoje, geologijoje ar kituose gamtos moksluose naudojami ne vien tik atlasai ar sieniniai žemėlapiai, bet ir trimačiai modeliai, kurie gali būti išreikšti ir video forma, sukuria geresnę mokymo kokybę bei mokinių domėjimąsi.

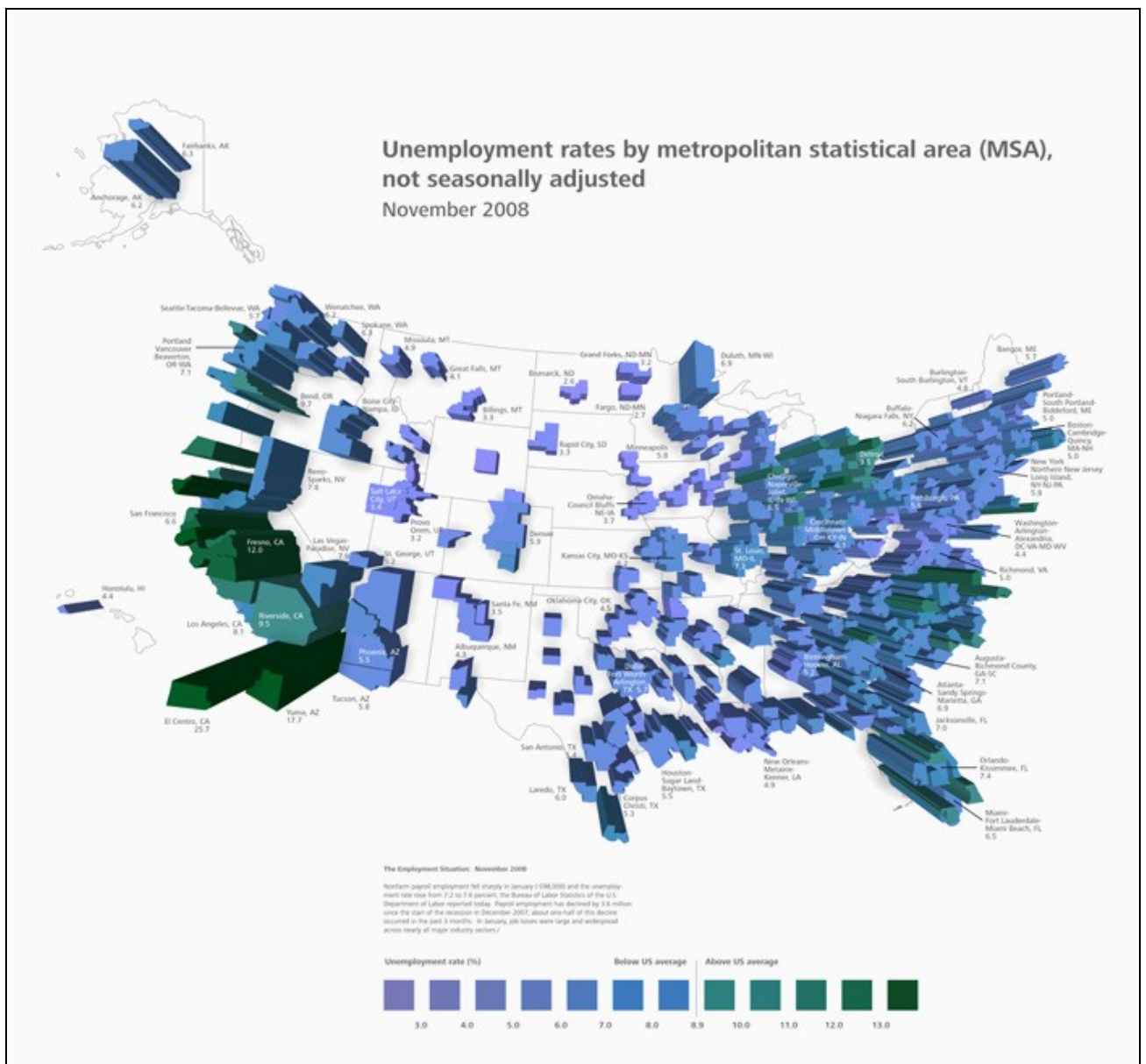


8 pav. Manheteno ir Bruklino rajonų (Niu Jorkas) trimatis žemėlapis (www.coroflot.com)

Fig. 8. Three-dimensional map of Manhattan and Brooklyn (New York).

- Projektavimas ir reklama. Trimatis miesto ar gamtinės aplinkos žemėlapis suteikia daug didesnę realistiškumą išpūdį nei dvimatis žemėlapis.
- Telekomunikacijos. Telekomunikacijų bendrovės naudoja trimačius modelius vizualizuoti ir apskaičiuoti bangų sklidimo parametrus, ypač miestų aplinkoje, kur reikia įvertinti begalę kliūčių.
- Transportas. Trimačiai modeliai yra naudingi viešojo ar krovinio transporto eismo imitavimui ir planavimui bei tvarkarašių sudarinėjimui.
- Aplinkos tarša. Skirtingos rūšies tarša gali būti imituojama trimačiame modelyje, kuriame aiškiai matysis taršos sklidimo plotai, kliūtys ir pan.

- Turizmas. Stiprus fotorealistinis išpūdis ypač patraukia turistų dėmesį ir jo pagalba galima visapusiškiau pateikti informaciją apie turistinius objektus.
- Teminė kartografija. Trimačiai struktūriniai santykiniai ir hipotetiniai paviršiai teminėje kartografijoje suteikia galimybę atvaizduoti daugiau kartografuojamų rodiklių ir pateikti komunikabilesnę informaciją (9 pav.).



9 pav. JAV nedarbo lygio trimatis struktūrinis žemėlapis (www.coroflot.com)

Fig. 9. U.S. unemployment rate on structural three-dimensional map.

Daugelyje sričių matoma trimačio žemėlapių naudojimo didesniam informatyvumui bei informacijos gavimo greičiui pasiekti tendencija. Tai didina operatyvinių sprendimų priėmimo efektyvumą. Plačiausiai trimatis vaizdas gali būti taikomas teminiame kartografavime.

Trimačio kartografinio vaizdo turinį reikėtų skirstyti į:

- Kartografinis pagrindas. Topografiniai objektai – reljefas, keliai, įvairios ribos, hidrografija – tai kas atvaizduojama ir planiniuose žemėlapiuose. Trimačiame modelyje pagrindas dažniausiai perteikiamas tolydžiu paviršiumi. Pagal Slovėnijos Universitete 2004 metais atliktą tyrimą nustatyti (pagal vartotojų – geografo, geologo, architektų, profesionalių sportininkų - apklausą) svarbiausi trimačio žemėlapių kartografinio pagrindo elementai yra šie: kelių tinklas, gyvenvietės, hidrografija ir augalija. Toki topografiniai elementai kaip reljefo izolinijos nėra svarbiausi, nes aukštis perteikiamas per trečią dimensiją (Mašera, 2004).
- Trimačiai simboliai. Tai pagrindiniai tik trimačiams žemėlapiams būdingi grafiniai elementai – objektai ir reiškiniai – vaizduojami trimačiais simboliais. Šie simboliai turi aukščio dimensiją. Tai labai plati ženklų grupė, kur trimačiai kartografiniai ženklai gali turėti daugybę galimų kombinacijų.
- Teminė kartografinė informacija. Tai sutartiniai ženklai, kurie naudojami ir dvimačiuose žemėlapiuose (kiekybinis, kokybinis fonas ir kiti). Skirtingai nuo dvimačių, čia galima plačiai naudoti tekstūrą, išskirtinį trimačiui žemėlapiui būdingą kartografavimo būdą.

Pagrindinis skirtumas tarp trimačių ir dvimačių žemėlapių – tūriniai simboliai – sutartiniai ženklai ir tekstūra, kurių dvimačiame žemėlapyje perteikti neįmanoma. Tekstūra taip pat padidina kartografuojamų rodiklių skaičių. Tarkim, kokybinio fono spalva rodo viena rodiklį, o tekstūros intensyvumas – kitą. Tokį patį efektą galima išgauti planiniame vaizde naudojant štrichus, tačiau

tinkamai išsprendus grafinius uždavinius ant tekstūros papildomai galima brėžti štrichus, kas dar padidintų kūrinio informatyvumą.

Kita vertus, trimačiame geografinės erdvės kartografavime jokioje žemėlapių kategorijoje dar nėra sukurta standartizuotų ženklų sistemų, tokių kaip planiniuose topografiniuose žemėlapiuose. Taip yra dėl trumpo trimačių žemėlapių naudojimo laikotarpio. Ateityje tokių sistemų kūrimas bus vykdomas jei ne valstybiniu tai bent instituciniu lygmeniu (Bandrova, 2010 b). Trimačių ženklų standartizavimas kartografams leistų sutaupyti nemažai laiko ir gauti ergonominės bei ekonominės naudos. Be to, trimačiai kartografiniai modeliai daugeliu atvejų yra teminiai, kur nėra griežtų standartizuotų reikalavimų ir kiekvienas žemėlapis yra labai individualus kartografinis kūrinys. Todėl apie visuotiną ženklų sistemų standartizaciją kalbėti dar anskti, tai galioja ir dvimačiams teminiams žemėlapiams, kur jau yra nusistovėjusios (dažniausiai instituciniu lygmeniu), tačiau dar ne standartizuotos, atskirų teminių sričių ženklų sistemos.

Žemėlapių informatyvumas pirmiausiai nusakomas per kartografinius ženklus (legendą) ir tradiciškai kartografiniai ženklai yra skirstomi į tris grupes: taškinius, linijinius ir plotinius. Tuo tarpu trimačiuose žemėlapiuose galima išskirti keturias ženklų grupes: taškinius, linijinius, plotinius ir tūrinius. Palyginimui buvo sudaryta lentelė (1 lentelė).

Trimačių žemėlapių ženklų kūrimas turi atitikti keletą svarbių reikalavimų:

1. Ženklas turi būti panašus į kartografuojamą objektą.
2. Ženklas turi būti kuo paprastesne tūrine geometrine figūra.
3. Turi būti panaudota kuo mažiau tūrinių sienų pačiame ženkle.

Žinoma būtina atsižvelgti į visus įprastiems teminiams žemėlapiams taikomus kartografinius reikalavimus, priklausomai nuo kartografuojamos temos, jos tikslo, kartografinio metodo, vizualinio suvokimo ypatumų (spalva, forma, asociatyvumas), estetinių, kompozicinių reikalavimų bei kompiuterinės ir programinės įrangos galimybių.

1 lentelė. Dvimačių ir trimačių kartografinių ženklų palyginimas pagal ženklų požymius.

Table 1. 2D and 3D cartographic signs comparison by signs features.

Požymis	Dvimačiai ženklai	Trimačiai ženklai
Ženklų grupės	Taškiniai, linijiniai, plotiniai	Taškiniai, linijiniai, plotiniai, tūriniai
Mastelio įtaka	Priklausomai nuo mastelio – dažniausiai nemasteliniai	Priklausomai nuo mastelio – dažniausiai realių dimensijų
Objektų ir reiškinių dinamikos vaizdavimas	Specialiai tam skirti ženklai, diagramos, kartodiagramos	Visi ženklai gali rodyti dinamiką per savo vertikalią struktūrą
Forma	Geometrinės formos, raidiniai ženklai	Tūrinės geometrinės formos, tūriniai raidiniai ženklai
Informacijos talpumas	Priklausomai nuo mastelio	Trimačiuose kompiuteriniuose modeliuose – priklausomai nuo kompiuterinės įrangos galimumo
Standartizacija	Valstybinis, institucinis lygmuo	Nėra

Kuriant trimatį kartografinį ženklą turi būti įvertinta bendro pobūdžio informacija: objekto (reiškinių) kokybiniai ir kiekybiniai duomenys, paviršiaus tekstūros panaudojimas, foto medžiagos reikalingumas. Surinkus duomenis apie kiekvieną objektą (reiškinį) turi būti atlikta duomenų analizė – nustatyti kiekybinių rodiklių minimalios ir maksimalios reikšmės. Galiausiai ženklai yra vizualizuojami grafinėmis priemonėmis laikantis nusistatytų bendrų metrinių (dydžio) taisyklių.

Kartografiniai ženklai pagal savo požymius bei panaudojimo galimybes gali būti skirstomi į kategorijas. Autorius išskyrė šias ženklų kategorijas (tipus):

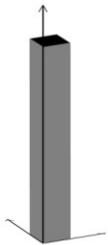

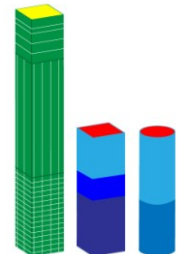
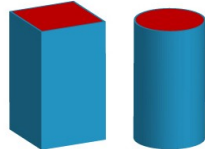
1. Santykinių ir hipotetinių paviršių struktūriniai ženklai.
2. Tolydūs paviršiai.
3. Fotorealistiniai ženklai.

5.1 Santykinių ir hipotetinių paviršių struktūriniai ženklai

Santykiniai ir hipotetiniai paviršiai yra suprantami kaip realiai neegzistuojantys menami ar įsivaizduojami įvairių rodiklių grafiniai atvaizdavimai. Santykiniai paviršiai siejasi su gamtinių reiškinių fizinių rodiklių kiekybine raiška: mėnesinis ar metinis kritulių kiekis, nuotėkio modulis. Hipotetiniai paviršiai siejami su išvestiniais socialinių reiškinių rodikliais: gyventojų tankis, nedarbo lygis. Santykiniams ir hipotetiniams paviršiams gauti įprasta naudoti interpoliuotus duomenis, tokiu būdu sukuriant tolydų paviršių. Trimačiame žemėlapyje tikslingiau naudoti struktūrinius ženklus, turinčius didesnę informatyvumą. 2 lentelėje pateikiama pagrindinės trimačių ženklų galimybės.


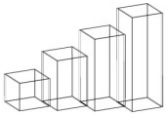
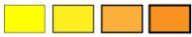


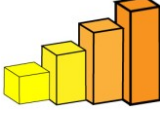

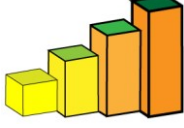
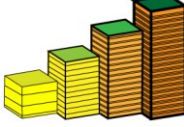
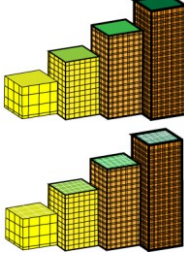
2 lentelė. Trimačių kartografinių ženklų galimybės

Table 2. Three-dimensional cartographic signs opportunities.

Galimybė	Komentaras	Pavyzdys
Trečia dimensija	Pagrindinis trimačių kartografinių ženklų skiriamasis bruožas - aukštis	
Geometrinės figūros pasirinkimas	Galimybė pritaikyti tinkamiausią geometrinę formą kartografuojamam rodikliui. Kvadratinis stulpelis, cilindras, kūgis arba bet kokios formos poligonas.	
Kartografinio metodo pasirinkimas	Galimybė rinktis tarp struktūrinių lokalizuotų diagramų ir paprastų lokalizuotų diagramų – priklausomai kiek ir kokių (tolydinių ar diskrečių) rodiklių yra kartografuojama	
Galimos klaidos	Netinkamo apšvietimo pasirinkimas. Reikėtų vengti šešėliavimo, nes tai keičia spalvą ir sunkina skaitomumą (spalvos gali neatitikti legendos)	

3 lentelė. Hipotetinių paviršių struktūrinių trimačių kartografinių ženklų (metodų) palyginimas su dvimačiais pagal kartografuojamų rodiklių kieki.

Table 3. Structural 3D cartographic signs of hypothetical surfaces comparison with 2D cartographic signs (methods) by the quantity of mapping indicators.

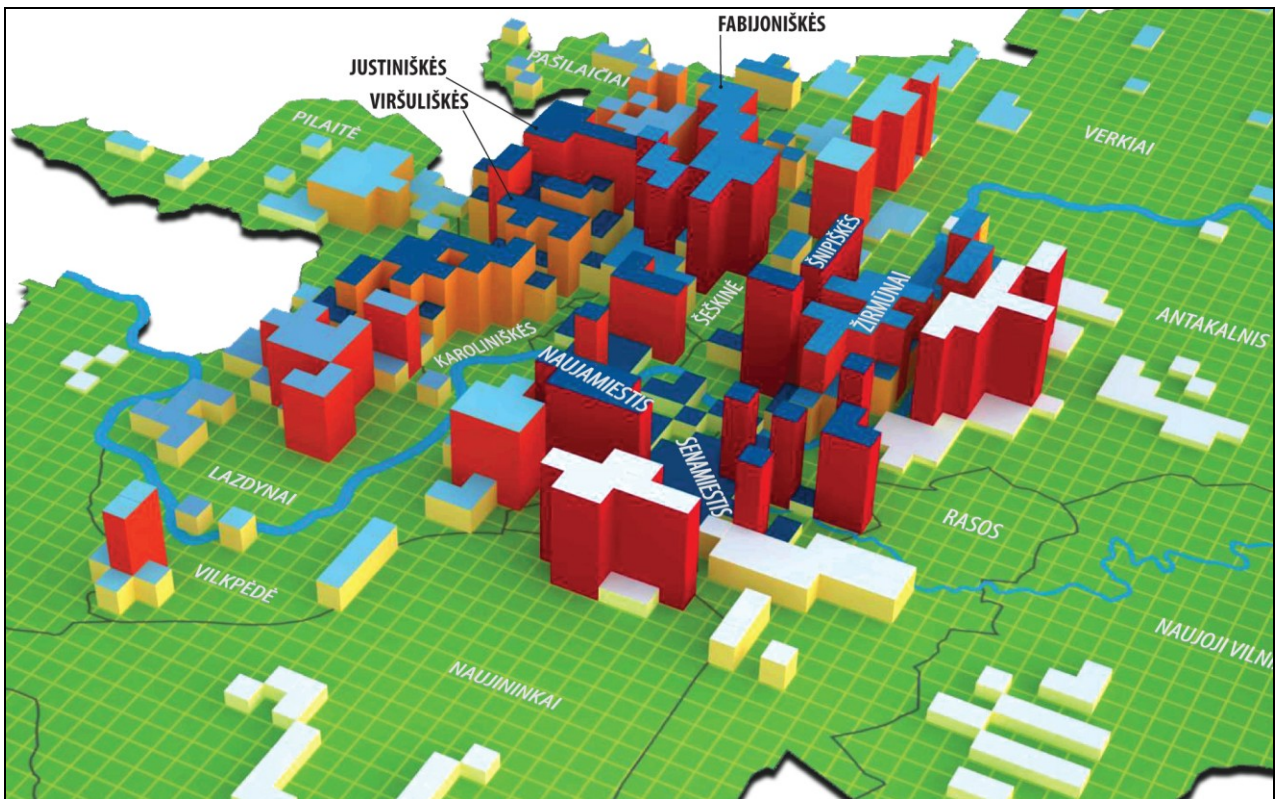
Kartografuojamų rodiklių skaičius	Grafinės priemonės		Panaudojimas		Ženklo pavyzdys	
	2D	3D	2D	3D	2D	3D
1	spalva (skalė)	trečia dimensija (aukštis)	tolydiems objektams, reiškiniams	diskretiems ir tolydiems objektams, reiškiniams		
2	spalva (skalė); kontūro storis	trečia dimensija (aukštis); spalva (skalė)	tolydiems objektams, reiškiniams	diskretiems ir tolydiems objektams, reiškiniams		
3	spalva (skalė); kontūro storis; štrichas	trečia dimensija (aukštis); spalva (skalė); kontūro storis	diskretiems ir tolydiems objektams, reiškiniams	diskretiems ir tolydiems objektams, reiškiniams		
4	spalva (skalė); kontūro storis; štrichas	trečia dimensija (aukštis); spalva (dvi skalės); kontūro storis	diskretiems ir tolydiems objektams, reiškiniams	diskretiems ir tolydiems objektams, reiškiniams		
5	-	trečia dimensija (aukštis); spalva (dvi skalės); kontūro storis; štrichas	-	diskretiems objektams, reiškiniams	-	
6-7	-	trečia dimensija (aukštis); spalva (dvi skalės); kontūro storis; štrichas (2 tipai)	-	diskretiems objektams, reiškiniams	-	

Teminiams duomenims perteikti trimatėje erdvėje tinkamai pasitarnauja struktūriniai geometriniai ženklai, ypač struktūrinės lokalizuotos diagramos. Tačiau čia reikia elgtis labai atsargiai. Būtina įvertinti kartografuojamo reiškinių paplitimo intensyvumą, intensyvumo tendenciją (didėja / mažėja) perspektyvinio vaizdo atžvilgiu, objektų sancaupas. Trimatėje erdvėje yra didelė galimybė, kad ženklai užstos vienas kitą. Tik įvertinus kartografuojamą reiškinį, galima informatyviai jį perteikti. 3 lentelėje galima įsitikinti trimačių ženklų pranašumu prieš dvimačius.

Matyti, kad trimačiai ženklai geba perteikti kur kas daugiau kartografuojamo reiškinių ar objekto rodiklių, duomenų ir parametrų. Pavyzdžiui, pasirinkus kiekybinio ar kokybinio fono metodą planiniame vaizde daugiausiai įmanoma pavaizduoti keturis rodiklius. Tuo tarpu trimačiame vaizde – net iki septynių rodiklių. Žinoma, būtina įvertinti tokio žemėlapių skaitomumą ir apkrovą, kuri priklauso nuo žemėlapių temos ir reiškinių ar objekto intensyvumo teritorijoje. Svarbu pabrėžti, kad dėl minėtos priežasties – didelio intensyvumo mažoje teritorijoje – neįmanoma panaudoti tokių struktūrinių geometrinių ženklų, kurie geba atvaizduoti keturis ir daugiau rodiklių. Tokiu atveju žemėlapis taps neskaitymu, perkrautu.

Šiam darbui sukurtuose teminiuose Vilniaus miesto gyventojų tankumo žemėlapuose panaudoti du skirtingi grafiniai (geometrinių figūrų) metodai – stulpeliai ir kūgiai. Naudojant stulpelius (10 pav.) galima atvaizduoti daugiau kartografuojamų rodiklių.

Iš viso pateikiami 2 rodikliai. Stulpelių aukštis ir sienelių spalvų skalė perteikia gyventojų skaičių $0,1 \text{ km}^2$ teritorijoje, stulpelių viršūnių spalvų skalė – apgyvendinimo laipsnį. Apgyvendinimo laipsnis nustatytas visą Vilniaus miesto teritoriją suskirsčius į $0,1 \text{ km}^2$ gardeles ir stulpelis dedamas tik gyvenamųjų namų vietose (kuriant trimatį žemėlapių kaip pagrindas nustatyti gyvenamosioms teritorijoms buvo naudojamas M 1:20 000 žemėlapis iš (www.maps.lt)). Panaudotas išvestinis apgyvendinimo lygio rodiklis tam, kad kuo informatyviau perteikti labiausiai apgyvendintas Vilniaus seniūnijas.



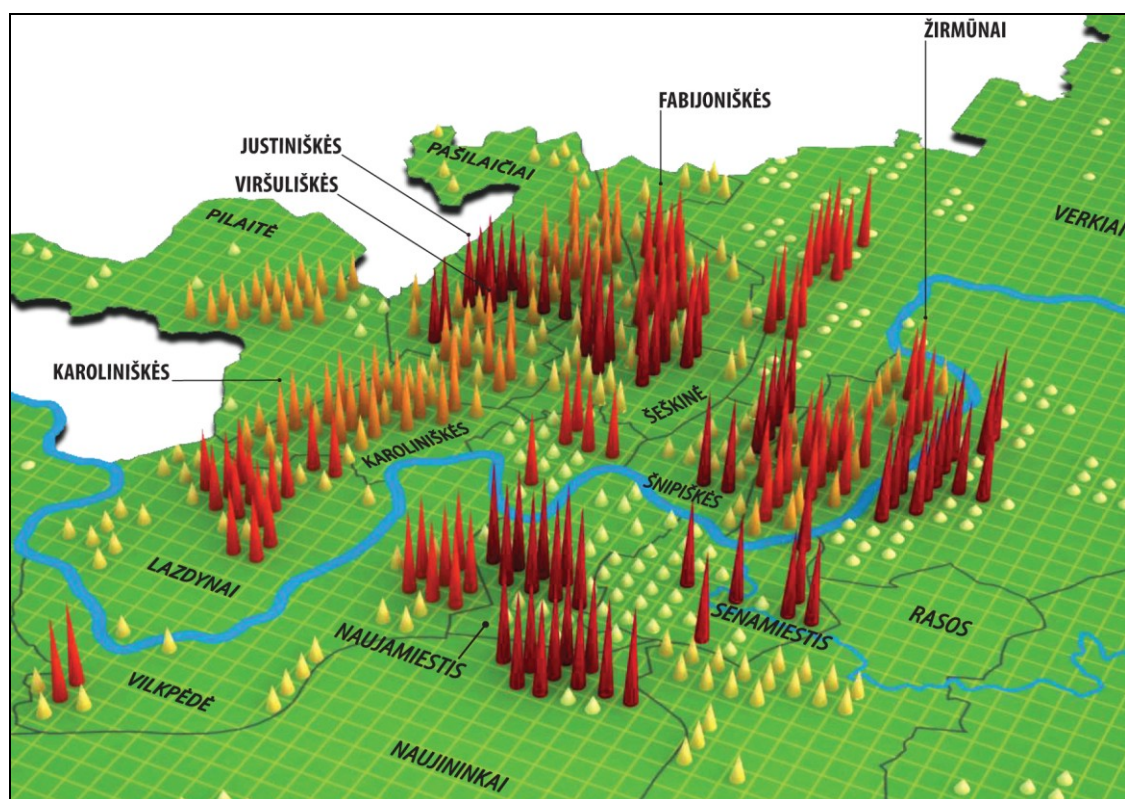
10 pav. Trimačio Vilniaus miesto gyventojų skaičiaus ir tankumo žemėlapių fragmentas. Pilną žemėlapi žiūrėti Priede Nr.2 (sudarė: V.Alekna).

Fig. 10 Three-dimensional city of Vilnius population and density map fragment. Full map view on att. No.2.

Kadangi naudojant įprastą tankumo rodiklį kuomet visas gyventojų skaičius dalinamas iš teritorijos ploto gaunamas skaičius neatspindi konkrečių gyventojų koncentracijos lokalizacijų. Tuo galima įsitikinti panagrinėjus žemėlapių makete pateikiamas statistines lenteles (Priedas Nr.1, 2) kuriose galima palyginti įprastą gyventojų tankumo rodiklį su tankumu įvertinus tik apgyvendintas seniūnijų dalis. Pavyzdžiui, tankiausiai apgyvendinta Vilniaus miesto seniūnija yra Justiniškės. Pirmuoju atveju gaunamas gyventojų tankumas viename kvadratiname kilometre yra 10 406 gyventojai, o įvertinus tik seniūnijos gyvenamaisiais namais apstatytą plotą gaunamas 15 610 gyventojų 1 km^2 . Autoriaus nuomone tai atspindi realesnę gyventojų tankį.

Žemėlapyje panaudoti struktūriniai geometriniai ženklai – stulpeliai. Gyventojų kartografavimui tai tinka dėl stačiakampio formos asociatyvumo su gyvenamaisiais daugiaaukščiais pastatais. Stulpelio aukštis reiškiantis gyventojų skaičių 0,1 km² gardelėje suskirstytas į intervalus vidutiniškai kas 400 gyventojų, kur 1 mm atstoja 100 gyventojų. Į didžiausią intervalą (2000 – 2500 gyv./ 0,1 km²) patenka septynios seniūnijos: Antakalnio, Naujamiesčio, Naujininkų, N.Vilnios, Senamiesčio, Šeškinės ir Šnipiškių. Šiose seniūnijose gyventojų koncentracija tam tikroje teritorijoje (gyvenamųjų kvartalų) yra didžiausia. Tą nesunkiai galima pamatyti vien tik pažvelgus į trimatį žemėlapi (Priedas Nr.2).

Kitam to paties rodiklio grafiniam variantui sukurti buvo panaudota kūgio geometrinė figūra (11 pav.). Naudojant šią figūrą galima perteikti du rodiklius – per spalvų skalę ir aukštį, tačiau dėl



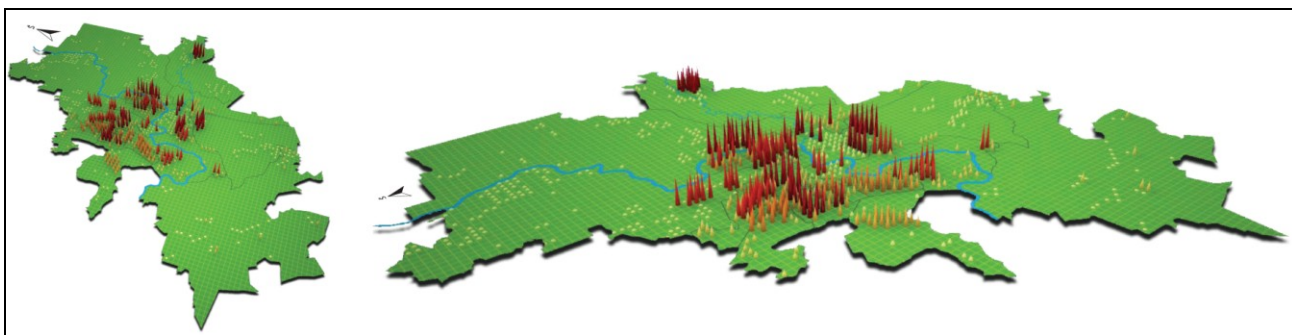
11 pav. Trimačio Vilniaus miesto gyventojų skaičiaus žemėlapiio fragmentas. Pilną žemėlapi žiūrėti Priede Nr.1 (sudarė: V.Alekna).

Fig. 11. Three-dimensional city of Vilnius popuation map fragment. Full map view on att. No.1.

demonstracinės žemėlapių paskirties ir aukštis ir spalvų skalė perteikia vieną rodiklį – gyventojų skaičių $0,1 \text{ km}^2$ gardelėje (teritorijoje). O geometrinių figūrų išsidėstymas, kaip ir naudojant stulpelius, rodo gyventojų tankį.

Naudojant kūgio figūrą ir perteikiant tik vieną rodiklį – gyventojų skaičių, atsiranda daugiau tuščios erdvės. Žemėlapis tampa vaizdesnis ir lengviau skaitomas. Nors didžiausiose gyventojų koncentracijos plotuose ne visada iš pirmo žvilgsnio įmanoma įvertinti figūros aukštį, tačiau tai atsveria spalvų skalės panaudojimas. Žemėlapyje nesunku aiškiai matyti didžiausio gyventojų tankumo seniūnijas bei pačias seniūnijų ribas. Norint gauti tikslią informaciją apie gyventojų skaičių vienoje gardelėje pakanka su liniuote išmatuoti geometrinės figūros aukštį (Priedas Nr. 1).

Perspektyvinio vaizdo trūkumas – erdviniai ženklai gali užstoti už jų esančius mažesnius ženklus, ypač aukščiau aptartame erdvinių stulpelių variante. Problemą išspręsti padeda to paties žemėlapių orientavimas įvairiomis pasaulio šalių kryptimis (12 pav.). Tokiu būdu žemėlapyje galima matyti visus simbolius ir jų reikšmes, tačiau būtina nurodyti abiejų segmentų orientaciją ir jų mastelį. Žinoma panaudoti trimatį žemėlapių tiksliais kartometriniams tyrimams sunkiai pavyks, tačiau vaizdumo, informatyvumo bei tendencijų nustatymo galimybės labai didelės.



12 pav. Perspektivityvio vaizdo pateikimas įvairiomis orientacijomis.

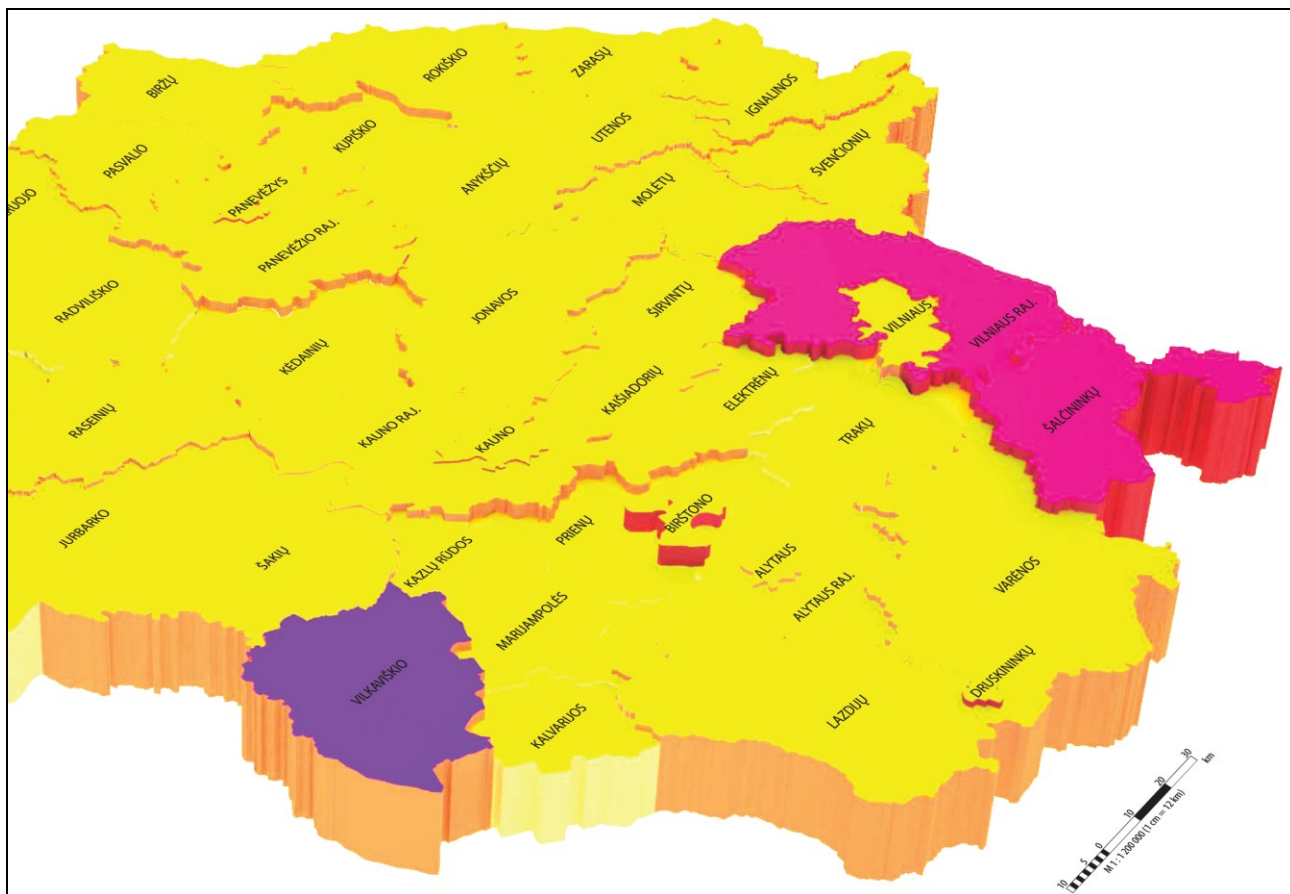
Fig. 12. Perspective cartographic view presentation by the various orientations.

Šiuose Vilniaus gyventojų skaičiaus ir tankumo žemėlapiuose yra likę neišnaudotos kelios kartografinių metodų galimybės. Tai kokybinio arba kiekybinio fono metodas, kur teritorijos kartografinis pagrindas dar gali talpinti keletą rodiklių. Šiuo atveju žalia teritorijos kartografinio pagrindo spalva neturi reikšmės ir naudojama kaip asociacija su neapgyvendintais plotais: miškais, parkais ar pramoniniais rajonais. Sudarant perspektyvinius modelius yra galimybė kombinuoti įvairius trimačius ir planinius kartografavimo būdus. Jeigu teritorijos kartografinis pagrindas vaizduotų tolydų reljefo paviršių toks žemėlapis taptų patrauklus ne vien informacijos vaizdumo, tačiau ir mokslinė prasme. Atsirastų galimybė analizuoti gyventojų skaičiaus teritorinės sklaidos ir vietovės aukščio priklausomybę.

Aptarti socialinių rodiklių trimačiai žemėlapiai autoriaus nuomone vertinami kaip pakankamai tiksliai perteikiantys kartografuojamus rodiklius. Tuo tarpu sukurtas Lietuvos prezidento rinkimų žemėlapis turi nemažai trūkumų ir darbe naudojamas kaip pavyzdys galimoms klaidoms parodyti (13 pav.). Šiam trimačiam žemėlapiui pasirinktas savivaldybių teritorijų išryškinimo būdas ir perteikiami du rodikliai: daugiausiai balsų savivaldybėje surinkęs kandidatas (kokybinis fonas) ir rinkėjų aktyvumas (aukštis). Naudojant absoliučius rinkimų rezultatų duomenis, kurie yra labai panašūs visoms savivaldybėms, gaunamas sunkiai skaitomas kartografinis modelis. Tai akivaizdi iliustracija to, kaip reikia įvertinti teminius duomenis prieš kuriant patį žemėlapi.

Didžiausia klaida – tai netinkamas pradinių duomenų įvertinimas. Dėl to vėliau sekė netinkamas aukščio skalės laipto parinkimas. Naudojant absoliučius duomenis (rinkėjų aktyvumo procentas prilyginamas savivaldybės teritorijos išryškinimo aukščiui milimetrais) skirtumai tarp savivaldybių rodiklių yra per maži, kad trečioji dimensija (aukštis) gebėtų aiškiai perteikti esamus skirtumus. Taip pat yra uždengiamos mažesnės savivaldybės, pavyzdžiui Visagino. Šiuo atveju geriau tiktų lokalizuotų diagramų metodas kiekvienai savivaldybei. Kokybinio fono metodu pateikti daugiausiai balsų gavusio kandidato rezultatai nesudaro tokio informatyvumo efekto kokio tikimasi

iš trimačio modelio. Aukščio suteikimas besiliečiančoms geometrinėms figūroms ar, šiuo atveju administraciniams vienetams, nėra tikslingas kuomet kiekybiniai rodikliai skiriasi nežymiai.



13 pav. LR 2009 metų Prezidento rinkimų žemėlapis. Pilną žemėlapi žiūrėti Priede Nr.3 (sudarė: V.Alekna).

Fig. 13. Three-dimensional Lithuania elections of President map fragment. Full map view on att. No.3.

Apibendrinat galima teigti, kad tokio pobūdžio duomenys nėra tinkami atvaizdavimui trimatėje erdvėje arba pasirinkti netinkami metodai. Visa tai yra kartografo kompetencijos klausimas. Parinkus kitus kriterijus – santykinis dydžius, kurie labiau išreikštų skirtumus tarp atskirų savivaldybių duomenų leistų gauti didesnę vaizdo informatyvumą. Šiame rinkimų

žemėlapyje yra netinkamai įvertinti pradiniai duomenys, ko pasekoje buvo pasirinktas netinkamas kartografinio vaizdo sudarymo metodas.

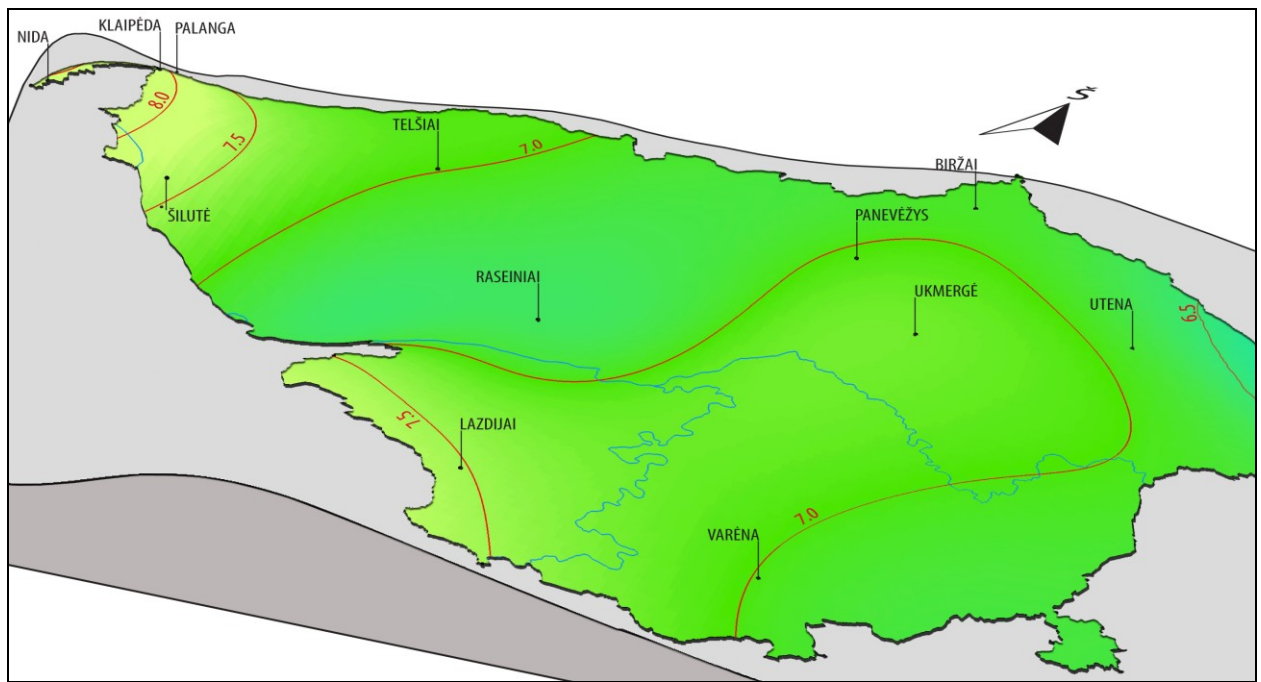
5.2 Tolydiniai paviršiai

Tolydžių arba kontinualių reiškinių kartografinis vaizdavimas yra daug senesnis ir plačiau naudojamas trimatėje erdvėje nei aptarti socialinių rodiklių žemėlapiai. Pirmiausia, tai tinkamiausias būdas trimatiškai pavaizduoti Žemės paviršiaus nelygumus (4 pav.). Būtent reljefo perteikimo tikslui ir buvo sukurtos pagrindinės šiandien naudojamos programinės įrangos.

Realybėje tikrasis kontinualus (angl. *continual* – ištisinis, nuolatinis, tolydus, be trūkių) paviršius gali būti tik reljefas. Žemės paviršius kiekviename taške turi konkrečią skirtingą aukščio reikšmę. Tačiau labai įdomu tokį būdą pritaikyti ir kitiems žmones supantiems reiškiniams kartografuoti. Sritys, kuriose interpoliuoti duomenys gali būti pritaikyti tolydiems paviršiams sukurti yra klimato rodiklių, geologinių sluoksnių, gyventojų skaičiaus vaizdavimas. Šios ir kitos sritys kontinualių paviršiumi atvaizduojamos tik interpoliavus duomenis. Tai reiškia, jog informacija yra apibendrinta ir skirta tik vizualiam suvokimui. Planinėje kartografijoje tolydumas nuo seno yra perteikiamas izolinijų metodu. Šis būdas taip pat yra interpoliavimo rezultatas, tačiau jis daug tikslesnis, leidžiantis atlikti kartometrinius matavimus. Tuo tarpu trimatė erdvė suteikia informacijos gavimo operatyvumą (suvokimo apie kartografuojamą reiškinį).

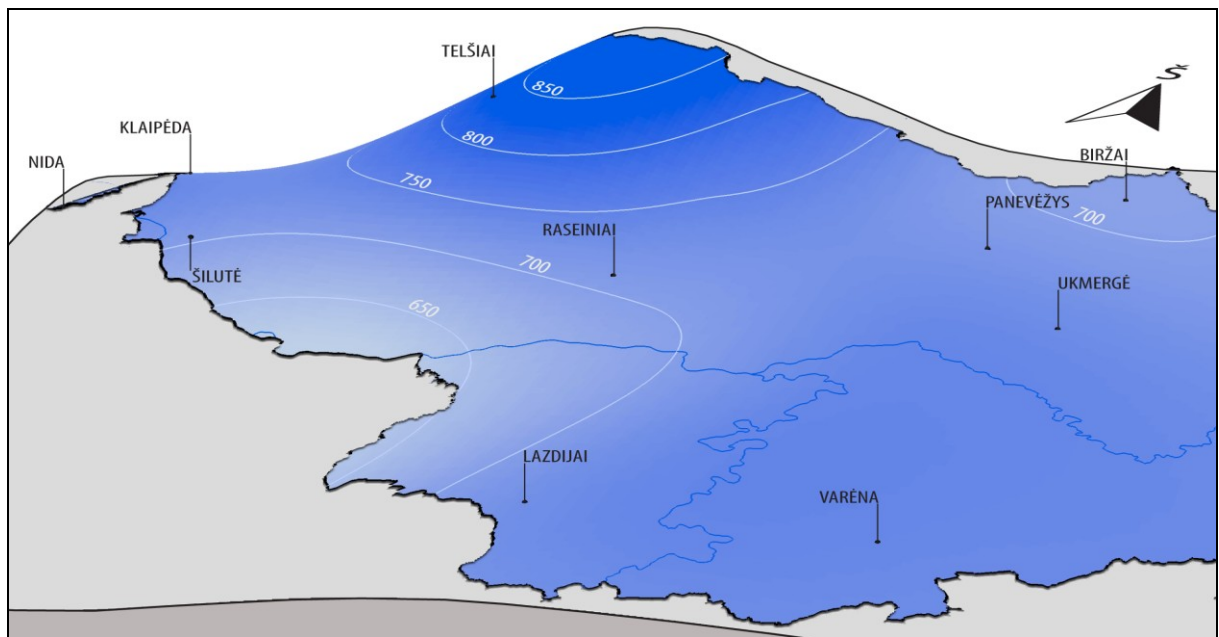
Šiame darbe sukurtiems Lietuvos klimatinių rodiklių (metinis kritulių kiekis ir vidutinė metinė oro temperatūra) žemėlapiams panaudotas trimatis tolydus paviršius derinant jį su izolinijomis (14, 15 pav).

Kaip ir bet kokiame kartografiniame kūrinyje galutinis rezultatas prikaluso nuo turimų duomenų tikslumo. Klimatinių rodiklių vaizdavimui panaudota 14 Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos stočių duomenys.



14 pav. Lietuvos vidutinės metinės temperatūros trimatis žemėlapis. Pilną žemėlapi žiūrėti Priede Nr.4 (sudarė: V.Alekna).

Fig. 14. Lithuania average annual temperature map fragment. Full map view on att. No.4.



15 pav. Lietuvos metinio kritulių kiekio žemėlapis. Pilną žemėlapi žiūrėti Priede Nr.4 (sudarė: V.Alekna).

Fig. 15. Lithuania annual rainfall map fragment. Full map view on att. No.4.

Tai yra kiek daugiau negu pusės visų Lietuvos hidrometeorologinių stočių skaičius. Visų taškų su duomenimis nėra daug, turint omenyje visą Lietuvos teritoriją. Vidutinės metinės temperatūros kartografavimo atveju temperatūros skirtumai nėra labai grafiškai raiškūs, t.y. metinės temperatūros amplitudė siekia 2°C. Panašiai kaip rinkimų žemėlapyje, vaizdo efektyvumui pagerinti gali būti keičiamas vertikalus mastelis ir nesilaikoma absoliučių duomenų reikšmių. Kita vertus, įvedant santykinus dydžius lengvai galima sukurti netikrumo išpūdį, kartografuojamas reiškinys gali klaidinti vartotoją su perdėtai išaugusiomis reikšmėmis. Tai pasakytina apie daugelį Lietuvos teritorijoje stebimų reiškinų pradedant reljefo nelygumų skirtumais (didžiausia reikšmė nesiekia 300 metrų) ir baigiant gyventojų skaičiumi, kur vienintelis salyginai didelis pikas būtų tik Vilniaus miesto teritorijoje. Būtent todėl trimačiai kontinualių reiškinų kartografiniai modeliai labiau populiarūs kalnuotose valstybėse (Šveicarija, Slovėnija, JAV), kur galima gauti išraiškingus kartografinius vaizdus (reljefo kartografavimo atveju).

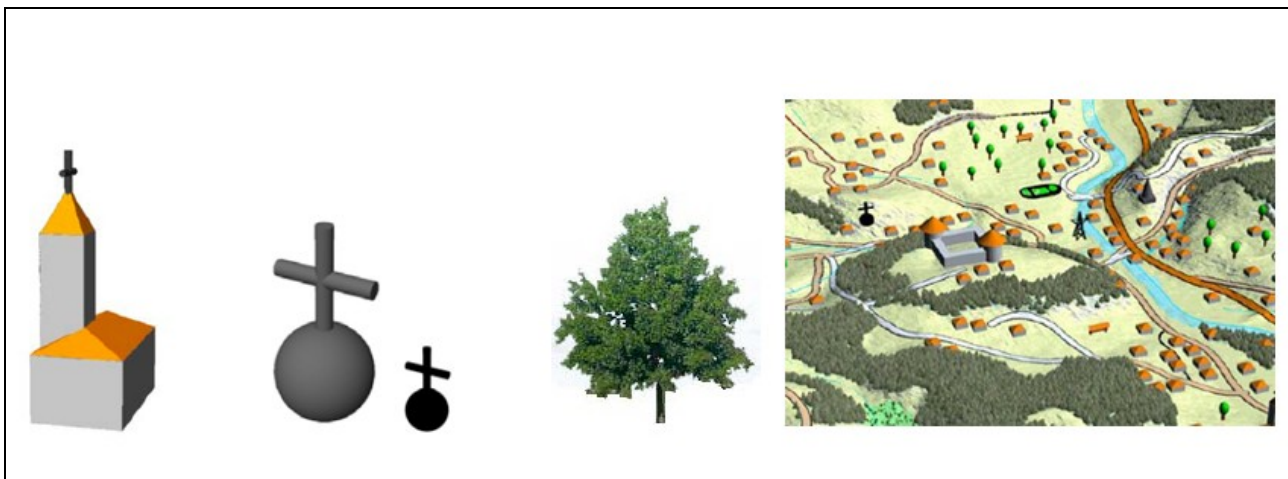
Kartografuojant metinį kritulių kiekį skirtumai tarp kartografuojamų duomenų siekia 200 mm ir tai leidžia perteikti akivaizdesnius skirtumus Lietuvos teritorijai (15 pav.).

Informacijos talpumo prasme abu kontinualių paviršių žemėlapiai nėra pilnai išnaudoti. Vaizdumo dėlei vienam rodikliui naudojami du metodai – trečioji dimensija ir spalva. Jeigu būtų labiau išreikšti kartografuojamų rodiklių skirtumai vienu metodu, taptų prasminga rodyti antrąjį rodiklį kitu metodu. Taikant trimatį vaizdo pateikimą viskas priklauso nuo kartografuojamų duomenų ir kartografo įžvalgumo pasirenkant tinkamiausius kartografavimo būdus.

5.3 Fotorealistiniai ženklai

Tai vaizdus tikroviškų objektų vaizdo pateikimas, dažniausiai naudojamas kartu su tolydžiais paviršiais arba kaip papildoma vaizdumo priemonė santykiniuose ir hipotetiniuose struktūriniuose paviršiuose. Galutinis vaizdas – kombinuota realaus objekto fonuotruka su generalizuotu animuotu simboliu (16 pav.).

Realistinių simbolių naudojimas ypač sustiprina kartografuojamos teritorijos tikroviško vaizdo išpūdį, kuris lemia geresnį bei greitesnį teritorijos suvokimą bei pažinimą. Būtina priminti, kad šie ženklai naudojami vien tik pavieniams diskretiems objektams vaizduoti.



16 pav. Realistinių simbolių naudojimas trimačiuose žemėlapiuose (Petrovič, 2003).

Fig 16. Usage of realistic cartographic symbols in 3D maps.

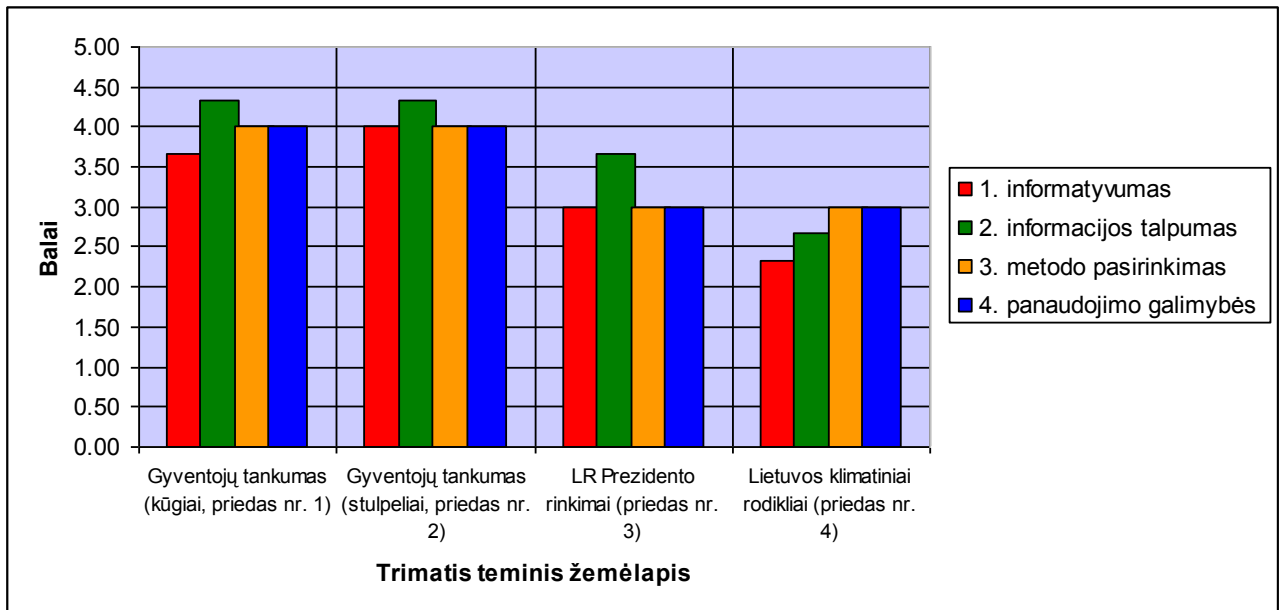
6. APKLAUSOS REZULTATAI

Vykdyta trimačio kartografinio vaizdo suvokimo apklausa apėmė tikslinę respondentų grupę, kurią sudarė teminių sričių specialistai bei kartografijos profesionalai. Gauti rezultatai leidžia daryti tam tikras apibendrinančias išvadas. Anketa (Priedas Nr. 5) elektroniniu paštu buvo išsiųsta dvylikai respondentų.

Anketą sudarė keturi prašomi įvertinti trimačio žemėlapių kriterijai, kurie įvertinami nuo 1 iki 5 balų. Taip pat respondentų buvo prašoma įrašyti savo komentarą prie kiekvieno iš trimačių žemėlapių. Pagrindinis apklausos tikslas – remiantis atitinkamų teminių sričių bei kartografijos profesionalų pateiktais atsakymais ir komentarais išanalizuoti sukurta trimatį kartografinį vaizdą. Vaizdas analizuotas informatyvumo (1 – labai mažas, 5 – labai didelis), informacijos talpumo (1 – labai mažas, 5 – labai didelis), kartografinio vaizdavimo metodo pasirinkimo (1 – visiškai netinkamas, 5 – labai tinkamas), panaudojimo galimybių (1 – nepanaudojamas, 5 – labai daug galimybių) aspektais, lyginant trimačius vaizdus su respondentams gerai žinomais atitinkamos temos planiniais vaizdais. Autorius nepateikia dvimačių kartografinių vaizdų pavyzdžių siekiant išvengti subjektyvaus, primesto palyginimo išskyrus to paties trimačio modelio planinį vaizdą. Anketos atsakymų reprezentatyvumas nebuvo labai aukštas: iš 12 išsiųstų anketų sulaukta 9 atsakymų.

Išanalizavę diagramą, rodančią apklausos rezultatus balų vidurkiais, galime teigti, jog didelių nuomonių nesutapimų išvengta (17 pav.).

Visi respondentai išvelgė tų pačių trimačių teminių žemėlapių privalumus ir trūkumus. Pagal visų kriterijų balų vidurkį aukščiausioje vietoje atsidūrė Vilniaus gyventojų tankumo žemėlapis, kuriame panaudoti asociatyvūs į gyvenamuosius pastatus simboliai – tūriniai stačiakampiai (4,08 balo).



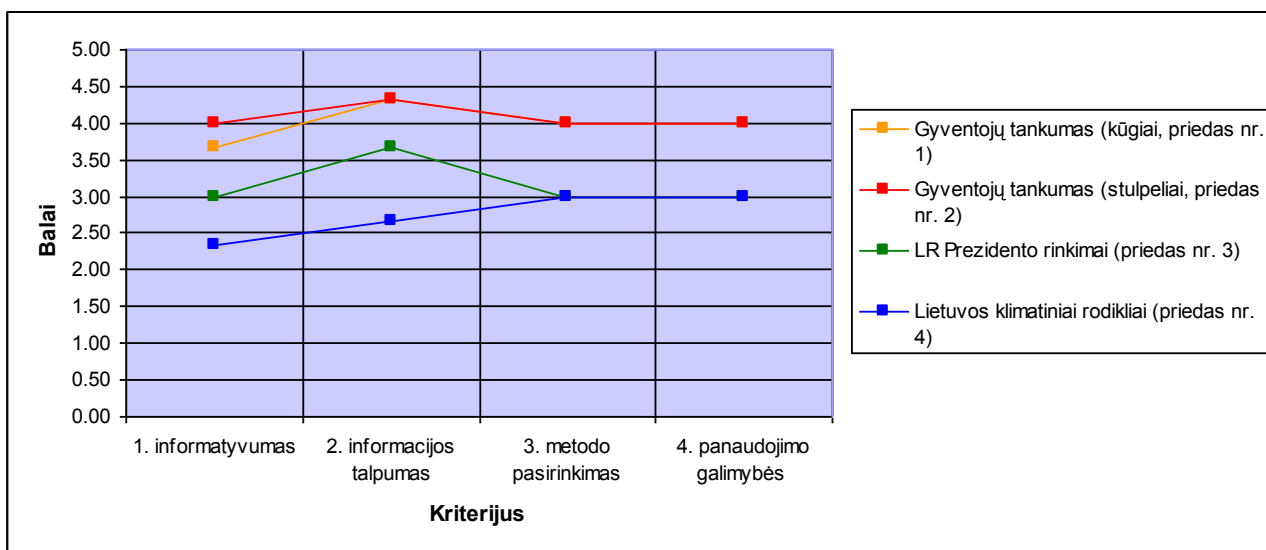
17 pav. Apklauso rezultatai pagal trimačių žemėlapių visų kriterijų balų vidurkius.

Fig. 17. Poll results by 3D maps all criteria scores averages.

Toliau sekė Vilniaus gyventojų tankumas kartografuotas panaudojant kūgio geometrinės figūras (4,00 balo). Prasčiausiai „pasirodę“ trimačiai kartografiniai vaizdai liko LR Prezidento rinkimų (3,17 balo) ir klimatinių rodiklių (2,75 balo) žemėlapių. Verta pabrėžti, kad nė vienas kriterijus nė viename žemėlapyje negavo didžiausio arba mažiausio balo.

Analizuojant trimačius žemėlapius pagal atskirų kriterijų apklauso rezultatus (18 pav.) aiškiai matyti dviejų informatyviausių žemėlapių – Vilniaus gyventojų tankumas – atsiskyrimą. Pasak respondentų informatyviausias kartografinis vaizdas yra rodomas per stulpelius (4,00 balai). Tai sutampa su ankstesne išvada, kad rodant daugiau kartografuojamų rodiklių vaizdas yra informatyvesnis. Stulpeliai perteikia du rodiklius, gyventojų skaičių (sienulių spalva bei aukštis) ir apgyvendinimo laipsnį (stulpelių viršūnių spalva). Tuo tarpu rodant gyventojų skaičių kūgiais informatyvumo balų vidurkis siekia 3,67. Informacijos talpumo kriterijaus balas abiem tankumo žemėlapiams yra vienodas – 4,33, nors kūgiais yra perteikiama tik vienas rodiklis – gyventojų skaičius. Galima teigti, jog perteikiant rodiklius per struktūrines lokalizuotas diagramas, išreikštas

įvairiomis geometrinėmis figūromis, gaunamas informatyvus kartografinis vaizdas. Žiūrint į Prezidento rinkimų žemėlapi, kurį autorius pateikia kaip klaidų pavyzdį, matyti, jog informatyvumo balas gana žemas – 3,00, už jį dar žemesnis balas (2,33) teko klimatinių rodiklių žemėlapiui, kuris perteikiamas per tolydų paviršių. Tačiau rinkimų žemėlapio informacijos talpumo potencialą respondentai įvertino 3,67 balu. Tai leidžia manyti, jog išvengus ankstesniame skyriuje įvardintų klaidų, toks duomenų pateikimo būdas būtų vertinamas palankiai. Administracinių vienetų – savivaldybių – teritorijoms suteikus optimalų aukščio laiptą, o taip pat pritaikius kitus kartografavimo metodus (štrichai, fotorealistiniai ženklai), autoriaus nuomone, rinkimų žemėlapis būtų įvertintas aukštesniais balais.



18 pav. Apklauso rezultatai pagal trimačius žemėlapius.

Fig. 18. Poll results by 3D maps.

Klimatinių rodiklių žemėlapio informacijos talpumas taip pat pats mažiausias – 2,67. Tai veikiausiai lėmė, jog įprastai panašaus pobūdžio klimatiniai rodikliai yra vizualizuojami paprastomis diagramomis ir šiems duomenims reikalingas perteikimas laike. Vienų metų duomenys yra mažai

vertingi. Kartografiškai išreikšti duomenų dinamiką laike (pamečiui) nėra lengvas uždavinys. Galimas variantas naudoti keletą tolydaus paviršiaus sluoksnių, kur vienas sluoksnis atstotų vienerius metus. Tačiau ir tokiu atveju sluoksnių persidengimas mažintų informatyvumą. Klimatiniams rodikliams taip pat geriausiai tiktų naudoti lokalizuotas diagramas, o per tolydų paviršių, pavyzdžiui, perteikti kartografuojamos teritorijos reljefą. Kadangi reljefo ir klimatiniai rodikliai labai tarpiai susiję ir tai reikia įvertinti analizuojant klimato temos žemėlapius.

Metodo pasirinkimo bei panaudojimo galimybių kriterijų apklausos rezultatai yra gana aiškūs. Vilniaus gyventojų tankumo žemėlapiai įvertinti 4,00 balų vidurkiu. Tuo tarpu Prezidento rinkimų bei klimatinių rodiklių kartografiniai vaizdai gavo 3,00 balų vidurkius.

Gyventojų tankumo žemėlapiai metodo pasirinkimo aspektu įvertinti geriausiai dėl minėtų priežasčių – struktūrinės lokalizuotos diagramos pakankamai išsamiai perduoda informaciją. Taip pat šis metodas leidžia sutalpinti visus temai atskleisti reikalingus rodiklius. Panaudojimo galimybės šiais konkrečiais atvejais (Vilniaus gyventojų tankumo trimačiuose žemėlapiuose) vieningai įvertintos kaip demonstracinės mokslo populiarinimo ir visuomenės informavimo priemonė – žiniasklaidoje. Tuo pačiu autorius pridėtų, jog trimačiai žemėlapiai turėtų būti naudojami kaip demonstraciniai ir kartografijos galimybių populiarinimo leidiniuose.

Prezidento rinkimų modelio vaizdavimo metodas susilaukė kritikos dėl jau įvardintų kartografinių klaidų, nors informacijos talpumo aspektu pasak apklaustųjų yra galimybė perteikti daug daugiau kartografinės informacijos. Šio konkretaus modelio atveju panaudojimo galimybės apsiribojo tik pažintine, įdomesne demonstracija, tačiau mokslo populiarinimo leidiniuose respondentai pasisakė už įprastą planinį žemėlapi, kuris būtų daug informatyvesnis. Iš to galima spręsti, jog trimačiai žemėlapiai stipriai konkuruoja su planiniais žemėlapiais ir norint sudominti vartotoją šiuo metu dar neįprastu trimačiu kartografiniu vaizdu kartografui privaloma būti itin kūrybingu ir pasitelkti visas informacijos vizualizavimo (infografikos) galimybes.

Klimatinių rodiklių trimačio tolydaus paviršiaus kartografinis metodas šiuo konkrečiu atveju respondentams nepaliko didelio įspūdžio, bet tai yra tik dėl to, kad pateikta per pažai teminės informacijos. Žemėlapis yra per tuščias, nepakanka vien tik tolydaus paviršiaus. Tuo labiau, kad paviršius rodo tik apibendrintą (interpoliuotą) informaciją. Reikalinga suteikti žemėlapiui daugiau svorio – daugiau informacijos derinant įvairius trimačio kartografavimo metodus.

Taip pat buvo išsakyta nuomonė, jog tolydus paviršius negali baigtis ties administracinėmis ribomis, šiuo atveju – valstybės siena. Jeigu, informacija už valstybės sienos neberodoma toks metodas klimatiniais rodikliais rodyti netinkamas. Autorius nenori sutikti su tokia nuomone, nes kartografuojant bet kokią teritoriją būtina pasirinkti tam tikras kartografinio vaizdo ribas. Žinoma klimatiniai rodikliai nepaiso administracinių ribų, tačiau vartotoją domina tik ta informacija, kuri yra jam rūpimoje kartografuojamoje teritorijoje.

Daug platesnių komentarų buvo sulaukta dėl klimatinių rodiklių tolydaus paviršiaus panaudojimo galimybių. Žiūrint vien tik į šiam darbui sukurtą kartografinį vaizdą, panaudojimo galimybės gana menkos. Tačiau temos specialistų nuomone kombinuojant įvairius kartografavimo metodus bei perteikiant daugiau teminių duomenų galimybės yra daug platesnės net už pakankamai aukštai įvertintus Vilniaus gyventojų tankumo žemėlapius. Pasak respondentų šiuo metu panašaus klimatinio pobūdžio statistinė informacija yra ypač populiari plačiojoje visuomenėje, todėl informatyvus kartografinis vizualizavimas tikrai turi dideles perspektyvas.

REZULTATAI IR IŠVADOS

1. Trimatis kartografavimas yra palyginti jauna kartografijos kryptis, kurios vystymąsi XX a. 8 – 9 dešimtmetyje paskatino *GIS* ir *CAD* programinių įrangų atsiradimas. Galima išskirti tik *ArcGIS*, *AutoCAD* bei keletą kitų kompiuterinių programų (*Surfer*), kurios naudojamos trimatėje kartografijoje. Šalia jų būtinos ir papildomos grafinės 3D aplinkos programos, kuriomis vykdomas vizualizavimas.
2. Trimatis žemėlapis apibūdinamas kaip kompiuterinis, matematiškai apibrėžtas, trijų dimensijų tolydus, fotorealistinis arba santykinis – hipotetinis realių pasaulio objektų ar reiškinių paviršiaus kartografinis vaizdas, kuriame vizualizavimas vykdomas atsižvelgiant tik į galutinio rezultato tikslus (priklauso teminių žemėlapių grupei).
3. Trimačio kartografinio vaizdo ir trimačių kartografinių ženklų kūrimas reikalauja ypatingos pradinių duomenų analizės. Trečios dimensijos įvedimas suteikia daugiau galimybių temos kartografavime, bet ir daugiau galimybių suklysti sudarant įvairius ženklų sistemos intervalus ar kitus legendos parametrus.
4. Trimačiai struktūriniai kartografiniai ženklai yra informaciškai talpesni – geba sutalpinti iki 6 – 7 kartografuojamų rodiklių, tai yra bent vienu rodikliu daugiau nei planinis kartografinis ženklas (kartografinis metodas). Tolydžiam paviršiuje aukštis taip pat atstoja vieną iš kartografuojamų rodiklių.
5. Santykinių ir hipotetinių paviršių struktūriniai ženklai tinkamiausi objektams ir reiškiniams, kuriuos galima apskaičiuoti konkrečiam teritoriniam vienetui atvaizduoti (soc. reiškiniams). Tačiau didelio intesyvumo teritorijoje neįmanoma panaudoti tokių geometrinių ženklų, kurie talpina 4 ir daugiau rodiklius.

6. Trimačių kartografinių ženklų tyrimo bei apklausos metu nustatyta, kad informatyvumas tiesiogiai siejasi su grafinio metodo pasirinkimu ir kartografuojamų rodiklių kiekiu.
7. Specialistų apklausos metu nustatyta, kad informatyviausi bei daugiausiai informacijos talpinantys trimačiai kartografiniai vaizdai yra tie, kuriuose naudojami struktūriniai hipotetinių paviršių simboliai – erdvinės geometrinės figūros. Tai patvirtina ir trimačių kartografinių ženklų tyrimas. Tuo tarpu vien tik tolydaus paviršiaus kartografinis vaizdas informatyvumu nepasižymi. Tokį vaizdą būtina kombinuoti su įvairiais struktūriniais ar fotorealistiniais trimačiais ženklais.
8. Didžiausias trimačio kartografinio vaizdo privalumas yra jo informatyvumas ir vaizdumas, leidžiantis tokius žemėlapius naudoti demonstracijos ir mokslo populiarinimo tikslams. Kita vertus, trimačio žemėlapių trūkumas yra perspektyvinis vaizdas, kuriame perteikti tikslią ir išsamią informaciją reikalingi intuityvūs kartografo grafiniai sprendimai.

LITERATŪRA

1. Alekna V. (2010). *Dvimatis ir trimatis reljefo kartografinis vaizdas*. Metinis mokslinis pranešimas, VU GMF Kartografijos centras.
2. Balvočienė T., Butkienė A. (2000). *Kompiuterinis modeliavimas*. Mokykla, Nr. 4, 2000, 7–10.
3. Bandrova T. (2010 a). *Bulgarian cartography: from paper to virtual reality*. Material of 3rd international conference on cartography and GIS, Nassebar, Bulgaria.
4. Bandrova T. (2010 b). *Designing of symbol system for 3D city maps*. University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Department of Photogrammetry and Cartography, Sofia, Bulgaria.
5. Baurėnas A. (1998). Reljefo automatizuoto kartografavimo galimybės. *Geografijos metraštis 33*: 391:397.
6. Chomskis V. (1979). *Kartografija*. Monografija, Vilnius.
7. Česnulevičius A. (2009). *Kartologija*. VU, kartografijos studijų programa.
8. Čiupaila L. (2007). *Taikomosios grafikos technologijos. I dalis. Bendrosios informacinės grafikos modeliai, valdymas, algoritmai ir programos*. Mokomoji knyga. VGTU leidykla Technika, Vilnius.
9. Dumbliauskienė M. (2002). *Kartografinės komunikacijos pagrindai*. Mokomoji knyga. Vilnius: VU.
10. Gibson D. (2009). *The wayfinding handbook. Information design for public places*. Princeton Architectural Press, New York.
11. Haerberling Ch. (2004). *Cartographic design principles for 3D maps – a contribution to cartographic theory*. Zuerich (Switzerland): Institute of Cartography.

12. Imhof E. (2007). *Cartographic relief presentation*. Redlands (California): ESRI press.
13. Kardelis K. (2002). *Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai*. Kaunas: Judex.
14. Kavaliauskas P., Dumbliauskienė M. (2009). *Teisinio socialinio lauko įtampos teritorinė raiška Lietuvoje*. *Annales Geographicae* 42(1-2).
15. Kettunen P., Sarjakoski T., Sarjakoski L., Oksanen J. (2009). *Cartographic means for the 3D visualisation of rural landscape*. Masala (Finland): Finnish Geodetic Institute, Department of Geoinformatics and Cartography.
16. Kumetaitienė A., Stanionis A. (2010). *Skaitmeninių žemėlapių sudarymas ir duomenų apdorojimas*. Mokomoji knyga. VGTU leidykla Technika, Vilnius.
17. Makovskaja T. (2008). *Požemių 3D duomenų modelio komunikacijų vizualizacija*. Baigiamasis magistro darbas. VGTU, Vilnius.
18. Mašera P. (2004). *Analysis of user's response on 3D cartographic presentation's design*. *Diploma thesis*, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
19. Petrovič D. (2002). *Three-dimensional mountain map*. Ljubljana: Geodetic Institute of Slovenia.
20. Petrovič D. (2003). *Cartographic design in 3D maps*. Ljubljana: Geodetic Institute of Slovenia.
21. Pieviškis A. (2005). *Trimačio kartografinio vaizdo kompiuterinio modeliavimo galimybių tyrimas*. Magistro darbas, VU GMF Kartografijos centras.
22. *Vilniaus miesto savivaldybės gyventojai ir būstai*. Vilnius, 2004: Lietuvos Statistikos departamentas.

Internetas:

1. 2009 m. gegužės 17 d. Prezidento rinkimų balsavimo rezultatai.
http://www.vrk.lt/2009_prezidento_rinkimai/output_lt/rinkimu_diena/index.html
2. ArcGIS kompanijos internetinis puslapis.
<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//00q8000000mw000000.htm>
3. Austrija gyventojų skaičius trimatis modelis.
<http://www.networlddirectory.com/blogs/permalinks/4-2006/population-density-maps.html>
4. Autodesk kompanijos internetinis puslapis. <http://autodesk.com>
5. Beconytė G. (2004). *Duomenų bazių projektavimo pagrindai*. Mokomoji knyga, Kartografijos centras, Vilniaus universitetas.
<http://www.kc.gf.vu.lt/Paskaitos/DBVS-Teorija.htm>
6. Joe Lertola asmeninis interneto puslapis. <http://www.joelertola.com>
7. Manilos, Filipinai, kritulių kiekio trimatis kartografinis vaizdas. <http://cdn.physorg.com>
8. Teminiai trimačiai žemėlapiai. www.coroflot.com
9. Tarptautinė kartografų asociacija. <http://icaci.org/>
10. Wikipedia, laisvoji internetinė enciklopedija. <http://en.wikipedia.org/wiki/Infographics>

Priedas Nr.1

Trimatis žemėlapis „Vilnius. Gyventojų tankumas, 2001“

Priedas Nr.2

Trimatis žemėlapis „Vilnius. Gyventojų tankumas, 2001“

Priedas Nr.3

Trimatis žemėlapis „Lietuvos Respublikos prezidento rinkimai, 2009“

Priedas Nr.4

Trimačiai žemėlapiai „Vidutinė metinė oro temperatūra, 2009“ ir „Metinis kritulių kiekis, 2009“

TRIMAČIO KARTOGRAFINIO VAIZDO INFORMATYVUMO GALIMYBĖS
APKLAUSA

Darbe yra siekiama atskleisti ir įvardinti tolydinių reiškinių trimačio kartografinio vaizdo galimybes lyginant šį vaizdą su įprastu dvimačiu – planiniu kartografiniu kūriniu.

Keliama hipotezė: planinis (dvimatis) kartografinis vaizdas yra mažiau informatyvus nei trimatis.

Apklausa tikslas: remiantis atitinkamų teminių sričių bei kartografijos profesionalų pateiktais atsakymais ir komentarais išanalizuoti sukurtą trimatį kartografinį vaizdą:

- **informatyvumo** (1 – labai mažas, 5 – labai didelis),
- **informacijos talpumo** (1 – labai mažas, 5 – labai didelis),
- **kartografinio metodo pasirinkimo** (1 – visiškai netinkamas, 5 – labai tinkamas), bei
- **panaudojimo** (1 – nepanaudojamas, 5 – labai daug galimybių),

aspektais, lyginant trimačius vaizdus su respondentams gerai žinomais atitinkamos temos planiniais vaizdais. Autorius nepateikia dvimačių kartografinių vaizdų pavyzdžių siekiant išvengti subjektyvaus, primesto palyginimo išskyrus to paties trimačio modelio planinį vaizdą. Gauti atsakymai bus naudojami tik apibendrinti.

Kiekvienam žemelapiui peržiūrėti prašome pasirinkti atitinkamo pavadinimo *pdf failą.

#1 Gyventojų tankumas. Vilnius	1. informatyvumas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	2. informacijos talpumas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	3. metodo pasirinkimas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	4. panaudojimo galimybės	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	4.1 kokios? Įrašyti komentare:	
#2 Gyventojų tankumas. Vilnius	1. informatyvumas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	2. informacijos talpumas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	3. metodo pasirinkimas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	4. panaudojimo galimybės	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	4.1 kokios? Įrašyti komentare:	
#3 LR prezidento rinkimai	1. informatyvumas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	2. informacijos talpumas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	3. metodo pasirinkimas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	4. panaudojimo galimybės	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	4.1 kokios? Įrašyti komentare:	
#4 Lietuvos klimatiniai rodikliai	1. informatyvumas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	2. informacijos talpumas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	3. metodo pasirinkimas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	4. panaudojimo galimybės	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
	4.1 kokios? Įrašyti komentare:	

BAIGIAMASIS PUSLAPIS

Darbo autorius (-ė): Vilmantas Alekna
(parašas)

Mokslinis vadovas: prof. habil. dr. Algimantas Česnulevičius
(parašas)

Recenzentas: doc. dr. Artūras Baurėnas
(parašas)

Atsakingas už darbo parengimą: GMF Kartografijos centras
Kartografijos centro vedėjas:

doc. dr. Albinas Pilipaitis
(parašas)

Įvertinimas:
(balas, balas raštu)

Baigiamųjų magistro darbų gynimo
Komisijos pirmininkas

.....
(m. v., m. l., v. pavardė, parašas)

200.....m.mėn.d.
(darbo gynimo data)