
IŠ DALIES EUROPOS SOCIALINIO FONDO LĖŠOMIS FINANSUOJAMAS PROJEKTAS "LIETUVOS GEOGRAFINĖS INFORMACIJOS
VALDYTOJŲ KVALIFIKACIJOS KĖLIMAS" (NR. BPD2004-ESF-2.2.0-02-05/0143)

Valstybės tarnautojų mokymo programa
GEOGRAFINĖS INFORMACIJOS INFRASTRUKTŪROS NUOTOLINIS MOKYMAS

Mokomoji knyga
**GEODEZIJA IR KARTOGRAFIJA
GEOGRAFINĖS INFORMACIJOS
INFRASTRUKTŪROS POREIKIAMS**
GII-06

Vilnius, 2008

Mokomoji knyga „Geodezija ir kartografija geografinės informacijos infrastruktūros poreikiams“ (GII-06)

Autorius

Michael Govorov

Recenzavo ir redagavo

doc. dr. Žilvinas Stankevičius (Vilniaus Gedimino technikos universitetas)

Recenzavo

doc. dr. Aida Mačerinskienė (Vilniaus Gedimino technikos universitetas)

Iš anglų kalbos vertė ir redagavo

UAB Astraneta

Valstybės tarnautojų nuotolinio mokymo programos „Geografinės informacijos infrastruktūros nuotolinis mokymas“, patvirtintos Valstybės tarnybos departamento prie LR Vidaus reikalų ministerijos direktoriaus įsakymu „Dėl valstybės tarnautojų mokymo programų tvirtinimo“ Nr. 27V-72 (2007-04-17), mokymo kursų medžiaga parengta vykdant iš dalies Europos Sąjungos lėšomis finansuojamą projektą „Lietuvos geografinės informacijos valdytojų kvalifikacijos kėlimas“ (Nr. BPD2004-ESF-2.2.0.-02-05/0143)

Projekto vykdytojas Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos.

Projekto rangovas UAB HNIT-BALTIC, Vilniaus Gedimino technikos universitetas

© Autoriaus išimtinės turtinės teisės priklauso Nacionalinei žemės tarnybai prie Žemės ūkio ministerijos

© Autoriaus neturtinės teisės priklauso Malaspina University-College

Turinys

1	Geodezijos ir kartografijos apžvalga	4
1.1	Kartografijos ir geodezijos funkcijos EDI	5
1.2	Kas yra kartografija?	9
1.3	Geodezijos funkcijos	20
2	Gamta ir erdviųjų duomenų šaltiniai	28
2.1	Erdviųjų duomenų svarba EDI	29
2.2	Kartografinių ir erdviųjų duomenų saugojimas	31
2.3	Erdviųjų ir kartografinių duomenų rinkimo ir įvesties metodai	37
3	Antžeminiai matavimai ir padėties nustatymas.....	58
3.1	Įvadas	59
3.2	Koordinatinių sistema.....	60
3.3	Geodezija	65
3.4	Matavimų principai ir technologija	76
4	Pasaulinės vietos nustatymo sistemos.....	89
4.1	GPS pagrindai.....	90
4.2	GPS segmentai	91
4.3	Kaip GPS veikia?	93
4.4	GPS tikslumas	106
5	Žemėlapių projekcijos.....	118
5.1	Projekcinė koordinatinių sistema.....	119
5.2	Žemėlapių projekcijos	121
5.3	Žemėlapių mastelis	123
5.4	Žemėlapių projekcijų klasifikavimas	127
5.5	Kelios svarbesnės žemėlapių projekcijos.....	137
5.6	Standartinės žemėlapių koordinatinių sistemos	146
5.7	Projekcijos ir GIS programinė įranga.....	150
6	Kartografijos principai ir topografinė kartografija	156
6.1	Kai kurie kartografijos principai	157
6.2	Generalizacija	165
6.3	Topografinių žemėlapių sudarymas	176
7	Teminiai žemėlapiai	197
7.1	Teminiai žemėlapiai	198
7.2	Teminio simbolizavimo metodai	204
8	Žemėlapių projektavimas	229
8.1	Žemėlapių projektavimo procesas.....	230
8.2	Žemėlapių projektavimo principai.....	233
8.3	Žemėlapių kompozicija.....	236
8.4	Žemėlapių simbolika	240
8.5	Žemėlapių užrašai	242
8.6	Spalvos žemėlapyje	249

1 Geodezijos ir kartografijos apžvalga

Šiame modulyje apžvelgiama kartografijos ir geodezijos padėtis ir svarba kuriant erdvinių duomenų infrastruktūros (EDI) sistemą. Tai įvadinė dalis, kurioje apibrėžiama, kas yra kartografija ir geodezija, bei nagrinėjamos žemėlapių savybės, žemėlapių klasifikacija ir atlasų kartografija. Taip pat aprašomi tradicinės ir skaitmeninės kartografijos panašumai ir skirtumai, tiriamos geodezijos funkcijos EDI sistemoje.

Dalies turinys

- Kartografijos ir geodezijos funkcijos erdvinių duomenų infrastruktūroje
- Kas yra kartografija?
- Geodezijos funkcijos

1.1 Kartografijos ir geodezijos funkcijos EDI

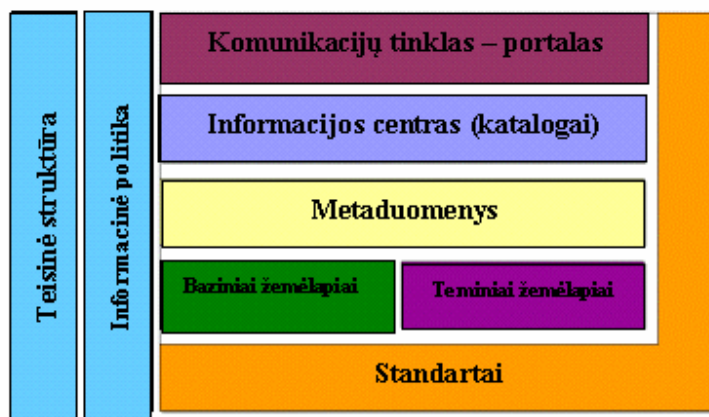
1.1.1 Nacionalinės erdvinių duomenų infrastruktūros sandara

Terminas „erdvinių duomenų infrastruktūra“ – tai technologijų, politikos ir institucinių procedūrų rinkinys, padedantis bet kuriam valdžios, prekybos sektoriaus, ne pelno siekiančių organizacijų, mokslo institucijų lygmeniui ar pavieniams tiekėjams ir naudotojams keistis erdviniais duomenimis [1].

Pagrindinis nacionalinės erdvinių duomenų infrastruktūros tikslas – padaryti geografinę arba erdvinę informaciją lengviau pasiekiamą. Šį tikslą galima pasiekti kuriant, prižiūrint ir teikiant tarpusavyje suderinamus skaitmeninius geografinius duomenis bei naudojant naujausias skaitmenines technologijas. Tokia informacija itin naudinga sprendimus priimančioms nacionalinės ir vietos valdžios pareigūnoms.

Nacionalinę EDI sudaro šios technologijos ir informacijos šaltiniai:

- geoduomenys;
- informacijos centras arba saugykla;
- metaduomenys;
- standartai;
- komunikacijų tinklas duomenims gauti, vizualizuoti ir analizuoti (pvz., portalas);
- prieigos prie duomenų politika;
- duomenų apsauga;
- bendradarbiavimas;
- vadovavimas.



Nacionalinės EDI komponentai

Apie paveikslėlyje pavaizduotus komponentus sužinosite šioje mokymo programoje. Šiame kurse sužinosite, kaip kartografija ir geodezija naudojamos EDI geoduomenims kurti. Taip pat sužinosite, kaip vizualizuoti ir paruošti erdvinis duomenis peržiūrai, pateikimui ir tyrimui.

1.1.2 Geoduomenys ir žemėlapiai erdvinių duomenų infrastruktūrai

Kartografijos ir geodezijos funkcijos EDI:

kartografinė ir geodezinė informacija yra pirminiai erdvinių duomenų infrastruktūros duomenys. Standartinės ir nestandartinės erdvinių duomenų temos (bazinio kartografinio turinio sluoksniai) vadinami esminiais arba pagrindiniais duomenimis. Tai svarbiausios nacionalinės ir pasaulio EDI [1] kūrimo sudėtinės dalys.

Topografiniai referenciniai žemėlapiai sudaro EDI **pagrindą**, pagal kurį galima kurti kitas duomenų temas ir pridėti erdvinę informaciją bei atributus.



1:10 000 mastelio Lietuvos referencinio žemėlapis pavyzdys.

Pagrindiniai duomenys gali būti klasifikuojami pagal naudojimo lygmenį ir topografines temas.

Naudojimo lygmenys:

- valstybės;
- rajono;
- vietos;
- asmeninis.

Svarbiausios topografinės temos:

- geodeziniai kontroliniai taškai;
- gyvenviečių objektai (pvz., pastatai, masyvai);
- transporto ir komunikacijų objektai (pvz., keliai, vandentakiai, vamzdynai);
- kadastras (pvz., žemės sklypai);
- žemės nauda / paviršiaus uždengtumai;
- hidrografija;

- topografija ir batimetrija (pvz., kontūrų linijos, taškai, skaitmeniniai vietovės modeliai);
- politinės ir administracinės ribos;
- ortofotografijos.

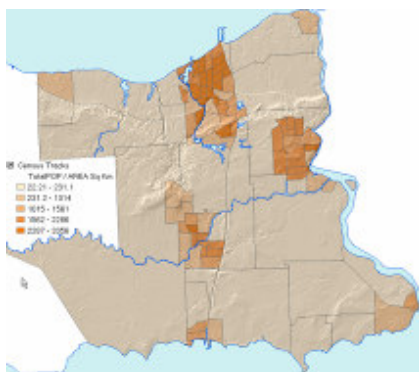


Ortofotografijos pavyzdys

Teminius duomenis galima kaupti ant topografinio pagrindo. Šiuos erdvinius duomenis gali naudoti vyriausybės pareigūnai, politiką kuriantys ir sprendimus priimančios asmenys. Šią informaciją reikia integruoti į bendrąją informacijos infrastruktūrą.

Teminiai sluoksniai gali būti:

- teminiai geoduomenys žmogaus sveikatos, klimato, biologinės įvairovės ir vandens, oro ir dirvos kokybės politikai formuoti. Jeigu šie duomenys pateikiami ant erdvinio pagrindo, jie yra itin informatyvūs;
- gyventojų pasiskirstymas ir sudėtis (amžius, lytis, užimtumas ir kt.) pagal surašymo duomenis;
- miesto ir kaimo viešojo ir privataus sektorių infrastruktūros duomenys (telekomunikacijų tinklai, vandentiekis, kanalizacija ir t. t.).



Gyventojų surašymo teminio žemėlapis pavyzdys

Dažnai pirmąsias žinias apie pasaulį gauname pažvelgę į atlasą ar žemėlapi. Žemėlapiai – pirminis geografinės informacijos šaltinis. Iš EDI duomenų sukurti (pvz., ekrane iš internetinio serverio arba atspausdinti) žemėlapiai gali padėti analizuoti erdvinius duomenis ir tirti erdvinius modelius.

Nuolat tobulinama EDI erdvinių ir neerdvinių duomenų analizė įvairiais kartografiniais metodais, tokiais kaip taškų dydžio gradavimas, taškų tankis, diagramos, kartogramos ir dazimetriniai vaizdai bei daugiamačiai ir izolinijų žemėlapiai.

Skaitmeniniai žemėlapiai ir atlasai yra kaip geografinio naršymo pultai – erdviniai duomenys ir metaduomenys lengvai pasiekiami iš EDI. Referencinius žemėlapius ir erdvinius duomenis lengva rasti internete pagal pasirinktus paieškos kriterijus.

1.2 Kas yra kartografija?

Šiame kurse aptariama tradicinė kartografija, bet atsižvelgiant į tai, kad šiandien daugelis žemėlapių gali būti kuriami taikant tokias naujas priemones kaip GIS, multimedija, vaizdų projektavimas ir internetinė žemėlapių kūrimo programinė įranga.

1.2.1 Žemėlapis ir kartografija

Žemėlapiui sukurti reikia matematiškai transformuoti tam tikrą realaus pasaulio dalį į apibendrintą, reprezentatyvų vaizdinį formatą. Toks atvaizdavimas gali būti analoginis (spausdinti žemėlapiai) ir (ar) skaitmeninis (kompiuteriniai žemėlapiai). Abu produktai kuriami pasitelkiant kartografinį vizualizavimą. Pagrindiniai žemėlapių formatai yra trys: spausdintas (popierinis žemėlapis, plastikinis spausdintas žemėlapis), skaitmeninių geoduomenų rinkinys (erdviniai ir (ar) kartografiniai) ir duomenų iš geoduomenų bazės kartografinis atvaizdis (multimedijos žemėlapis).

Tarptautinė kartografijos asociacija apibrėžia **kartografiją** kaip „žemėlapių kūrimo meną, mokslą ir technologiją, jų, kaip mokslinių dokumentų ir meno kūrinių, nagrinėjimą. Galima sakyti, kad tai apima visų rūšių žemėlapius, planus, schemas ir pjūvius, trimačius modelius ir gaublius, kurie bet koku masteliu atvaizduoja Žemę arba bet kokį dangaus kūną“. [3] Ši apibrėžimą galima sėkmingai pritaikyti ir skaitmeninei bei kompiuterinei kartografijai, tik žodis „nagrinėjimas“ įgis gilesnę reikšmę: multimedijos žemėlapis turi galimybę keisti išvaizdą, ir juo remiantis galima ieškoti naujos informacijos susijusiose duomenų bazėse.

Du pagrindiniai šiuolaikinės kartografijos tikslai liko tie patys:

1. **žemėlapių kūrimas** – duomenų rinkimas, projektavimas, kompiliavimas ir žemėlapių bei atlasų gamyba;
2. kartografija – žemėlapių kūrimo ir naudojimo taisyklių meninių ir mokslinių pagrindų **mokslas** arba tyrinėjimas:
 - kartografija yra svarbi grafikos šaka (įskaitant mašininę grafiką);
 - kartografija – tai veiksmingas būdas valdyti, analizuoti ir atvaizduoti erdvinius objektus, jų požymius ir sąveikas dvimatėje ir trimatėje erdvėje.

Kartografijos teorija nagrinėja kartografiją kaip aiškias koncepcines schemas turintį mokslą [Cartwright et al, 1999 m.]. Tik kelios teorijos ir koncepciniai modeliai bando nagrinėti kartografiją kaip žemėlapių kūrimą ir jos mokslinį pagrindą kitais požiūriais. Toliau išvardytos kai kurios koncepcinės kartografinės schemas:

- geometrinė schema – ši koncepcija pagrįsta matavimų tikslumo poreikiu ir erdvinę informaciją atvaizduoja remdamasi tiksliais geometriniais matavimais. Žemėlapiai turi teikti tikslią informaciją analizei (pvz., inžineriniams, transportavimo, laivybos, kadastro darbams);
- technologinė schema – žemėlapių kūrimą sudaro keli procesai, susiję su duomenų rinkimu, žemėlapių projektavimu, gamyba ir dauginimu;

- pateikties ir meninės schemas – svarbiausias šios koncepcijos elementas yra žemėlapių projektavimas. Dėmesys sutelkiamas į regimas formas – simbolius, spalvą ir tekstūrą, tipografiją. Meninis požiūris dažnai nėra formalus žemėlapių projektavimas: reikia suvokti grafines savybes ir sukurti formas bei asociacijas, sukeliančias tam tikrus įspūdžius ir pojūčius;
- komunikacijos schema – koncepcija, susijusi su informacijos transformacijomis bei kartografo ir žemėlapių naudotojų komunikacija. Žemėlapių kūrimas ir naudojimas vertinamas vienodai;
- pažintinė schema – svarbi koncepcija, įvertinanti kartografo ir skaitytojo tikrovės suvokimą bei erdvinės informacijos srauto pažintinį apdorojimą ir transformavimą komunikacijos schemoje.

Aprašytosios schemas šiek tiek sutampa ir dažnai papildo viena kitą. Taigi technologinių ir komunikacijos schemų derinys – žemėlapių kūrimas ir žemėlapių skaitymas [3] – apima šias keturias kartografijos procesų kategorijas:

- duomenų rinkimą žemėlapiui;
- žemėlapių projektavimą ir kompiliavimą;
- žemėlapių skaitymą ir peržiūrą;
- reagavimą į duomenis arba jų aiškinimą.

Geometrinis modelis apima duomenų rinkimo ir žemėlapių kompiliavimo etapus. Pristatymo ir meninė schema apima žemėlapių projektavimo ir naudotojų reagavimo procesus.

Kartografiją galima dalyti į smulkesnes disciplinas. Jos atitinka techninius žemėlapių gamybos etapus, žemėlapių klasifikavimą ir žemėlapiams gaminti bei pateikti naudojamą technologijas.

Matematinė kartografija nagrinėja kartografines projekcijas.

Žemėlapių gamyba - žemėlapių kūrimo procesai: planavimas, apibendrinimas, projektinių versijų rengimas, redagavimas ir peržiūra.

Topografinė kartografija apibrėžia topografinių žemėlapių gamybos technologijas ir standartus.

Teminė kartografija tiria taškų, linijų, daugiakampių ir paviršių kokybinių bei kiekybinių savybių atvaizdavimo žemėlapyje metodus (pvz., graduotų simbolių, kartogramų, taškinis arba izolinijų metodai).

Žemėlapių projektavimas – grafinis visos žemėlapių informacijos atvaizdavimas.

Žemėlapių dauginimas – spausdintų žemėlapių gamyba.

Multimedijos kartografija tiria mokslinį skaitmeninių erdvinio duomenų vizualizavimą ir mokslinę analizę garso ir vaizdo priemonėmis.

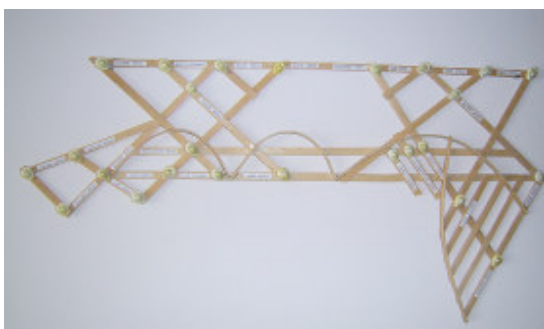
Automatizuota arba kompiuterinė kartografija – kompiuterizuotas ar kitaip automatizuotas žemėlapių gamybos procesas.

Geovizualizavimas (įskaitant internetinę kartografiją) – metodai ir priemonės, skirti erdviniams reiškiniams interaktyviai „vizualizuoti“.

1.2.2 Šiuolaikinė kartografija

Per visą ilgą kartografijos istoriją pagrindas buvo žmogaus poreikiai ir naujų technologijų vystymasis. Reikšmingiausi žemėlapių kūrimo istorijos pasiekimai yra šie:

- 30 000 m. prieš Kristų – simbolinių žemėlapių kūrimas (piešiniai urvuose, žemėlapiai iš bambuko lazdelių);
- 200 m. e. m. – astronominiai žemėlapiai;
- 500 m. e. m. – jūrų navigacijos schemas;
- 1700 m. e. m. – topografiniai žemėlapiai;
- 1800 m. e. m. – teminiai žemėlapiai;
- 1900 m. m. e. – vaizdiniai žemėlapiai.



Žemėlapis iš bambuko lazdelių ir 1570 m. Ortelijaus pasaulio žemėlapis

Žemėlapių gamybą itin paveikė technologinės revoliucijos. Vakaruose žemėlapiai išgyveno septynias svarbias technologines revoliucijas:

- rankinė technologija – reikšmingų kartografijos produktų kūrimas ant popieriaus;
- magnetinė technologija – kompasas naudojimas tyrimams ir žemėlapiams kurti;
- mechaninė technologija – graviravimo ir dauginimo mašinų atsiradimas;
- optinė technologija – optikos prietaisų naudojimas tiksliam matavimui ir kartografiniams vaizdams perkelti;
- fotocheminė technologija – fotografijos ir litografijos vystymasis ir naudojimas duomenims rinkti (nuotoliniai tyrimai), žemėlapiams rengti ir spausdinti;
- elektroninė technologija – skaitmeninius duomenis, programinę ir techninę kompiuterinę įrangą naudojančios kompiuterinės žemėlapių sudarymo sistemos;
- informacijos amžiaus technologija – GIS, erdvinės analizės, duomenų bazių, multimedijos programų ir tinklų naudojimas.

Šiuolaikinės technologijos kelia naują perversmą kartografijos srityje. Jos ne tik leidžia greičiau sudaryti geriau atrodančius žemėlapius. Atsiradus šioms technologijoms, buvo sukurti visiškai nauji kartografijos produktai bei žemėlapių skaitymo ir naudojimo būdai.



Šiuolaikinio interaktyvaus internetinio žemėlapių pavyzdys (<http://www.planet9.com/>)

Dabar kartografijos produktai kuriami daugiausia kompiuteriais ir dažniausiai pasitelkiant geografinės informacijos sistemas (GIS). Tradicinė kartografija nuo GIS skiriasi ne tik priemonėmis, bet ir filosofija. Vis dėlto šiuolaikinėje informacinėje kartografijoje naudojami tie patys šimtmečius kurti kartografijos principai, o GIS priemonės dažnai tiesiog atkartoja tradicinius žemėlapių simbolių, raidžių, išdėstymo ir kitus kartografinius metodus.

Vienas svarbesnių GIS arba kompiuterinių kartografinių programų pranašumų yra tas, kad sudarytus žemėlapius galima nuolat tobulinti. Naudotojas gali atvaizduoti duomenis pagal įvairias dizaino taisykles ir dirbti su rezultatais bandydamas ir darydamas klaidas. Kitas didelis skirtumas tarp tradicinės ir šiuolaikinės skaitmeninės kartografijos tas, kad žemėlapis yra tik pagrindinėje geoduomenų bazėje esančių duomenų kartografinis atvaizdas. Kartografinis atvaizdavimas suteikia įvairiausių interaktyvios vizualinės analizės galimybių ir leidžia žymėti simboliais skirtingus erdvinį objektų atributus. Galima naudoti įvairius žymėjimo metodus ir priemones, o rezultatus įvairiomis programomis platinti per tinklą.

Kompiuterinių ir interneto technologijų sukelti pokyčiai kartografijos srityje:

- skaitmeninių žemėlapių gamyba;
- paskirstytosios erdvinio ir kartografinio duomenų bazės;
- vizualizavimas multimedijos kompiuterinės grafikos priemonėmis;
- GIS analizė;
- internetiniai žemėlapiai.

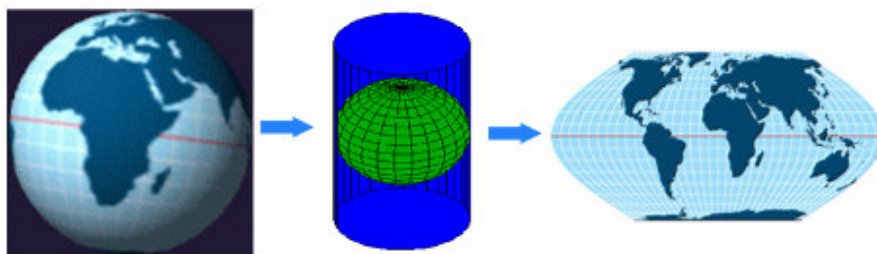
1.2.3 Žemėlapių savybės

Visi žemėlapiai vaizduoja du pagrindinius tikrovės elementais, iš kurių galima sukurti daug erdvinio sąryšių. Svarbiausias elementas yra vieta dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje. Kitas - šiai vietai priskirtas neribotas skaičių atributų.

Tradiciniuose spausdintuose žemėlapiuose taškai atvaizduojami vienoje iš anksto nustatytoje projekcijoje ir vienoje koordinatų sistemoje. Atributai vaizduojami įvairiais simboliais ir regimais simbolių kintamaisiais (pvz., dydžiu, spalva, raštu ir pan.). Skaitmeninius žemėlapius sudaryti galima bet kurioje turimoje kartografinėje projekcijoje ir koordinatų sistemoje; atributus apie konkrečią vietą galima surasti susietoje duomenų bazėje; be to, galima keisti naudojamą vizualizavimo metodą. Skaitmeninė kartografija turi daugiau mokslinio vizualizavimo galimybių – tiek informacijos pateikimo, tiek jos poveikio žiūrovui prasme.

Ir tradiciniai, ir skaitmeniniai žemėlapiai turi tris svarbiausias savybes:

- visi žemėlapiai yra matematinio tikrovės transformavimo rezultatas. Daugelio žemėlapių matematiniai pagrindai:
- mastelis – nustatytas tikrovės ir žemėlapių matmenų santykis;
- žemėlapių projekcija – sferinio pavidalo paviršiaus transformavimas į plokščią paviršių. Išskyrus topografinius planus, kuriuose projekcija nenaudojama. Šie žemėlapiai yra pagal tam tikrą skalę sukurti plokšti tikrovės atvaizdai;
- elipsoidas – sferinio paviršiaus modelis;
- koordinatų sistema – atskaitos taškas ir matavimų sistema;
- elipsoido orientavimo parametrai – atskaitos sistema padėčiai ant Žemės paviršiaus matuoti;
- laipsnių ir (ar) metrinis tinklėlis.



Žemėlapis yra matematinis tikrovės transformavimas

Visuose žemėlapiuose tikrovė žymima simboliais. Tikrojo pasaulio objektai visuose žemėlapiuose vaizduojami simboliais (ženklai) ir (ar) tekstu:

- dažnai naudojami įvairūs simboliai, pvz., linijos, taškai, spalvos, atspalviai, raštai ir pan.;
- žemėlapių dizaino elementai sukurti pagal tam tikrus principus;
- teminėje kartografijoje taškams, linijoms, daugiakampiams ir paviršiams atvaizduoti naudojami įvairūs žymėjimo metodai.



Žemėlapiuose tikrovė atvaizduojama simboliais („Sony“ tinklalapis, Japonija)

Visi žemėlapiai yra abstraktus tikrovės atvaizdas. Su tikraisiais vaizdais atliekami įvairūs apibendrinimo veiksmai, pavyzdžiui, atranka, supaprastinimas, klasifikavimas, agregavimas ir kt. Apibendrinimo tipai:

- apibendrinimas modeliu – geometrinis tikrųjų objektų transformavimas, kad juos būtų galima atvaizduoti skaitmeninių duomenų bazėje;
- objektų apibendrinimas – geometrinis skaitmeninių duomenų bazių objektų transformavimas, kad juos būtų galima atvaizduoti skirtingu masteliu;
- kartografinis apibendrinimas – grafinės transformacijos duomenims vizualizuoti ir žemėlapiams gaminti.



Žemėlapis yra tikrovės apibendrinimas

Skaitmeninių žemėlapių savybės tos pačios, bet yra tam tikrų ypatumų. Iš tiesų skaitmeniniai žemėlapiai turi du atvaizdus. Pirmasis – duomenų bazė, antrasis – kartografinis arba regimasis atvaizdas. Duomenų bazė – tai skaitmeninis tikrovės modelis, pavyzdžiui, geografinis reliacinis vektorinio ir (ar) rastrinio atvaizdo modelis.

Skaitmeninis kartografinis atvaizdavimas susijęs su grafiniu tikrovės modeliavimu. Tai grafinių objektų atkūrimas iš duomenų bazės. Vadinasi, norint sukurti skaitmeninį kartografinį atvaizdą, reikia atsiesti du veiksmus. Pirmiausia reikia apibendrinti tikrovę pagal modelį, t. y. supaprastinti tikrovę ir sukurti jos modelį duomenų bazėje; po to, kad žemėlapis aiškiai perteiktų tikrovę, reikia atlikti kartografinio apibendrinimo veiksmus.

Skaitmeninėje kartografijoje vizualizavimui pradėta naudoti naujus žymėjimo būdus, atvaizdavimo metodus ir vizualinius kintamuosius (pvz., dažnį, skaidrumą ir kt.) Tačiau iš esmės bet koks žemėlapis (nesvarbu, ar spausdintas, ar elektroninio formato) vis tiek yra simbolinis tikrovės atvaizdas.

1.2.4 Žemėlapių klasifikavimas

Kaip ir visi žmonės, kartografs skirsto nagrinėjamą dalyką į grupes ir kategorijas, kad geriau jį suprastų. Taigi dėl praktinių (pvz., sudarant katalogą bibliotekoje arba duomenų bazėje) ir mokslinių priežasčių (pvz., norint suprasti bazinio ir teminio turinio skyrimą) žemėlapius taip pat galima suskirstyti į kategorijas. Žemėlapiai į kategorijas skirstomi pagal naudojimo paskirtį. Klasifikuoti žemėlapius galima pagal tris kriterijus: nagrinėjamas objektas, mastelis ir aprėpta teritorija.

▪ Nagrinėjamas objektas:

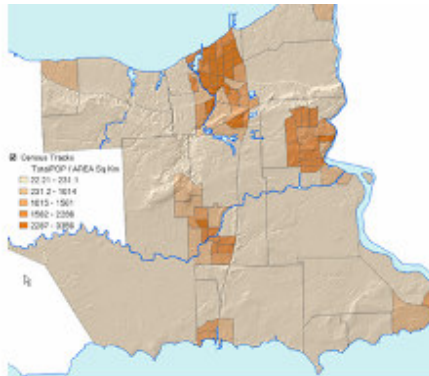
Yra trys bazinės žemėlapių klasės:

- bendrieji referenciniai žemėlapiai – kitas paplitęs šių žemėlapių pavadinimas yra „bendros paskirties žemėlapiai“;
- teminiai žemėlapiai – kartais vadinami „specialiosios paskirties“ arba „statistiniais“ žemėlapiais;
- specialieji žemėlapiai – diagramos, navigacijos schemos ir kt.

Apie topografinį žemėlapi (bendrųjų referencinių žemėlapių rūšį) ir teminius žemėlapius sužinosite tolesnėse dalyse.

Bendruosius referencinius žemėlapius galima toliau suskirstyti į:

- topografinius planus – stambaus mastelio, be projekcijos;
- topografinius žemėlapius – vidutinio mastelio, paprastai skersinėje Merkatoriaus projekcijoje;
- bendruosius topografinius žemėlapius – smulkaus mastelio (iki 1:1 000 000), tam tikroje projekcijoje.



Bendrasis referencinis ir teminis žemėlapiai

Teminius žemėlapius galima klasifikuoti pagal temą. Temos gali būti:

- fizinio pasaulio žemėlapių:
- atmosfera;
- vandenynai;
- geomagnetizmas;
- geologija;
- žemės paviršius;
- augmenija;
- gyvūnija;
- tautų ir jų veiklos žemėlapių:
- gyventojai;
- tautų savybės;
- kadastras;
- ekonominė veikla;
- prekių judėjimas;
- socialinės aplinkos žemėlapių:
- nusikaltimų statistika;
- medicininiai žemėlapiai;
- gyvenimo sąlygos;
- ekologiniai žemėlapiai.

- Klasifikacija pagal **mastelį**:

bendrujų referencinių žemėlapių:

- topografiniai planai (mastelis $\leq 1:5\,000$), be projekcijos;
- topografiniai žemėlapiai ($1:5\,000 < \text{mastelis} \leq 1:200\,000$);
- bendrieji topografiniai žemėlapiai ($1:200\,000 < \text{mastelis} \leq 1:1\,000\,000$);
- bendrieji žemėlapiai (mastelis $> 1:1\,000\,000$).



Topografinis žemėlapis (1 : 10 000)

Teminių žemėlapių klasifikacija gali priklausyti nuo žemėlapių turinio arba objekto:

- stambaus mastelio žemėlapiai;
 - vidutinio mastelio žemėlapiai;
 - smulkaus mastelio žemėlapiai.
- Klasifikavimas pagal aprėptą **teritoriją**:
 - pasaulio;
 - žemynų;
 - šalių;
 - ekonomikos regionų;
 - valstybių / provincijų;
 - miestų.

1.2.5 Atlasų kartografija

Atlasas yra žemėlapių rinkinys, atvaizduojantis erdvinę informaciją organizuotai ir nuosekliai. Bet kuriame atlase atvaizduojamos geografinės informacijos rūšis kartografas ir žemėlapių

skaitytojas gali susieti vizualiai. Atlasai gali būti skirti konkrečioms temoms (pvz., topografija, valstybės ištekliai, žmogaus sveikata ir pan.).

Atlasai klasifikuojami pagal turinį, paskirtį ir gamybos formatą.

Turinys:

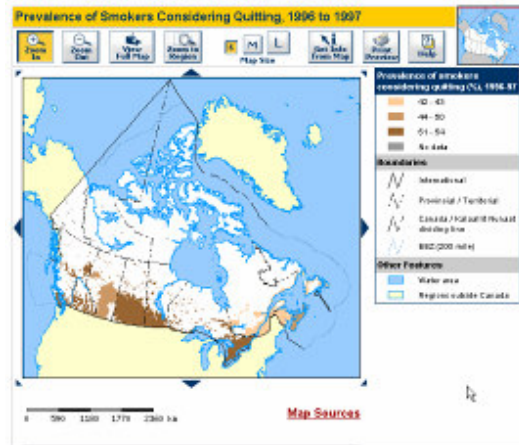
- bendrasis referencinis atlasas – bendrųjų referencinių žemėlapių rinkinys. Dabar šiuose atlasuose būna ir ortofotografinių žemėlapių – standartinių topografinių žemėlapių su palydovinėmis nuotraukomis ir teritorijos nuotraukomis fone;
- fizinis pasaulio atlasas – fizinių žemėlapių rinkinys, kuriame atvaizduojamas kraštovaizdis, ežerai ir kt.;
- socialinis ekonominis atlasas – socialinių ekonominių žemėlapių rinkinys, kuriame rodomos demografinės charakteristikos, bendrasis vidaus produktas (BVP) ir kt.;
- sudėtinis regionų atlasas – teritorinis žemėlapių rinkinys, kurį sudaro tam tikro regiono žemėlapiai įvairiomis fizinėmis ir socialinėmis ekonominėmis temomis. Tokiuose atlasuose yra išsamių topografinių žemėlapių, kurių mastelis proporcingas regiono dydžiui, ir labai daug teminių žemėlapių, paprastai aprėpiančių visą regioną, tačiau dažnai yra ir regiono rajonų, miestų ir ypač įdomių vietovių žemėlapių.

Paskirtis:

- bendrasis referencinis atlasas skirtas specialistams ir plačiai visuomenei;
- mokomasis atlasas skirtas konkrečioms mokyklose ir universitetuose dėstomiems dalykams.

Gamybos formatai:

- tradicinis spausdintas atlasas;
- elektroninis atlasas – žemėlapių rinkinys ir su juo susietos skaitmeninės, multimedijos ir (ar) tinklo duomenų bazės. Elektroninis atlasas gali turėti vizualizavimo, animacijos, erdvinės analizės ir žemėlapių sudarymo priemonių.



Kanados atlasas internete (<http://atlas.nrcan.gc.ca/>)

Šiuo metu daug patogiau sudaryti atlasus skaitmeniniu formatu ir teikti juos kompaktiniuose diskuose arba tinklalapiuose.

1.3 Geodezijos funkcijos

Geodezija yra Žemės paviršiaus matavimo ir žemėlapių sudarymo mokslas. Pagrindinės geodezijos funkcijos:

- Žemės paviršiaus formos bei Žemės ir kitų erdvės kūnų išorinio gravitacinio lauko kaip laiko funkcijų nustatymas;
- vidutinio Žemės elipsoido nustatymas pagal ant ir virš Žemės paviršiaus matuojamus parametrus;
- atskaitos sistemų, koordinačių sistemų ir elipsoidų orientavimo parametrų nustatymas.

Vykdamas šias užduotis sukuriama *fiziniai* ir *matematiniai* Žemės modeliai.

1.3.1 Pasaulio geodezija

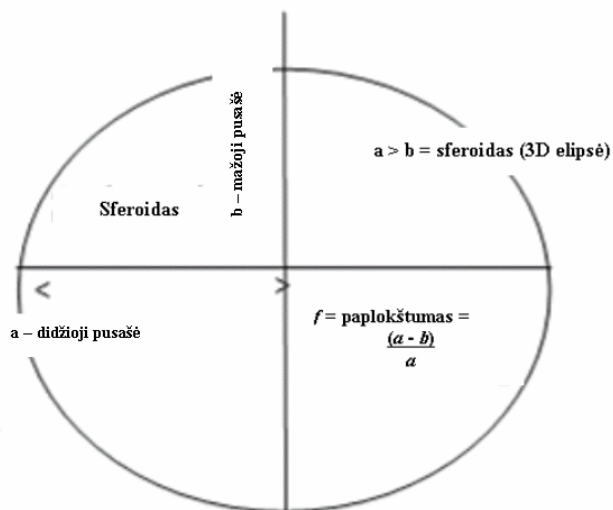
Geodeziją, kaip ir kitas profesijas, sudaro ir tik teorinė, ir labai praktinė veikla. Daugiausia teorinio darbo atliekama pasaulio geodezijos srityje. Pasaulio geodezija nustato Žemės dydį, formą ir išorinį gravitacinį lauką.

Pasaulio geodezijoje apibrėžiami du Žemės modeliai:

- matematinis – **sferoidas**:
 - matematinių Žemės modelių apibrėžimas;
 - matematiniai matematinio Žemės modelio apskaičiavimai;
- fizinis – **geoidas**:
 - išorinio Žemės traukos lauko nustatymas;
 - fizinio Žemės dydžio ir pavidalo nustatymas.

Etaloninis **sferoidas** – tai trimatė paplokščia per polius figūra, gaunama sukančią elipsę aplink jos mažąją ašį – matematinis fizinio žemės paviršiaus (geoido) modelis naudojamas kaip atskaitos sistema matuojant Žemės paviršiaus taškų padėtį (horizontalią) ir aukštį (vertikalų).

1672 m. keliaudamas į Kają (Gviana), J. Richer atrado, kad laikrodžio švytuoklės ilgį reikia reguliuoti. Tai reiškė, kad ties Žemės paviršiumi pakito gravitacinis laukas, ir leido iškelti prielaidą, jog Žemė per polius šiek tiek paplokščia. Remdamasis *visuotinės traukos dėsnio*, Niutonas (1687 m.) apskaičiavo, kad pusiausvirovi vienalytės, skystos, besisukančios Žemės forma yra sukimosi elipsoidas. Jo paplokštumas $f = (a - b) / a$, kur a ir b – didžioji ir mažoji elipsoido ašys. Dabartinės apytikslės elipsoido spindulių vertės $a = 6\,378\,137$, $b = 6\,356\,752,3$ metro. Etaloninį sferoidą reikėtų naudoti vidutinio ir stambesnio (t. y. 1 : 25 000 arba stambesnio) mastelio žemėlapiams.



Sferoidas – trimatė paplokščia per polius figūra, gaunama sukanč elipsę

Kartais „atskaitos sferoidai“ literatūroje vadinami „atskaitos elipsoidais“. Tiksliai kalbant, elipsoidų visos trys ašys gali būti skirtingos, o sferoidai – tai elipsoidai, kurių dvi iš trijų ašių yra lygios.

XIX a. prielaida, kad Žemė yra elipsoido pavidalo, buvo pripažinta klaidinga. Keičiant kelis lankus a ir f vertėms nustatyti buvo gauti didesni iškraipymai, nei galėtų atsirasti dėl matavimų paklaidos. Friedrich Robert Helmert sukūrė Žemės (t. y. geoido) modelį, paaiškinantį vertikalės nuokrypius.

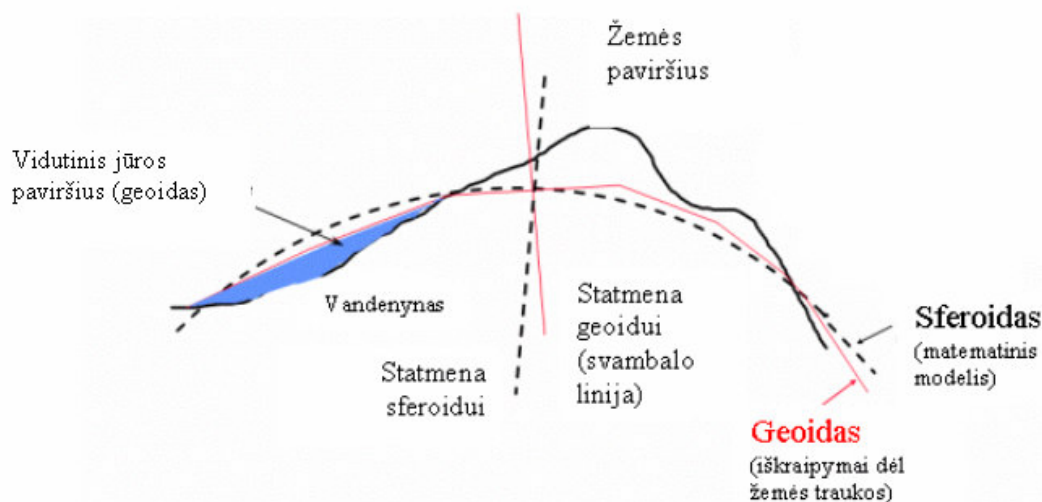
Geoidas – tai fizinio Žemės paviršiaus modelis. Tai riba tarp kietos ir skystos Žemės masės ir atmosferos. Geoido paviršius yra vienodo potencialo Žemės traukos lauko paviršius. Medžiaga, iš kurios sudaryta Žemė, apsunkina jos formos tyrimą. Žemė nėra vienalytės uolienos masė, todėl ir Žemės traukos laukas ne visur vienodas. Nors šie skirtumai labai nedideli, juos išmatavus galima apskaičiuoti Žemės formą.

Geoidas tai vidutinis atviro ramaus (neatsižvelgiant į trikdžius, galinčius įvykti arti vandenyno paviršiaus, tokius kaip potvyniai, vėjai, bangos, temperatūra, slėgis, druskingumo skirtumai ir t. t.) vandenyno lygis.

Geodezininkai ir matininkai bet kurių Žemės taškų padėtį nustato remdamiesi horizontalios ir vertikalios erdvinės atskaitos sistemomis. Šios erdvinės atskaitos sistemos pateikiamos horizontaliais ir vertikaliais **elipsoido orientavimo parametrais** – tai svarbiausias pasaulio geodezijos produktas, kurį naudosime žemėlapiams sudaryti. Jis naudojamas parametrų nustatyti GIS ir GPS sistemose.

Dabar reikėtų klausti: o kokį sferoidą reikia naudoti konkrečioje šalyje arba regione ir kaip jis fiksuojamas trimatėje erdvėje? Etaloniniai sferoidai arba elipsoidai – tai horizontalūs paviršiai, kurių taškai nurodomi geodezinės platumos ir ilgumos koordinatėmis. Kad atliktų šią funkciją, sferoidas (kartu su susieta Dekarto koordinatinių sistema) turi būti fiksuotas Žemės atžvilgiu. Toks pritvirtintas sferoidas dažnai vadinamas **horizontalių elipsoido orientavimo parametrų rinkiniu**.

Vertikalūs elipsoido orientavimo parametrai nurodo atskaitos tašką, pagal kurį matuojama vertikali padėtis. Tradiciškai pradžios taškai pakilimui arba aukščiui matuoti yra vidutinis jūros lygis arba **geoido** paviršiaus taškai.



Žemės paviršiai

Kitose dalyse aptarsime **sferoido** ir **geoido** sąvokas ir ypač **elipsoido orientavimo parametrus** (horizontalius ir vertikalius) bei praktinį jų pritaikymą tyrimams ir kartografijai.

1.3.2 Vietovės tyrimai

Itin svarbi praktinė geodezijos dalis yra vietovės tyrimai. **Vietovės tyrimai** – tai Žemės paviršiaus ir jo savybių matavimo menas ir mokslas. Kad sukurtume gerą infrastruktūrą ir nustatytume gamtos išteklius bei teritorijų ribas, turime tiksliai išmatuoti fizinę aplinką ir sudaryti tikslūs žemėlapius. Vietovės tyrimais nustatoma taškų padėtis erdvėje arba pažymimi iš anksto numatyti taškai ant ar šalia Žemės paviršiaus. Matavimai yra vienas pagrindinių būdų rinkti tikslūs duomenis EDI duomenų bazėms ir žemėlapiams kurti.

Yra daug skirtingų vietovės tyrimo technologijų ir daug įvairių vietovės tyrimų rūšių. Apskritai atliekant matavimus arba atsižvelgiama į tikrąją Žemės formą (geodeziniai tyrimai), arba Žemė traktuojama kaip plokščias paviršius (plokštumos tyrimai). Abi vietovės tyrimų rūšys tinka objektų padėčiai ant žemės paviršiaus (horizontalūs tyrimai), pakilimui arba aukščiui (vertikalūs tyrimai), arba ir padėčiai, ir aukščiui nustatyti.

Geodeziniais tyrimais apibrėžiamas šalies paviršius:

- nustatomos didelio kontrolinių taškų skaičiaus koordinatės (kontroliniai **geodeziniai tinklai**);
- atsižvelgiama į bendrą Žemės išlinkimą;
- dabar daugiausia darbo šioje srityje atlieka GPS.



Delninis kompiuteris su GPS

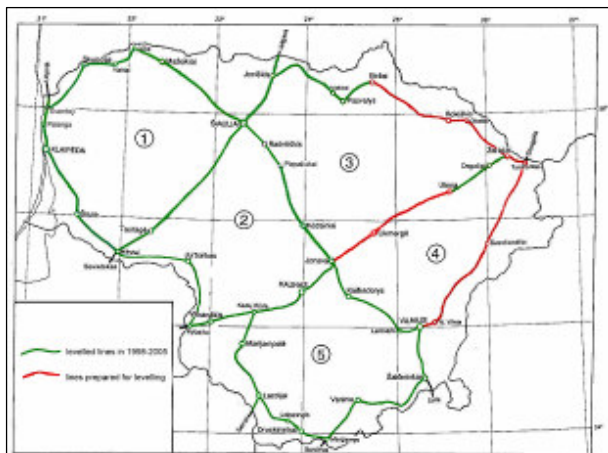
Plokštumos tyrimai:

- apima topografinius tyrimus, kadastrinius matavimus ir inžinerinės infrastruktūros tyrimus;
- neatsižvelgiama į bendrą Žemės išlinkimą;
- dažnai naudojami geodezinių tyrimų metu nustatyti kontroliniai taškai;
- darbas šioje srityje atliekamas naudojant tradicinius ir šiuolaikinius tyrimų metodus, įskaitant GPS.

Klasikinis geodezinis taškų padėties nustatymo metodas taikomas **geodeziniuose tinkluose** – visas taškų rinkinys apdorojamas vienu metu. Atlikus vietovės matavimus, tinklo taškų padėtys įvertinamos optimaliais vertinimo metodais, sumažinančiais kvadratinę stebėjimo paklaidų normą, naudojant dažnai net šimtų tūkstančių lygčių sistemas. Sukurta visa tinklo projektavimo ir padėties vertinimo (tinklo pataisymo) matematinių ir statistinių metodų sistema.

Šalies horizontalūs ir vertikalūs geodeziniai tinklai paprastai vadinami **nacionaliniais kontroliniais tinklais** (Lietuvoje taikomas terminas **valstybinis geodezinis tinklas**). Kontrolinis tinklas – tai racionaliai erdvėje išdėstyti ir tarpusavyje susieti ženklai žemėje, kurių padėtys, t.y. koordinatės ir aukščiai nustatyti tiksliai. Kontroliniai tinklai suteikia fiksuotus taškus, kuriais remiasi arba pagal kuriuos „atskaitomi“ vietovės tyrimai. Jie yra pagrindinė padėties nustatymo priemonė, būtina žymint ribas žemėlapiuose ir atliekant kitus erdvinės infrastruktūros darbus.

Geodezininkas privalo dirbti itin tiksliai. Kontrolinių tinklų tikslumo lygį galima klasifikuoti pagal šią hierarchiją: pirminė kontrolė, antrinė kontrolė ir vietinė kontrolė. Lietuvoje tai atitiktų geodezinių tinklų skaidymą į valstybinius, vietinius ir nuotraukos.



Lietuvos pirmos klasės valstybinis vertikalusis tinklas

Horizontalioji kontrolė gali būti atliekama įvairiai, pvz., trilateracijos, trianguliacijos, Doplerio, inertiniu metodu, teodolitu, GPS ar fotogrametrijos metodu. Vertikalioji kontrolė taip pat gali būti atlikta daugeliu skirtingų būdų, o valstybinis vertikalusis kontrolinis tinklas nustatomas naudojant diferencinį (aukščių skirtumų nustatymo) niveliavimą.

Kitose dalyse sužinosite apie tradicinių vietovės tyrimų pagrindus ir GPS matavimų principus.

1.3.3 Išvados

Erdvinių duomenų infrastruktūra – tai politikos, standartų ir procedūrų rinkinys, reguliuojantis organizacijų ir technologijų sąveiką ir užtikrinantis veiksmingesnį erdvinių duomenų naudojimą, valdymą ir kūrimą. Pagrindinės erdvinių duomenų rinkimo, atvaizdavimo ir analizės priemonės yra geodezija ir kartografija. Šiame kurse įgysite žinių apie tradicinius ir šiuolaikinius kartografijos ir geodezijos metodus, kurių gali prireikti kuriant, prižiūrint ir naudojant erdvinių duomenų infrastruktūros išteklius.

Dalies klausimai savarankiškam darbui:

1. Kokios trys svarbiausios žemėlapių savybės ir kaip jomis apibrėžiamas žemėlapių pobūdis?
2. Nurodykite bent tris svarbiausius tradicinės ir skaitmeninės kartografijos skirtumus.
3. Koks yra pagrindinis geodezinių ir plokštumos tyrimų skirtumas?
4. Apibrėžkite ir paaiškinkite terminą „elipsoido orientavimo parametrai“.

Privaloma literatūra:

- **5 skyrius:** Geospatial Data Visualisation: Online Mapping, Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook, Editor: Douglas D. Nebert, Technical Working Group Chair, GSDD, Version 2.0, 2004 m. sausio 25 d.,
<http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf>
- Cartographic Communication, The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado_
http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/cartocom/cartocom_f.html
- **2 skyrius:** How maps inform, Modeling Our World, Zeiler, M., ESRI Digital Library, 1999 m.
- Visas Kanados erdvinės referencinės sistemos vadovo skyrius „What is Geodesy?“,
http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/whatis/index_e.php

ESRI virtualusis kursas:

1 dalis: Basics of Data and Information, Turning Data into Information Using ArcGIS 9

Užduotis:

1 užduotis: žemėlapių projektavimo naudojant GIS pradžia.

Literatūra

- [1] Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook, Editor: Douglas D. Nebert, Technical Working Group Chair, GSDI, Version 2.0, 2004 m. sausio 25 d.
- [2] Thematic Cartography and Geographic Visualization, Terry A. Slocum, Robert B. McMaster, Fritz C. Kessler, Hugh H. Howard, antras leid., 2004 m.
- [3] Elements of Cartography, Arthur H. Robinson, Joel L. Morrison, Phillip C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, Stephen C. Guphill, 6th ed., NY: John Wiley & Sons Inc., 1995 m.
- [4] Modeling Our World, Zeiler, M., ESRI Digital Library, 1999 m.
- [5] The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado, <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/notes.html>

Naudojami terminai

- EDI
- Kartografija
- Bendrosios paskirties žemėlapis
- Teminis žemėlapis
- Kartografinis žymėjimas
- Kartografinis abstrahavimas
- Atlasas
- Geodezija
- Tyrimai
- Sferoidas
- Geoidas
- Geodezinis kontrolinis tinklas

Padėties nustatymas: įvairių stacionarių arba judančių objektų padėties nustatymas.

Koordinčių sistema: kad trimatėje Euklido erdvėje, kurioje sprendžiame daugumą geodezijos uždavinių, galėtume operuoti padėtimis, reikia Dekarto (stačiakampės) arba kreivinės (sferos, elipsoido) koordinčių sistemos, arba jų abiejų. Dekarto sistema apibrėžiama trimis statmenomis koordinčių ašimis, o kreivinė sistema matematiškai susiejama su atitinkama bendraja Dekarto sistema.

Koordinatės: tai skaičiai, nurodantys padėtį konkrečioje koordinčių sistemoje. Kad koordinčių sistemą būtų galima naudoti (kad būtų galima nustatyti koordinates) tikrojoje (Žemės) erdvėje, būtina žinoti jos padėtį ir Dekarto ašių orientaciją tikrojoje (Žemės) erdvėje.

Elipsoidas / sferoidas: jeigu nenurodyta kitaip, šį terminą vartojame kalbėdami apie geometrinį kūną, gautą sukančią elipsę aplink jos mažesnę ašį, t. y. sukimosi elipsoidą. Sferoidas – tai sferos pavidalo kūnas, kurio atskiras atvejis yra elipsoidas.

GPS: pasaulinė vietos nustatymo sistema, naudojanti specialius palydovus.

Elipsoido orientavimo parametrai: elipsoido orientavimo parametrai – tam tikra atskaitos sistema vietoms ant Žemės paviršiaus matuoti. Jais apibrėžta platumos ir ilgumos linijų pradžia bei kryptis.

2 Gamta ir erdvinių duomenų šaltiniai

Šioje dalyje apibrėžiama erdvinių duomenų svarba erdvinių duomenų infrastruktūroje (EDI), aprašomi erdvinių ir kartografinių duomenų saugojimo formatai, aptariami įvairūs įvesties šaltiniai ir erdvinių bei kartografinių duomenų rinkimo metodai. Šioje dalyje išvardyti pagrindiniai erdvinių duomenų ištekliai Lietuvoje.

Dalies turinys

- Erdvinių duomenų svarba EDI
- Erdvinių ir kartografinių duomenų saugojimas
- Erdvinių ir kartografinių duomenų rinkimo metodai:
- Popierinių žemėlapių skaitmeninimas
- Įvestis rankiniu geokodavimu
- Rastrinių duomenų įvestis
- Atranka ir surašymas
- Vietovės topografavimas
- Atributų įvestis

2.1 Erdvinių duomenų svarba EDI

Praėjusioje paskaitoje aptarti erdviniai duomenys, ypač **pagrindiniai** georeferenciniai duomenys, sudaro kiekvienos erdvinių duomenų infrastruktūros pagrindą. Šiandien erdviniai duomenys (kaip geografinės informacijos forma) yra masinės rinkos produktas, ir siūlomi **spausdintinių kopijų** bei **skaitmeniniu** formatais. Yra daug privačių verslo įmonių, dalyvaujančių kuriant ir atnaujinant bendruosius referencinius duomenis. Pavyzdžiui, NAVTEQ navigacijai 58-oje Europos, Šiaurės Amerikos ir kitose šalyse siūlo skaitmeninius žemėlapius, kuriuose pateiktas itin tikslus ir išsamus kelių tinklo vaizdas, apimantis iki 204 atributų, pavyzdžiui, posūkių draudimai, fiziniai barjerai ir vartai, vienos krypties eismo gatvės, ribota prieiga ir santykinis kelio aukštis.

Šios plėtros pagrindas yra GIS, GPS ir nuotolinių tyrimų technologijos. Dėl to ypač sparčiai vystosi stalinė ir rankinė GIS įranga, vis daugėja internete laisvai prieinamų palydovų darytų atvaizdų ir paprastėja koordinatinių matavimų rankiniais GPS įtaisais.

Tradicinėje „žemėlapių pramonės“ eroje geografinė informacija **spausdintinių žemėlapių** formatu visų pirma buvo vyriausybės **nuosavybė**. Bendrieji koordinatiniai žemėlapiai paprastai buvo sudarinėjami ir spausdinami vyriausybės agentūrų arba joms prižiūrint. Kai kuriose šalyse vyriausybės griežtai kontroliavo bendrųjų koordinatinių žemėlapių platinimą. Dėl to vyriausybės apibrėždavo žemėlapių specifikacijas (pvz., tikslumą, mastelių ribas, atskaitos taškus ir projekcijas, simbolių sistemas, apibendrinimo taisykles ir kt.) ir nustatydavo tokių pagrindinių kartografinių produktų kaip topografiniai planai, topografiniai ir bendrieji topografiniai žemėlapiai, geodeziniai atraminiai taškai, geografinių objektų pavadinimai, ortofotografiniai vaizdai bei kadastro žemėlapiai ir kartais – bendrosios paskirties žemėlapiai (mastelis > 1:1 000 000) formatus.

Šiuo metu daugelis šalių perėjo prie skaitmeninės žemėlapių sudarymo aplinkos ir kaskart vis daugiau privačių organizacijų dalyvauja renkant bendruosius referencinius duomenis, sudarant ir platinant žemėlapius. Lietuvos Respublikoje viena iš stambiausių organizacijų, atliekančių smulkaus mastelio georeferencinį žemėlapių sudarymą ir erdvinių duomenų apdorojimą, yra valstybės įmonė „GIS centras“.

Tūkstančiai organizacijų kasmet išleidžia milijardus dolerių kaip dalį savo veiklos rengdamos ir naudodamos geografinius duomenis. Pradiniai duomenys gali būti surinkti iš daugelio įvairių organizacijų, pavyzdžiui, šalių vyriausybių ir savivaldybių, komunalinių įmonių, tyrimo organizacijų ir komercinių įmonių. Šiandien šie duomenys dažnai prieinami internetu.

Žemėlapiams sudaryti skirtų duomenų rinkimas ir jų skaitmeninis saugojimas lieka brangiausias ir daugiausiai laiko užimantis erdvinių produktų kūrimo etapas. Tai gali sudaryti 60–80 proc. visų erdvinio projekto sąnaudų. Pagrindine EDI iniciatyva siūloma taip *subalansuoti* atskiras darbų su geografiniais duomenimis pastangas, kad būtų galima už priimtina kainą arba nemokamai keistis duomenimis tarp vyriausybės, komercinių ir suinteresuotų nevyriausybinių organizacijų.

Yra keletas būdų, kuriais gali būti gaunami duomenys. Duomenys gali būti pateikiami nemokamai, jais keičiamasi pagal susitarimą arba jie komerciškai parduodami ir perkami. Duomenų platinimas daugelyje pasaulio šalių tebesvarstomas. Yra du pagrindiniai metodai ir (ar) argumentai, kaip platinti valstybės agentūrų parengtus erdvinis duomenis:

1 metodas – informacijos laisvė ir prieiga prie viešųjų išteklių (pvz., Jungtinių Valstijų politika).

2 metodas – sąnaudų susigrąžinimas ir pelnas (pvz., Kanados ir Lietuvos politika).

Šioje dalyje šiek tiek išsamiau aptarsime pagrindinius erdvinių duomenų šaltinius ir nustatysime, kurie metodai naudojami žemėlapiams sudaryti ir EDI saugoti skirtiems erdviniam duomenims rinkti. Žemėlapiai buvo ir iki šiol lieka viena pagrindinių formų erdviniam duomenims rinkti, saugoti ir pateikti.

2.2 Kartografinių ir erdvinių duomenų saugojimas

Erdviniams duomenims saugoti naudojami du pagrindiniai laikmenų formatai. Tradicinis būdas, kuriuo saugomi ir pateikiami erdviniai duomenys, yra spausdintinės kartografinių produktų kopijos. Skaitmeninės erdvinės ir (ar) kartografinės duomenų bazės, pvz., turinčios erdvinės saugyklos formą, yra antrasis – šiuolaikinis būdas erdviniams duomenims rinkti. Tokių rinkinių informacijai reikia, kad duomenys būtų skaitmeninio formato ir galėtų būti platinami tinklais.

Spausdintinės ir skaitmeninės formos žemėlapiams skirtų erdvinių duomenų rinkimo šaltiniai ir būdai turi keletą panašumų ir skirtumų. Prieš nagrinėdami erdvinių duomenų rinkimo temą turime suprasti pagrindines su duomenų saugojimo formatais susijusias sąvokas. Be to, šių duomenų rinkimas gali būti naudojamas žemėlapiams sudaryti arba naujoms duomenų saugykloms kurti.

2.2.1 Spausdinti žemėlapiai

Tradiciškai spausdintas žemėlapis (pvz., popierinis) atliko erdvinės informacijos saugojimo funkciją. Bendrieji koordinatiniai popieriniai žemėlapiai paprastai yra saugomi vyriausybinių agentūrų ir platinami pagal poreikius. Šiandien daugelis vyriausybinių agentūrų teikia internetines žemėlapių peržiūros, užsakymo, apmokėjimo ir atsisuntimo rastriniu spausdinamu formatu paslaugas. Teminius žemėlapius galima rasti bibliotekų žemėlapių rinkiniuose ir tyrimo bei mokymo įstaigų žemėlapių kabinetuose. Juos galima įsigyti knygynuose ir internetu. Daugelyje šalių topografinius žemėlapius taip pat galima įsigyti komercinėse arba specializuotose knygomis ar žemėlapiais prekiaujančiose parduotuvėse.

„GIS centras“ parduotuvėje galima rasti tokių spausdintų georeferencinių Lietuvos žemėlapių seriją:

- 1:50 000, 1:250 000 ir 1:1 000 000 mastelių spausdinti topografiniai visos šalies žemėlapiai.
- 1:10 000 mastelio spausdinti topografiniai didžiųjų miestų ir jų apylinkių žemėlapiai.

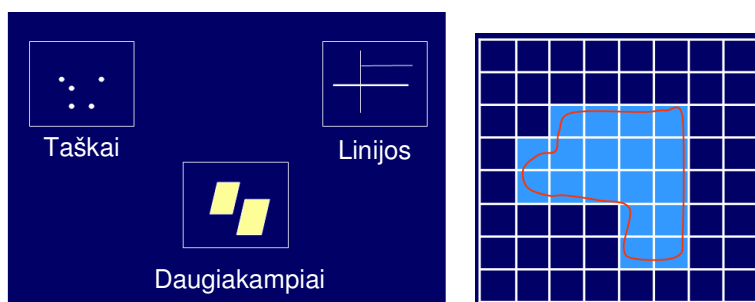
Spausdinti topografiniai 1:5 000 ir 1:1 000 mastelių didžiųjų miestų ir jų apylinkių žemėlapiai saugomi savivaldybėse.

2.2.2 Skaitmeninis kartografinės informacijos saugojimas

Yra keletas erdvinių duomenų pateikimo arba modeliavimo lygmenų: koncepcinis, loginis ir fizinis. Apskritai duomenų modeliai reiškia nurodymų rinkinį, kaip realų pasaulį (vadinamą realybe) paversti loginiu ir (ar) skaitmeniniu būdu vaizduojamais erdviniais objektais, sudarytais iš atributų ir geometrijos. Šie atributai išdėstomi pagal temines arba semantines struktūras, o geometrija vaizduojama geometriniu, geometriniu-topologiniu arba rastriniu struktūromis. Duomenų modelis yra duomenis aprašančių sąvokų rinkinys.

Koncepcinis duomenų modelis yra naudotojo požiūriu struktūrizuotų reiškinių erdvinių duomenų atvaizdavimas. Koncepciniame lygmenyje erdviniai duomenys gali būti vaizduojami

skaitmeniniu būdu naudojant vektorinį ir (arba) rastrinį modeliavimą, arba abiejų būdų derinį (hibridinį modeliavimą). Vektoriniams modeliams naudojami atributus turintys diskretūs taškai, linijos ir (arba) plotai, vaizduojantys diskrečius objektus, kurie atitinka ištisus realaus pasaulio elementus arba jų dalis. Rastriniuose modeliuose naudojamos tam tikros reguliariu atstumu išdėstyto tinklelio langelių arba vaizdo taškų sekos. Atributai gali būti susieti su vaizdo taškais (pixels).

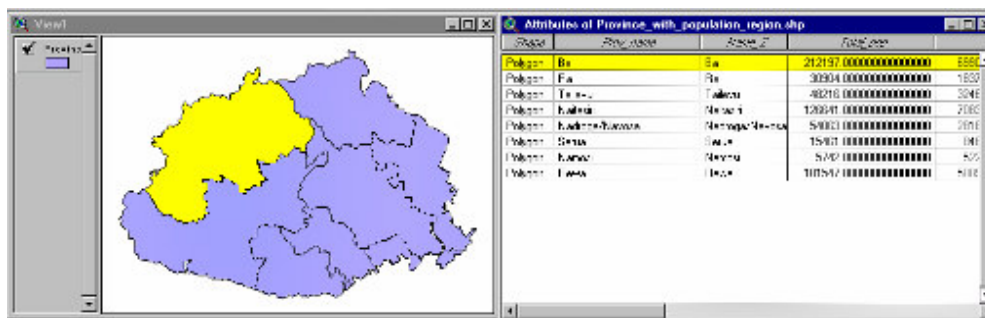


Objektus vaizduojantys vektoriniai ir rastriniai elementai.

Kad būtų galima atskirti objektus pagal jų atributus, vektorinei grafikai arba rastriniams laukeliams gali būti naudojama kartografinė simbolika.

Loginiai duomenų modeliai yra erdvinio duomenų rinkinių duomenų organizavimo struktūra. Loginiai duomenų modeliai naudojami pateikti erdvinis duomenis programinės įrangos požiūriu, pavyzdžiui, DBVS (duomenų bazių valdymo sistemoje) ir GIS. Erdvinio duomenų rinkinio loginis duomenų pateikimas gali naudoti geosąryšines, sąryšines ir objektines struktūras.

Tipiniai erdviniai loginiai duomenų modeliai naudoja geosąryšines duomenų struktūras. Erdviniai duomenys ir atributai saugomi skirtingose struktūrose. Atributai saugomi sąryšinėje (lentelinėje) duomenų struktūroje. Erdvinių elementų geometrija vaizduojama taškais, linijomis ir (ar) daugiakampiais, ir saugoma tam tikros struktūros failuose. Kiekvienas erdvinis elementas turi *bendrąjį identifikatorių*, kuris yra *raktas (nuoroda)* į susijusį *duomenų rinkinį*, kuriame saugomi to elemento atributai (lenteliniai duomenys). Tokią dvilypę architektūrą naudoja *ArcGIS*, *MapInfo* ir kitų paketų DBVS. Kartografinė informacija šiame lygmenyje gali būti pateikiama skaitmeninių objektų formų, jų atributų ir žemėlapių ženklų (žemėlapių palečių) bei objekto formos ir vaizdavimo simboliais taisyklių atitiktimi.



Geosąryšinis modelis – ryšys tarp grafikos ir lentelinių duomenų.

Fiziniai duomenų modeliai aprašo techniniuose įrenginiuose esančių įrašų duomenų struktūrą. Erdviniai duomenys gali būti saugomi skirtingais failų arba duomenų bazių formatais, tarp kurių yra pramoniniai (SHP, MDB, GeoTIFF, DXF ir kt.), nacionaliniai (DLG, DEM ir kt.) arba tarptautiniai (GML, ISO STDS). Specialios paskirties failų formatai (pvz., MXD, WOR ir kt.) taip pat gali saugoti kartografinius erdviųjų objektų vaizdus.

Erdviniai duomenų rinkiniai gali būti saugomi erdvinėse duomenų bazėse. Jos yra struktūrizuoti skaitmeniniai realybėje esančius elementus modeliuojančių erdviųjų koordinatinių duomenų rinkiniai. Elementas duomenų bazėje vaizduojamas kaip skaitmeninis objektas. Objekte būna dviejų tipų informacija – *geometrija* (forma su buvimo vieta, vaizduojama tašku, linija, plotu, vaizdo tašku (*pixel*), tinkelio laukeliu (*grid cell*) arba netaisyklingų trikampių tinklu) ir *atributai* (elemento kokybinės ir kiekybinės charakteristikos arba atributai).

Duomenų bazėje erdviniai duomenys paprastai grupuojami *sluoksniais*, dar vadinamais temomis. Vienas sluoksnis gali vaizduoti atskirą elementų tipą arba conceptualiai susijusių elementų tipų grupę. Pavyzdžiui, sluoksnyje gali būti tik viena upė, arba daug upių, ežerų, kranto linijų ir kitų linijinių hidrografijos elementų.

Kartografinės duomenų bazės apima erdviųjų objektų rinkinius, taip pat kartografinį objektų vaizdavimą (*žemėlapių simboliką* ir (ar) objektų formų bei simbolikos *vaizdavimo taisykles*).

Labiau į naudotojus orientuoti ir struktūrizuoti erdviųjų duomenų rinkiniai dažnai vadinami erdviųjų duomenų *saugyklomis* (*warehouses*). Erdviųjų duomenų *saugyklose* visų tipų geoduomenys tiesiogiai išsaugomi įvairiais skiriamosios gebos lygiais. Tai naudotojui leidžia teikti paieškos užklausas didžiuliuose įvairiausių geoduomenų masyvuose, ir užtikrina labai trumpą atsaką, bei su konkrečiu dalyku arba erdviu komponentu susijusių geoduomenų vaizdinio pateikimo (arba navigacijos) trukmę.

Kita erdviųjų duomenų rinkimo organizacija yra *saugojimo centras* (*clearinghouse*). Saugojimo centras yra saugyklos struktūra, kuri renka, saugo ir skleidžia informaciją, duomenis ir metaduomenis, bei teikia plačią prieigą prie paskirstytų duomenų saugyklų (*warehouses*) informacijos.

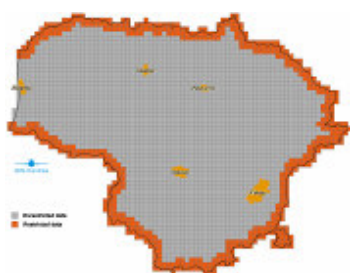
Daugiau apie erdviųjų duomenų saugojimą ir formatus sužinosite GII-01 ir GII-05 kursuose.

2.2.3 Pagrindiniai skaitmeniniai duomenų rinkiniai Lietuvoje

Kaip nacionalinės GI infrastruktūros **bazė** arba pagrindas naudojami svarbiausieji skaitmeninių duomenų rinkiniai, kurie jau veikia arba yra kuriami. Tarp šių duomenų rinkinių yra:

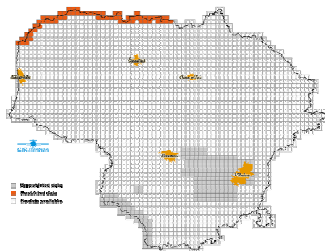
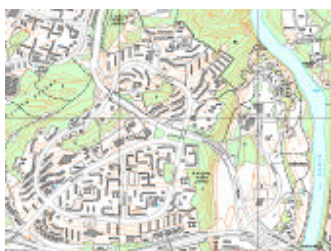
- 1:10 000 mastelio kartografinės ir georeferencinės duomenų bazės KDB10LT ir GDB10LT.
- Geodezinių taškų duomenų bazė PPDB.
- 1:50 000 mastelio skaitmeninė duomenų bazė LTDBK50000-V.
- Pagal NATO standartus parengti 1:50 000 mastelio skaitmeniniai topografiniai žemėlapiai.
- Skaitmeninės 1:10 000 mastelio ortofotonuotraukos, šiuo metu aprėpiančios visą šalį.
- 1:200 000 mastelio georeferencinė duomenų bazė GDB200.
- 1:1 000 000 mastelio MapBSR georeferencinė duomenų bazė, integruota į Baltijos jūros regiono georeferencinę duomenų bazę.
- Rengiama administracinių vienetų, gyvenviečių, gatvių ir adresų duomenų bazė.
- CORINE žemės dangos duomenų bazė, kurioje žemės dangos objektai suskirstyti į 44 klases.

Lietuvos Respublikos georeferencinės bazės duomenų rinkinys 1:10 000 masteliu yra GDB10LT. Jis apima visą šalį ir pateikiamas 2 782 žemėlapiu lapuose (2229 žemėlapiu lapai skirti bendram naudojimui, o prieiga prie 553 žemėlapiu lapų ribota). GDB10LT turi tokius sluoksnius: Lietuvos suskirstymo žemėlapiu lapais schema, geodezinio tinklo taškai, geografinių pavadinimų anotacijos, valstybės sienos, upės, upeliai ir kanalai, keliai, geležinkeliai, hidrografiniai objektai.



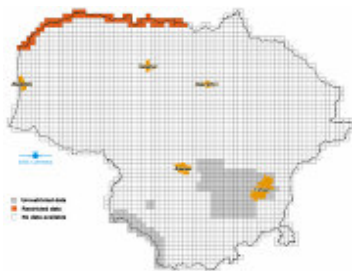
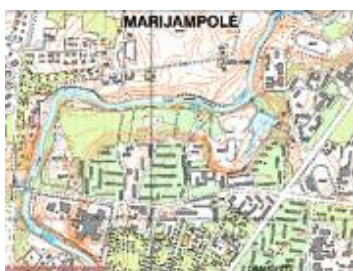
GDB10LT geografinės duomenų bazės žemėlapiu lapais aprėpiamas valstybės plotas (iš <http://www.gis-centras.lt/>).

1:10 000 mastelio Lietuvos topografinio žemėlapiu KDB10LT kartografinių duomenų bazė aprėpia Kaišiadorių, Elektrėnų, Trakų ir Vilniaus miesto savivaldybių teritorijas, taip pat Marijampolės miestą. Šią duomenų bazę sudaro 279 žemėlapiu lapai.



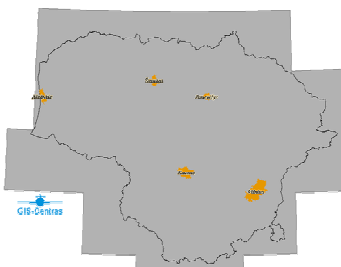
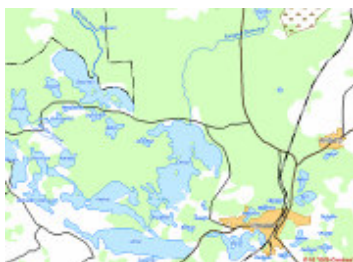
KDB10LT žemėlapių pavyzdys ir KDB10LT žemėlapių lapais aprėpiamas valstybės plotas
(<http://www.gis-centras.lt/>).

1:10 000 mastelio Lietuvos topografinių žemėlapių rastrinė duomenų bazė TOP10LT-SR rengiama didiesiems miestams. TOP10LT-SR kuriama naudojant KDB10LT duomenų bazę. TOP10LT-SR apima šiuos objektus: kelius, geležinkelius, gatves, pastatus, daugiabučius namus, individualius gyvenamuosius namus ir pramonines teritorijas, teminius paviršiaus objektus (miškus, parkus, sodus, laukus, vandens telkinius, kapines, stadionus ir kt.).



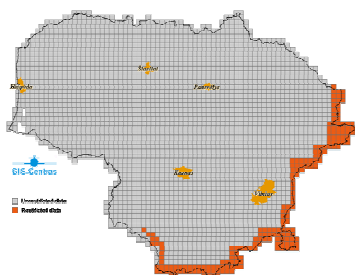
TOP10LT-SR žemėlapių pavyzdys ir TOP10LT-SR žemėlapių lapais aprėpiamas valstybės plotas
(<http://www.gis-centras.lt/>).

Lietuvos 1:200 000 mastelio geoinformacinė duomenų bazė GDB200 gali būti efektyviai panaudota kaip pagrindas sudarant teminius žemėlapius, ir apima tokius sluoksnius: reljefas, hidrologija, žemėnauda, gyvenvietės, administracinės ribos, transportas, energija ir saugomos gamtos teritorijos.



GDB200 žemėlapių pavyzdys ir GDB200 žemėlapių lapais aprėpiamas valstybės plotas (<http://www.gis-centras.lt/>).

Skaitmeniniai ortofotografiniai 1:10 000 mastelio Lietuvos žemėlapiai ORT10LT turi 0,5 m erdvinių (paviršiaus) duomenų skiriamąją gebą.



2.3 Erdvinių ir kartografinių duomenų rinkimo ir įvesties metodai

Duomenų rinkimas ir įvestis yra operacijos, kuriomis gaunami žemėlapiams skirti arba į duomenų bazę įvedami erdviniai duomenys. Tikslių duomenų bazių kūrimas yra labai svarbi bet kokio erdvinio projekto, įskaitant EDI kūrimą ir priežiūrą, dalis. Šiandien pagrindinė užduotis ruošiantis vykdyti bet kokį žemėlapių rengimo arba erdvinį projektą yra surinkti duomenis skaitmeniniais (programiniais) formatais. Iki 80 proc. žemėlapių rengimo ir erdvinių projektų išteklių sunaudojama renkant duomenis. Šis etapas yra esminis, kad projektas būtų efektyviai vykdomas toliau. Netinkami duomenys netinkamai išanalizuojami, ir priimami netinkami sprendimai.

Renkant projektams erdvinius duomenis kyla keletas klausimų. Reikia išnagrinėti šiuos dalykus:

- Duomenų saugojimo formatas (vektorinis ar rastrinis formatas). Reikia turėti omenyje, kad vektorinius duomenis labai paprasta konvertuoti į rastrinį formatą, bet ne atvirkščiai.
- Erdvinių duomenų tikslumas ir išsamumo lygis turi atitikti konkretų popierinio žemėlapiu mastelį. Rastriniams duomenims turi būti apgalvota erdvinė skiriamoji geba (taško dydis).
- Teminių sluoksnių sąrašas.
- Atributų duomenų rinkinio reikšmės (nominalinės, rangai, intervalinės, santykinės).
- Duomenų ruošimo technikos ar metodai.
- Techninė įranga.
- Programinė įranga.
- Technikai ir analitikai.
- Laikas.
- Pinigai.

2.3.1 Erdvinių duomenų rinkimas

Erdviniai duomenys gali būti gauti iš šių keturių pagrindinių šaltinių:

- Esami bendrieji topografiniai ir teminiai žemėlapiai (skaitmeniniai arba spausdintinės kopijos).
- Vietovės topografavimas ir padėties nustatymas.
- Nuotolinių tyrimų duomenų rinkinys.
- Surašymas ir atranka, ataskaitos ir publikacijos.

Yra keletas metodų ar būdų, kurie gali būti panaudoti erdviniams duomenims surinkti ir įvesti į erdvinę saugyklą ir panaudoti šiuos duomenis tolesniems etapams (pvz., žemėlapiams sudaryti):

- Duomenų perkėlimas arba importavimas iš **esamų skaitmeninių** šaltinių.
- **Naujų skaitmeninių** duomenų kūrimas iš:
 - Analoginių žemėlapių rankinio skaitmeninimo ir skenavimo.
 - Erdvinių duomenų įvesties geokodavimo būdu.
 - Atvaizdų duomenų įvestis ir transformavimas (aero ir palydoviniai atvaizdai, DEM, GRID).
 - Surašymo ir atrankinio topografavimo duomenų įvestis.
 - Vietovės topografavimo, įskaitant panaudotą pasaulinę vietos nustatymo sistemą (GPS), duomenų įvestis.
 - Atributinių duomenų rankinė įvestis arba perkėlimas.

Pagrindinių erdvinių duomenų rinkimo metodų palyginimas.

Duomenų šaltinis	Metodas	Įranga	Apytikris tikslumas	Apytikrė santykinė įrangos kaina
Analoginis žemėlapis	Rankinis skaitmeninimas	Skaitmeninimo stalas, asmeninis kompiuteris	0,1 mm žemėlapyje	Maža
	Pusiau automatinis arba automatinis trasavimas	Skeneris	0,1 mm žemėlapyje	Didelė
Aeronuotrauka	Analitinė fotogrametrija	Analoginis stereobraižytuvas	10 cm	Didelė
	Skaitmeninė fotogrametrija	Skaitmeninės fotogrametrijos darbo stotis	10 cm	Labai didelė
Palydoviniai vaizdai	Vizualus interpretavimas	Kompiuterio ekranas, stereoskopas	2–50 m	Maža
	Skaitmeninis atvaizdų apdorojimas	Vaizdų apdorojimo sistema	1–30 m	Didelė
Vietovės topografavimas	Vietovės matavimai	Matavimų stotis (<i>Total station</i>), GPS	1 cm	Labai didelė
Ataskaitos	Įvestis klaviatūra	Klaviatūra, asmeninis kompiuteris		Maža

2.3.2 Esamų skaitmeninių duomenų panaudojimas

Šiuo metu didelis kiekis informacijos prieinama skaitmeniniais formatais, taigi yra gerų galimybių panaudoti esamus skaitmeninius šaltinius. XX a. devintąjį ir dešimtąjį dešimtmečiais didžioji georeferencinių duomenų dalis daugelyje šalių ir visame pasaulyje buvo gaunama skaitmeninant analoginius žemėlapius arba tiesiogiai įvedant duomenis.

Norėdami įsigyti kai kuriuos skaitmeninius šaltinius, kad gautų reikiamus duomenis suderinamais formatais, vartotojai turi susisiekti tiesiogiai su gamintojais, tačiau kai kuriuos erdvinis duomenis galima atsisiųsti internetu nemokamai. Daugelis organizacijų ir agentūrų vis plačiau ir plačiau naudoja internetą duomenims platinti.

Naudojant esamus skaitmeninius duomenis vis dar yra keletas apribojimų. Tarp jų:

- Duomenų kaina gali būti labai brangi.
- Nesuderinami su kai kurių naudotojų platformomis (pvz., nesuderinami tarpusavyje duomenų formatai).
- Nesuderinami su naudotojo reikalaujamais standartais (pvz., prasta duomenų kokybė, netinkamas mastelis ir pan.).
- Duomenų naudojimo ir platinimo apribojimai.

Iš kitų šaltinių gauti duomenys turi turėti tiekėjo pateiktus metaduomenis ir „duomenų kokybės ataskaitą“. Šioje metaduomenų ataskaitoje turi būti tiksliai aprašyta, kas yra failas, kaip (ir iš kokių šaltinių) informacija buvo sudaryta, tikslumo lygis, duomenų formatas, ir kaip duomenys tikrinti.

Vektoriniai ir rastriniai duomenys gali būti įkelti arba importuoti ir eksportuoti iš esamų duomenų saugyklų. Kad būtų galima šiuos duomenis panaudoti konkrečiam projektui, juos reikia transformuoti iš erdvinio saugojimo sistemoje naudojamo duomenų formato. Atlikti tokį transformavimą galima paprašyti duomenų tiekėjo, arba jį atlikti pačiam naudotojui. Kai kurie duomenų tiekėjai siūlo kelių formatų duomenis.

Yra daug įvairių programinių paketų, naudojamų darbui su erdviniais duomenimis. Didžioji dalis šios programinės įrangos naudoja savus formatus. Taigi duomenys saugomi failų formatais, kuriuos galima skaityti tik naudojant tam tikrą programinę įrangą. Pavyzdžiui, ESRI *shape* failus galima atidaryti tik tiesiogiai *ArcGIS*, bet ne *MapInfo* programoje. Kad būtų galima naudoti *ArcGIS* programą, visi duomenys turi būti transformuoti į jai tinkamus formatus.

Yra du pagrindiniai duomenų transformavimo metodai:

- Tiesioginė transformacija – tai yra programinės įrangos veiksmas, kuriais duomenys fiziškai verčiami iš vieno formato į kitą (pvz., *MapInfo* universalus transliatorius verčia duomenis iš *MapInfo* TAB į ESRI ir sukuria naujus *shape* failus).
- Neutralus formatas – nuosavas arba nepriklausomas formatas, kurį kai kurios erdvinės programos gali skaityti tiesiogiai (pvz., BIL skaitmeninių atvaizdų formatas).

Daugeliu atvejų kartografinę informaciją (simbolikos paletes ir kt.) transformuoti sudėtinga.

Pagrindiniai Lietuvos skaitmeninių bazinių erdvinį duomenų veiklos dalyviai

Temos	Pagrindinė juridinė institucija	Atsakinga institucija
Referencinių duomenų temos: - geodezinė atrama - vietovės aukščių duomenys ir modeliai - ortografiniai vaizdai - žemės informacija Georeferenciniai duomenų rinkiniai: - GDB M 1:10 000, 50 000, 200 000, 1 000 000 - skaitmeniniai žemėlapiai: - KDB M 1: 10 000 - KDB M 1: 50 000	Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos	Valstybės įmonė Distancinių tyrimų ir geoinformatikos centras „GIS-Centras“
Referencinių duomenų temos: - administraciniai vienetai - adresai - kadastriniai sklypai	Teisingumo ministerija	Valstybės įmonė Registrų centras
Toponimija	Valstybinė lietuvių kalbos komisija prie Lietuvos Respublikos Seimo	Lietuvių kalbos institutas
- Hidrografija - Saugomos teritorijos - Teritorijų planavimas - Žemės danga	Aplinkos ministerija	Aplinkos apsaugos agentūra / Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba
Kelių tinklas	Susisiekimo ministerija	Lietuvos automobilių kelių direkcija
Miškai	Aplinkos ministerija	Valstybinė miškotvarkos tarnyba
Geologija	Aplinkos ministerija	Lietuvos geologijos tarnyba
Savivaldybių duomenys aplinkos temomis - KDB M 1:500 – M 1:5 000 - II ir III lygmens teritorijų planavimas - Komunalinės temos - Transporto tinklai	Savivaldybės	Savivaldybių tarnybos

Kartais duomenų rinkiniai skaitmeniniu formatu gali būti neprieinami.

2.3.3 Rankinis analoginių žemėlapių skaitmeninimas ir skenavimas

Skaitmeninimas yra informacijos transformavimas iš analoginio formato, pavyzdžiui, popierinio žemėlapiu, į skaitmeninį formatą, kad ją būtų galima saugoti ir rodyti kompiuteriu. Skaitmeninimas gali būti rankinis, pusiau automatizuotas (automatiškai registruojama ranka nurodyta linija) arba visiškai automatizuotas (linijų trasavimas).

Rankinis skaitmeninimas reiškia rankinį žemėlapiu linijų trasavimą skaitmeninimo pele ant **skaitmeninimo stalo** arba **kompiuterio ekrane**. Pirmasis metodas žinomas kaip „skaitmeninimas žiūrint žemyn“, o antrasis, kaip „skaitmeninimas žiūrint aukštyn“. Šis metodas yra varginantis ir užimantis laiko, tačiau jei atliekamas kruopščiai – gana tikslus.

Skaitmeninant spausdintą žemėlapi, skaitmeniniu formatu trasuoti žemėlapiu elementus naudojamas specialus stolas. Žemėlapis tvirtinamas prie stalo, ir elementams trasuoti naudojama speciali pelė. Stalas prijungtas prie kompiuterio su veikiančia skaitmeninimo programine įranga, kuri registruoja pelės judėjimą ir pagal vartotojo komandas kuria taškus, linijas ir daugiakampius. Stalas ir pultelis, veikdami kartu su kompiuteriu, gali nustatyti pultelio padėtį pagal operatoriaus nurodomą koordinatinę informaciją.



Tarp svarbiausių skaitmeninimo operatoriaus veiksmų yra:

- 1 etapas. Žemėlapis tvirtinamas prie skaitmeninimo stalo.
- 2 etapas. Skaitmeninimo stalo darbo lauke turi būti nurodyti ir įvesti į kompiuterį keturių žemėlapiu lapo kampų kontroliniai taškai kartu su keturių žemėlapiu kampų koordinatėmis.

Žemėlapiu georeferencinių koordinatėu nustatymą reikia atlikti kiekvieno naujo skaitmeninimo seanso pradžioje, nes žemėlapiu padėtis ant planšetės kaskart gali skirtis. Georeferencinių koordinatėu nustatymas apima planšetės koordinatėu transformavimą į pasaulines koordinates. Skaitmeninimo programa pareikalaus naudojamų kontrolinių taškų koordinatėu. Šie kontroliniai taškai paprastai turėtų būti išdėstyti pakankamais atstumais vienas nuo kito, pavyzdžiui, būti prie žemėlapiu kampu. Tada planšetėje reikia atidėti kontrolinių taškų padėtis.

Įvedus bent 4 poras kontrolinių taškų, programinė įranga apskaičiuos vidutinę kvadratinę paklaidą (*Root Mean Square (RMS) error*) ir parodys ją operatoriui. Jei apskaičiuota paklaida mažesnė už reikalaujamą paklaidos ribą, georeferencinė funkcija leidžia registruoti skenuojamą žemėlapi.

- 3 etapas. Žemėlapių informacija pagal žemėlapių sluoksnius ir žemėlapių kodavimo sistemą skaitmeninama *taškų* arba *srauto* režimu trumpais laiko intervalais.

Taškų režimu skaitmeninimo operatorius pasirenka ir koduoja taškus, kurie laikomi „kritiniais“ atvaizduojant linijos struktūrą, arba svarbias koordinatinių poras. Srauto režimu skaitmeninimo įtaisas automatiškai parenka taškus pagal atstumo arba laiko parametą – tai gali generuoti koordinatinių poras bereikalingai dideliu tankiu.

- 4 etapas. Norint gauti tvarkingą, neturintį klaidų duomenų rinkinį, turi būti atlikti tokių klaidų, kaip maži tarpai linijų sujungimuose, klaidingi pataikymai, pasikartojimai ir kt., koregavimas.
- 5 etapas. Skaitmeninimo stalo koordinatinių transformavimas į žemėlapių koordinates saugoti erdvinėje duomenų bazėje.

Svarbiausios žemėlapių skaitmeninimo problemos yra šios:

- žemėlapis laikui bėgant išsitempia arba susitraukia, dėl to nauji skaitmeninami taškai šiek tiek skiriasi nuo ankstesnių taškų,
- pats žemėlapis turi klaidų,
- dėl gretimų žemėlapių lapų neatitikimo atsiranda trūkios linijos,
- skaitmenindami operatoriai darys daug klaidų ir apsirikimų.

Vektoriinių duomenų įvestis **skenavimo** ir **vektorizavimo** būdu gali būti atliekamas naudojant tris vektorių trasavimo metodus:

- **Rankinis** rastro skaitmeninimas **ekrane** (fiksuoiant ir trasuojant).
- **Pusiau automatinis** rastro trasavimas (su pirmine rankine navigacija ir valdymu fiksuojant, nustatant parametrus).
- **Automatinis** linijų trasavimas arba rastro atpažinimas (pagal nustatytus parametrus).

Rankiniam skaitmeninimui ekrane popierinis žemėlapis pirmiausia turi būti nuskenuotas rastriniu formatu ir atidarytas skaitmeninimo programoje. Skaitmeninimo ekrane procesas panašus į stalinio skaitmeninimo. Vietoje stalinės planšetės ir pultelio naudotojas kuria žemėlapių sluoksnį pele ekrane, pradinę informaciją naudodamas kaip foną. Skaitmeninimas ekrane taip pat gali būti naudojamas redagavimo seanso metu iš kontrolinio vaizdo arba rastrinio žemėlapių įtraukiant naujus elementus.

Rankinio skaitmeninimo ekrane etapai yra šie:

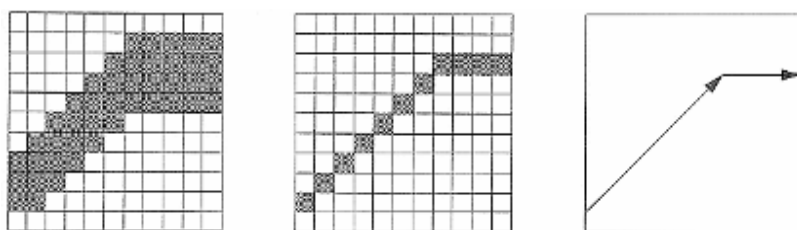
- Skenuojamas šaltinio žemėlapis arba atvaizdas.

Žemėlapiai dažnai skenuojami, kad skaitmeninių atvaizdų duomenis būtų galima naudoti kaip žemėlapių foną ir (ar) paversti skenuotus duomenis į vektoriinius, kad būtų galima naudoti

vektoriniu formatu. Skenavimui reikia, kad skenuojamas žemėlapis būtų aukštos kartografinės kokybės, su aiškiai išskiriamomis linijomis, tekstu ir simboliais; 0,1 mm pločio ar platesnės linijos turi būti ryškios ir aiškios.

- Nustatomos atraminės skenuotų žemėlapių arba atvaizdų koordinatės.
- Elementai gali būti skaitmeninami taškų režimu įvedant atkarpos viršūnes, arba trasuojami rankiniu būdu ekrane, naudojant pelę ir programines automatinio fiksavimo prie rastro linijos priemones.
- Atributų duomenys gali būti įvedami rankiniu būdu.

Kitas metodas yra panaudoti skenerį automatiškai transformuoti analoginį žemėlapi į kompiuterinį formatą. Transformuoti rastrinius duomenis į vektorinius naudojamos automatinės vektorizavimo procedūros, tai dažnai vadinama rastro transformavimu į vektorius. Tolesniame paveikslėlyje paašškintas paprastas vektorizavimo algoritmas, kurį vykdant originalus rastrinio formato vaizdas transformuojamas į vektorinius duomenis ploninant linijas ir taikant grandininį kodavimą.



Originalus vaizdas. Linijų ploninimas ir grandininis kodavimas. Vektoriniai duomenys

Pusiau automatiniam ir automatiniam rastrinių duomenų skaitmeninimui arba trasavimui naudojama speciali vaizdų atpažinimo programinė įranga. Vaizdų atpažinimo funkcija gali būti įtraukta tarp GIS funkcijų. Pavyzdžiui, tokiais tikslais gali būti naudojamas *ArcGIS* plėtinys *ArcScan*.



***ArcMap* programos *ArcScan* įrankių juosta.**

Pusiau arba visiškai automatinio ekraninio skaitmeninimo etapai yra šie:

- Žemėlapio skenavimas skeneriu.
- Žemėlapio atvaizdo transformavimas į dvejetainį vaizdą (*binary*, loginių reikšmių 0 ir 1 masyvas) sukuriant elementus vaizduojančias linijas ir ribas.
- Dvejetainio vaizdo orientavimas koordinatų sistemos atžvilgiu.

- Turi būti nustatyti vektorizavimo parametrai. Šie parametrai kartu su vektorizavimo nuostatomis nurodo, kaip rastriniai elementai trasuojami arba imami vektoriniams elementams kurti (pvz., sekamas rastrinės linijos vidurys, minimalus kuriamos atkarpos ilgis, mažiausias atstumas tarp viršūnių ir kt.).
- Programa trasuoja elementus sekdamas linijas **pusiau automatiškai** būdu (dalyvaujant ir valdant naudotojui), arba **automatiškai** (paketiniu režimu).



Automatinio vektorizavimo įranga, rastrinės linijos ir gautos vektorinės linijos.

Pusiau automatinis vektorizavimas skirtas trasuoti susietus rastrinius laukelius. Operatorius turi atidėti įrankio žymeklį atitinkamoje rastro pradžios vietoje, nurodyti galutinę trasavimo vietą ir spragtelėti, kad būtų pradėtas trasavimas. Tada įrankis automatiškai sukuria vektorinę liniją, sekančią rastrinių laukelių centrine linija (arba kontūrais) iki artimiausio susikirtimo. Operatorius turi nurodyti naują galutinę vietą trasavimui nuo susikirtimo.

Automatinis vektorizavimas yra visiškai automatizuota metodika, pagrįsta vaizdo atpažinimo algoritmais versti rastriniams duomenims į vektorinius elementus. Šis procesas naudoja vartotojo įvestį valdyti būdams, kuriais atliekamas vektorizavimas. Visi veiksniai, tokie kaip atvaizdo skiriamoji geba, triukšmų kiekis atvaizde ir realus skenuoto dokumento turinys, turi įtakos nustatant vektorizavimo rezultatą.

Yra keletas automatinio skaitmeninimo problemų. Tarp jų:

- Spartesnis, tačiau remiasi žmogaus priežiūra.
- Reikia nemažai redaguoti ranka.
- Ranka įvedami anotacijų duomenys.
- Ranka įvedami atributų duomenys.

Visuomet būna skaitmeninimo klaidų, pavyzdžiui, praleistų arba nepataikytų viršūnių, trūkių, linijų lūžių ir t.t. Redaguojant skaitmenintus elementus gali tekti taisyti klaidas, įvesti praleistus duomenis, suformuoti topologiją ir t.t.

Didelė dalis esamų Lietuvos skaitmeninių duomenų sukurta vektorizavimo būdu:

- Kuriant skaitmeninius ortofotografinius 1:10 000 mastelio žemėlapius GDB10LT naudoti pagrindiniai topografiniai žemėlapiai (reljefo informacija).
- LTDBK50000 sudarytas kartu naudojant esamą žemėlapių informaciją ir skaitmenines duomenų bazes kartu su SPOT panchromatiniais ortofotoatvaizdais ir geometriškai pakoreguotais daugiaspektriais atvaizdais – vėliau atnaujintas naudojant GDB10LT.

- Lietuvos geoinformacinė duomenų bazė GDB200 sukurta pagal topografinius žemėlapius, naudojant GIS skaitmeninimo technologijas.
- Stambaus mastelio Vilniaus miesto kartografinė duomenų bazė KDB500V sudaryta naudojant stambaus mastelio topografinius žemėlapius su komunalinių įrenginių informacija.

2.3.4 Rankinė duomenų įvestis

Erdviniai duomenys gali būti įvesti ir jų geografinė padėtis nustatyta rankiniu būdu iš spausdintinių ar rankraštinų šaltinių, pavyzdžiui, ataskaitų, lentelių, knygų ir t. t. Norint susieti ataskaitos duomenis su geografinėmis vietovėmis turi būti taikomos *geokodavimo* procedūros.

Geokodavimas gali būti atliekamas pagal:

- paprastas objekto vietą aprašančios informacijos koordinatų poras,
- informaciją, kuri aprašo objekto buvimo vietą, pavyzdžiui, aprašomąjį adresą formatą,
- nustatant taškų vietas linijiniame tinkle.

Tipinėje situacijoje geokodavimas dažnai būna „užterštas“ klaidomis, ir duomenys dažnai praleidžiami.

Dauguma erdvinių programų (pvz., GIS) gali kurti geografinius objektus, pateiktus pagal buvimo vietą *ant* ar *išilgai* atskaitos elemento. Šios vietos yra:

- XY vieta: informacijos X ir Y koordinatų pora, aprašanti elemento buvimo vietą.
- Adreso vieta: adresų vietos yra elementai, kurie gali būti nustatyti remiantis adresu, atitinkančiu vietą gatvių tinkle arba kitus elementus, turinčius adresą identifikatorių – pavyzdžiui, pašto kodą ar sklypo numerį, šalies arba regiono pavadinimus ir pan.

Esami duomenys netiesiogiai fiksuojami kaip erdvinė informacija: gatvių adresai, miestų pavadinimai ar netgi telefono numeriai. Mes suprantame gatvės adresą, kompiuteriai – ne. Kad panaudotų vietas erdvinėje programinėje įrangoje, operatoriai turi nurodyti koordinatas. Adresų geokodavimas arba adresų sutapdinimas yra tekstinio vietos aprašymo transformavimo į geografinę vietą kompiuterinėje programinėje įrangoje procesas.

- Maršruto vieta: maršrutų vietos susiejamos su bazine maršruto sistema. Šis procesas vadinamas linijiniu georeferencinių koordinatų nustatymu, ir naudoja dinaminį tinklų segmentavimą. Linijinė atskaita yra linijinių elementų matavimo sistema, pavyzdžiui, upės kilometražas arba kelio kilometrų stulpai. Linijinės atskaitos įrašai nustato duomenų padėtį naudojant santykinę padėtį išilgai esamų linijinių elementų.

2.3.5 Rastrinių duomenų įvestis

Erdviniai rastriniai duomenys gali būti gauti iš tokių šaltinių:

- Palydovinės ir aeronuotraukos.
- Skenuoti žemėlapių, fotografijos.

Kita vertus, rastras gali būti gautas iš vektorinių arba kitų rastrinių duomenų. GIS vektorinių duomenų rastrizavimo rezultatas dažnai vadinamas GRID.

Vienas iš efektyviausių būdų surinkti naujausią erdvinę informaciją yra nuotoliniai tyrimai. Nuotoliniai tyrimai taip pat gali būti naudojami kaip svarbus duomenų šaltinis kaupiant teminius duomenis ir gali būti naudojami jiems patikrinti.

Atliekant nuotolinius tyrimus elektromagnetinė energija jutikliais gali būti fiksuojama arba *fotografiniu*, arba *elektroniniu* būdu. Atvaizdai reiškia bet kokią vaizdinę pateiktį. Fotografija konkrečiai reiškia atvaizdus, kurie buvo registruoti ir užfiksuoti fotojuostoje.

Skaitmeniniam fotogrametriniam žemėlapių sudarymui naudojamos persidengiančių aeronuotraukų poros. Kad būtų galima naudoti fotografinius atspaudus, atvaizdams iš analoginių fotografijų ar žemėlapių į skaitmeninius rastrinio formato atvaizdus transformuoti naudojami skeneriai. Skaitmeninių atvaizdų duomenys paprastai remiasi sveikųjų skaičių vieno brito pilkų tonų skale (256 pilki tonai nuo 0 iki 255) nespalvotiems atvaizdams, ir trijų spalvų – raudonos (*red* – R), žalios (*green* – G) ir mėlynos (*blue* – B) skalių rinkiniu spalvotiems atvaizdams.



☐ ☒ 7755.sid
 RGB
 ■ Red: Band_1
 ■ Green: Band_2
 ■ Blue: Band_3

RGB spalvotas aeronuotraukos atvaizdas.

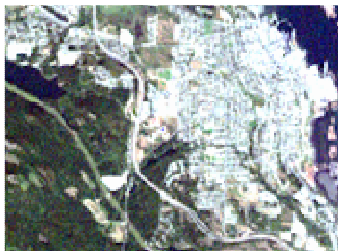
Šiuolaikiniai palydovų vaizdai jau būna fiksuojami ir platinami skaitmeniniais rastriniais formatais. Jie gali būti transformuoti iš tiekėjo formato į programinės įrangos formatą. Daugelis komercinių duomenų tiekėjų, pavyzdžiui EOSAT ir SPOT, teikia radiometriškai patikslintus duomenis užsakovo nurodytu formatu. Skaitmeniniams nuotoliniu būdu fiksuotiems duomenims saugoti naudojama daug įvairių duomenų formatų. Vyriausybė ir komerciniai duomenų tiekėjai naudoja tris pagrindinius nuotolinio fiksavimo formatus: pagal taškus sluoksniuoto diapazono (*band interleaved by pixel* – BIP), pagal eilutes sluoksniuoto diapazono (*band interleaved by line* – BIL), ir nuosekliojo diapazono (*band sequential* – BSQ).

Šiandien žemėlapiams sudaryti ir erdviniais duomenims rinkti dažnai naudojami šių pagrindinių modernių komercinių Žemės stebėjimo palydovų teikiami vaizdai:

- LANDSAT-7 teikia 30 metrų paviršiaus skiriamąją gebą spalvotiems vaizdams, 15 metrų panchromatiniams.
- SPOT-5 teikia 10 metrų paviršiaus skiriamąją gebą spalvotiems vaizdams, 2,5 metrų panchromatiniams.
- IKONOS teikia 4 metrų paviršiaus skiriamąją gebą spalvotiems vaizdams, 1 metro panchromatiniams.

- *QuickBird* teikia 2,5 metrų paviršiaus skiriamąją gebą spalvotiems vaizdams, 0,6 metro panchromatiniams.

Aeronuotaukos gali turėti mažesnę negu 10 cm paviršiaus skiriamąją gebą. Akivaizdu, kad aeronuotaukų skiriama geba geresnė negu komercinių palydovų.



***Landsat* – 30 m paviršiaus arba erdvinė skiriama geba.**



***Ikonos* – 4 m paviršiaus skiriama geba.**



***QuickBird* – 2,5 m paviršiaus skiriama geba.**

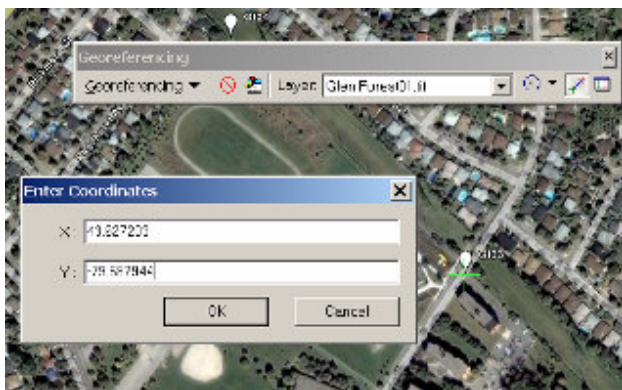


Aeronuotauka – 20 cm paviršiaus skiriama geba.

Kad būtų galima išdėstyti informaciją žemėlapyje, palydovų ir aeronuotraukų vaizdai turi būti *ištaisyti* pagal perspektyvą ir ortogonaliai. Ortografiniuose vaizduose aerofotografinių atvaizdų charakteristikos derinamos su žemėlapių geometrinėmis ypatybėmis. Skirtingai nuo įprastinių aeronuotraukų, pašalinami iškraipymai ir reljefo poslinkiai, kad paviršiaus elementai būtų rodomi jų tikrosiose planimetriškai tinkamose vietose.

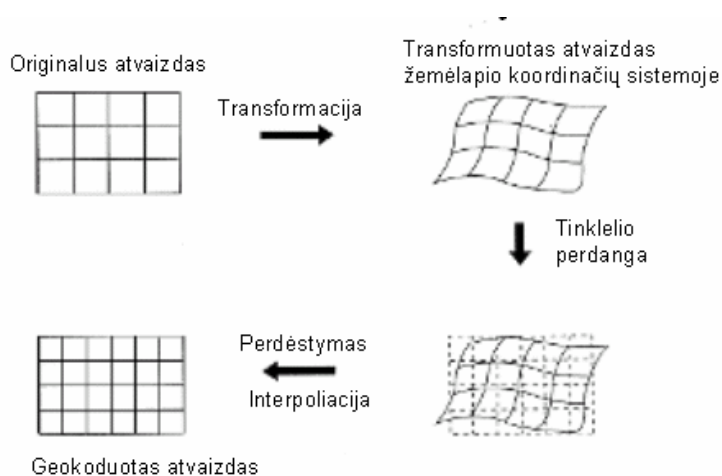
Atvaizdams planimetrinį vaizdą suteikiantys koregavimo procesai (pvz., platformos pokrypio ir perspektyvinio vaizdo panaikinimas) vadinami *ištaisymu* (*rectifications*). Dėl vietovės aukščio skirtumų atsiradusių iškraipymų koregavimo procesai vadinami *ortogonalioju ištaisymu* (*ortho-rectifications*).

Atvaizdo padėties nustatymas bet kokioje koordinatinių sistemoje vadinamas *orientavimu* (*geo-referencing*). Bendrieji orientavimo koordinatinių sistemos atžvilgiu nustatymo metodai yra afinioji transformacija (*affine transformation*), polinominės lygtys (*polynomial equations*) ir lapo ištempimas (*rubber sheeting*).



Atvaizdo orientavimas pagal kontrolinius taškus ArcMap programoje.

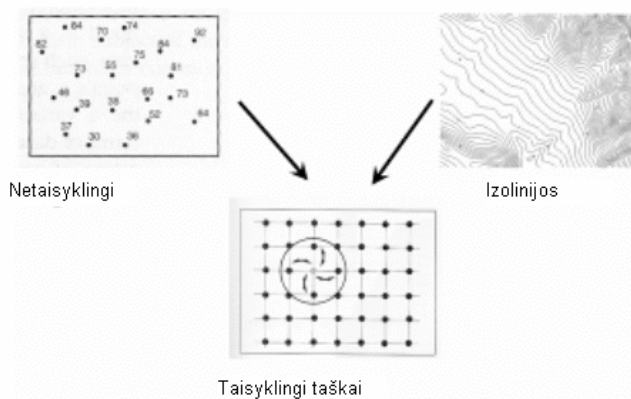
Bet kokios atvaizdo geometrinės transformacijos sukuria naują tinklėlį. Dėl to reikalingas duomenų *perdėstymas* (*resampling*), kai kiekvienas naujo tinklėlio laukelis užpildomas atitinkamomis pradinio tinklėlio laukelio arba laukelių reikšmėmis.



Kitas rastrinių duomenų šaltinis yra GRID. Slankaus kabelio GRID tinklelio duomenys atitinka vieno atributo reikšmės nuolatinį kitimą kiekvienam atskiram rastro laukeliui (*cell*). Pavyzdžiui, skaitmeniniai reljefo modeliai (SRM). Sveikųjų skaičių GRID gali būti naudojamas vaizduoti atskirus objektus, o keletas atributų reikšmių gali atitikti kiekvieną rastro laukelį (pvz., žemės dangos GRID).

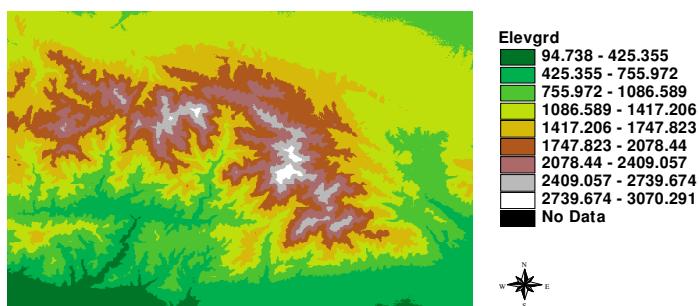
Tinklelio duomenys gali būti išvedami iš keleto šaltinių panaudojant skaičiavimus:

- Nevieningų GPS arba topografavimo duomenų regularizacija.
- Iš žemėlapių surinktų taškinių duomenų regularizacija.
- SRM kompiliavimas naudojant stereovaizdus (fotogrametriniai metodai)
- Vektorinių duomenų interpoliavimas (horizontalės).



Tinklelio sudarymas.

Dažniausias GRID taikymas yra skaitmeninis reljefo modelis (SRM), rodantis išmatuotą aukštį virš arba gylį žemiau jūros lygio.



SRM pavyzdys.

Norint gauti taisyklingą tinklėlį naudojami erdviniai interpoliavimo metodai. Erdvinis interpoliavimas yra būdas, kuriuo iš diskrečių duomenų (skaitmenintų izolinijų, vietovės imčių duomenų ir kt.) gaunami tolydūs paviršiai. *Interpoliacija* yra nematuotų vietų atributų reikšmės numatymo procedūra pagal matavimus, atliktus srities, kurioje surinktos atrankinės imtys,

viduje. Reikšmių numatymas srities, kurioje surinktos imtys, *išorėje*, vadinamas *ekstrapoliavimu*.

2.3.6 Atranka ir surašymas

Atrankos ir surašymo metodai gali būti naudojami surinkti erdvinę arba erdvinį komponentą turinčią informaciją.

Atranka (sampling) yra atskirų stebėjimų registravimo procesas siekiant surinkti tam tikras užpildančias žinias apie objektus ar įvykius. Paprastai atrankos procesą sudaro penki etapai:

- Nustatyti populiaciją.
- Nustatyti matuojamų objektų ar įvykių aibę.
- Nustatyti atrankos metodą atrinkti objektus ar įvykius iš aibės.
- Nustatyti imties dydį.
- Atlikti duomenų paėmimą.
- Atrinkti ir registruoti duomenis.
- Peržiūrėti atrankos procesą.

Erdvinių duomenų atrankos metodai gali būti:

- Visuotinė – surinkti duomenis apie kiekvieną objektą ar įvykį.
- Atsitiktinė – visi erdviniai elementai turi tokią pat tikimybę būti pasirinkti, nepriklausomai nuo vietos ar laiko.
- Sisteminė – atliekant sistemę atranką duomenys pasirenkami pagal tam tikrus kriterijus, pavyzdžiui, iš kas antro kvadratinio kilometro.
- Sluoksniuotoji atranka – jos metu atrenkamos subpopuliacijos, kad kiekviena subpopuliacija būtų atitinkamai atstovaujama.

Galiausiai naudojant tris pastaruosius atrankos metodus kai kurie erdviniai duomenys bus praleisti.

Paprastai *surašymas (census)* yra procesas surinkti informaciją apie kiekvieną populiacijos narį (visuotinė atranka). Šis terminas dažniausiai vartojamas šalies gyventojų ir gyvenamųjų vietų atžvilgiu. Jungtinės Tautos rekomenduoja vykdyti šalių gyventojų surašymus kas 10 metų.

Dar būna žemės ūkio surašymai (visai žemės ūkio veiklai) ir verslo surašymai (visoms įmonėms). Šie surašymai gali būti palyginti su pasirinktos populiacijos poaibiais.

Paprastai surašymo duomenys gali būti geokoduojami (nustatomos geografinės koordinatės) naudojant vektorius (koordinatinę adresų sutapdinimo nuorodų sistemą) arba rastrą (remiantis matricine arba tinklelio išraiška). Surašymo informacija taip pat gali būti grupuojama pagal skirtingus surašymo sričių lygius (apylinkė > miestas > savivaldybė > šalis).

Lietuvos gyventojų surašymas atsako į šiuos klausimus: kiek šalyje yra gyventojų, namų ūkių ir gyvenamųjų būstų? Paskutinis Lietuvos gyventojų surašymas atliktas 2001 m. balandžio 6-13d. Šio surašymo rezultatai pateikti lentelėmis, grafikais ir žemėlapiais, rodančiais šalies gyventojų, tautybių ir regionų charakteristikas. Kai kurie iš šio surašymo duomenų išskaidyti pagal apskričių ir savivaldybių lygius. Surašymo anketą ir metodiką galima rasti Statistikos departamento prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės tinklalapyje <http://www.stat.gov.lt/>.

Lietuvos žemės ūkio surašymas atliktas 2003 m. birželį. Jo metu surinkta informacija apie žemės naudmenas, pasėlius, gyvulininkystę, gyvenamuosius būstus, žemės ūkio techniką, žemės ūkio sektoriuje dirbančių šeimos narių skaičių, samdomų darbininkų skaičių, ūkių grupavimą pagal pajamų lygius ir kt.

2.3.7 Vietovės topografavimo duomenų įvestis

Vietovės topografavimo metu gali būti surinkti šių tipų duomenys:

- Taškų koordinatės.
- Atstumai.
- Kampai.
- Vietovės aukščiai.
- Atributų duomenys.

Jei originalūs duomenys pateikiami skaitmeniniu formatu, šių duomenų įvestis apima importavimą ir skaičiavimus. Rankinis duomenų įvedimas atliekamas klaviatūra. Išsamiau ši tema bus išnagrinėta tolesnėje dalyje.

Topografuojant nuo žinomų taškų išmatuoti kampai ir atstumai naudojami nustatyti kitų taškų padėtį. Topografuojamos vietovės duomenys beveik visuomet registruojami polinėmis koordinatėmis, ir transformuojami į stačiakampes koordinates.

Pasaulinė vietos nustatymo sistema (GPS) yra techninės ir programinės įrangos rinkinys, skirtas nustatyti tikslias vietas Žemėje naudojant iš pasirinktų palydovų gaunamus signalus. Vietos duomenys ir susieti atributų duomenys gali būti užrašomi skaitmeniniu būdu ir perduodami žemėlapiams sudaryti, georeferencinėms koordinatėms nustatyti, ir saugoti skaitmeniniu formatu. Operatorius gali sukurti sudėtingus duomenų žodynus atributinių duomenų rinkimui su GPS.



GPS prietaisas.

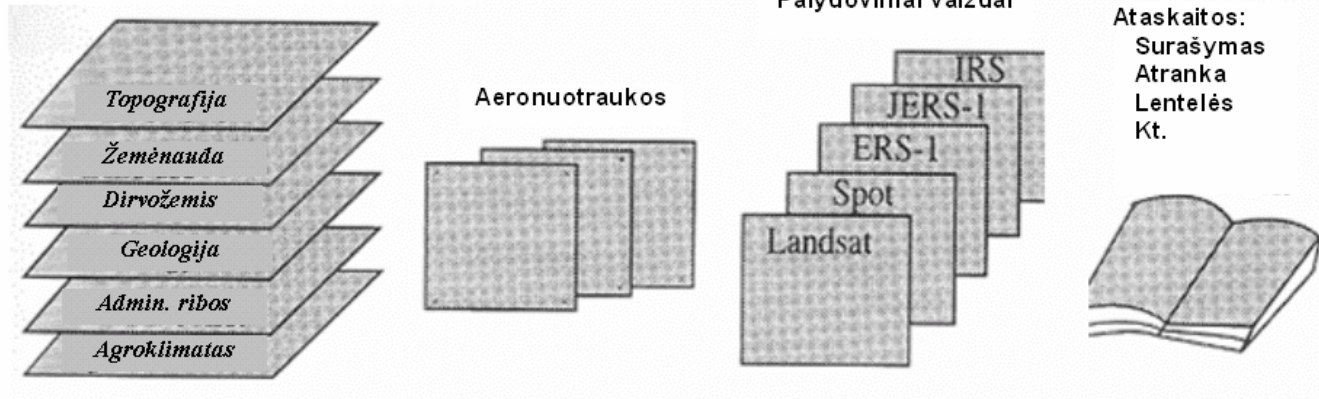
2.3.8 Atributų duomenų įvestis

Saugoma erdvinė informacija taip pat gali turėti erdvinių vietų atributinius duomenis. Atributai gali būti naudojami žemėlapių simbolikai ir anotacijoms, ir gali būti surenkami iš įvairių šaltinių ir įvairiais įvesties metodais:

- Importavimas iš GIS programinių įrangų formatų (ArcGIS, MapInfo ir kt.).
- Importavimas iš atributinių duomenų bazių (*MS Access*, *Oracle* ir kt.).
- Rankinė įvestis klaviatūra.
- Surinkimas iš esamų duomenų (pvz. iš klasifikacijos, skaičiavimų ir t.t.).
- Importavimas iš vietovės stebėjimo.

2.3.9 Išvados

Skaitmeniniai ir analoginiai žemėlapiai



Pagrindiniai erdvinių duomenų šaltiniai.

Dalies klausimai savarankiškam darbui:

1. Surašykite dar tris kitus erdvinių duomenų įvesties būdus, neskaitant skaitmeninimo.
2. Aprašykite geometrinių transformacijų reikšmę įvedant rastrinius duomenis.
3. Paminėkite du popierinių žemėlapių vertimo skaitmeniniais duomenimis būdus.
4. Kuris iš šių skaitmeninimo metodų yra automatinis:
 - a. skaitmeninimas naudojant skenerį ir rastro atpažinimą,
 - b. skaitmeninimas naudojant stalinę koordinatinę planšetę,
 - c. skaitmeninimas ekrane?
5. Ar tiesa, kad galima sukurti skaitmeninį žemėlapį naudojant tekstinį failą su x- ir y-koordinatėmis?
 - a. taip,
 - b. ne.

Privaloma literatūra:

- **Chapter 2:** Geospatial Data Development: Building data for multiple uses, Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook, Editor: Douglas D. Nebert, Technical Working Group Chair, GSDI, Version 2.0 25 January 2004, <http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf>
- Data Sources for GIS, The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado, http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/sources/sources_f.html
- Collection of Spatial Data Sources, Data Input, Data Conversion, Spatial Data Accuracy sections, Geospatial Data Clearing House Notes site, correspondent links
<http://corpsgeo1.usace.army.mil/geo/metadata/sec7input/datacoll.html>
<http://corpsgeo1.usace.army.mil/geo/metadata/sec7input/datainput.html>
<http://corpsgeo1.usace.army.mil/geo/metadata/sec7input/dataconv.html>
<http://corpsgeo1.usace.army.mil/geo/metadata/sec7input/dataacc.html>
- **Chapter 11:** Finding locations, Modeling Our World, Zeiler, M., ESRI Digital Library, 1999.
- Satellites and sensors section and all subsections, Canada Centre of Remote Sensing (CCRS), 2004 Fundamentals of Remote Sensing. Section URL: http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter2/01_e.php
- The Concept of Remote Sensing, The Nature of Satellite Digital Data, Digitization sections, Short, N., NASA, 2005, The "Short" Tutorial. Website URL: <http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Front/tofc.html> Sections' URLs: http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Intro/Part2_1.html

<http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/AppB/B2.html>

<http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/AppB/B3.html>

ESRI virtualusis kursas:

- **Module 2: Cartography, Map Production, and Geovisualization**, Turning Data into Information Using ArcGIS 9

Užduotis:

- **Assignment 2:** Geo-referencing of air-photographs

Literatūra

- [1] Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook, Editor: Douglas D. Nebert, Technical Working Group Chair, GSDI, Version 2.0 25 January 2004.
- [2] Thematic Cartography and Geographic Visualization, Terry A. Slocum, Robert B. McMaster, Fritz C. Kessler, Hugh H. Howard, 2nd ed., 2004.
- [3] Elements of Cartography, Arthur H. Robinson, Joel L. Morrison, Phillip C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, Stephen C. Guphill, 6th ed., NY: John Wiley & Sons Inc., 1995.
- [4] Modeling Our World, Zeiler, M., ESRI Digital Library, 1999.
- [5] The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado, <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/notes.html>
- [6] Fundamentals of Remote Sensing, Canada Centre of Remote Sensing (CCRS), 2004, Website URL: <http://ccrs.nrcan.gc.ca/>

Vartojami terminai

- *Data layers* – duomenų sluoksniai
- *Digitizing* – skaitmeninimas
- *Batch mode digitizing* – paketinis skaitmeninimas
- *Vectorization* – vektorizavimas
- *Rasterization* – vertimas į rastrinį vaizdą
- *Geocoding* – geokodavimas
- *Rectification* – ištaisymas
- *Ortho-rectification* – ortogonalusis ištaisymas
- *Georeference* – geografinės atskaitos taškų nustatymas
- *Address event* – adreso vieta
- *Route event* – maršruto vieta
- GRID
- *Digital Elevation Models (DEM)* – Skaitmeninis reljefo modelis (SRM)
- *Interpolation* – interpoliacija
- *Sampling* – atranka
- *Stratified sampling* – sluoksniuotoji atranka
- *Census* – surašymas

3 Antžeminiai matavimai ir padėties nustatymas

Šioje kurso dalyje supažindinama su geodezijos dalimis, kurias reikia žinoti kuriant erdvinių duomenų infrastruktūros (EDI) pagrindo žemėlapius. Aptariamos kartografijoje ir GIS naudojamos koordinačių sistemos, globalių geodezinių tyrimų svarba, elipsoido horizontalaus ir vertikalaus orientavimo parametrai ir jų transformacijomis bei pagrindiniai horizontalių ir vertikalų matavimų metodai. Šioje dalyje taip pat aptariami Lietuvos koordinačių sistemų parametrai.

Dalies turinys

- Įvadas
- Koordinačių sistemos
- Geodezija
- Atraminio geodezinio pagrindo matavimai
- Matavimų principai ir technologija
- Horizontalūs matavimai
- Vertikalūs matavimai
- Matavimai elektroniniu tacheometru

3.1 Įvadas

Geodezija yra labai senas Žemės paviršiaus matavimo ir žemėlapių sudarymo mokslas. Geodeziniai duomenys ir matavimų rezultatai gali praversti dirbant su EDI.

Pagal juos galima nustatyti žemėlapių ir erdvinių duomenų georeferencinį pagrindą (pasaulinę koordinatų sistemą ir orientavimo parametrus). Visose GIS tipo erdvinėse sistemose galima nurodyti, kurioje koordinatų sistemoje rodyti ir saugoti duomenis. Geografiškai neorientuoti erdviniai duomenys gali būti nepritaikomi praktiškai.

Iš matavimų rezultatų galima gauti erdvinius duomenis. Yra tikslių, bet brangių būdų erdviniams duomenims gauti, pavyzdžiui, antžeminiai ir GPS matavimai.

Matavimų duomenys paprastai yra kito formato negu GIS duomenys. Matavimų rezultatai paprastai išreiškiami atstumais, kampais ir aukščių skirtumais. Matavimų duomenims konvertuoti į įprastinį erdvinių duomenų bazės formatą (taškus, linijas, poligonus ar rastrą) reikia matavimų apdorojimo arba GIS programinės įrangos. Konvertuotus duomenis galima įrašyti į EDI erdvinių duomenų bazę.

Pagal taikymo sritį geodezijos mokslas skirstomas į globaliosios geodezijos, geodezinių matavimų ir matavimų plokštumoje šakas.

Globalioji geodezija nustato Žemės dydį, formą ir išorinį gravitacinį lauką. Globaliosios geodezijos matavimų rezultatai naudojami horizontalioms ir vertikaloms koordinatų sistemoms apibrėžti ir erdviniams duomenims tiksliai horizontaliai ir vertikalčiai orientuoti geografinėje erdvėje.

Geodeziniais matavimais, pagal pakankamai didelio kontrolinių taškų skaičiaus koordinates, atsižvelgiant į bendrą Žemės paviršiaus kreivumą, nustatomas šalies paviršius. Taip pat šiais matavimais nustatomos vietinės koordinatų sistemos ir atraminiai taškai, skirti praktinėms matavimų plokštumoje užduotims.

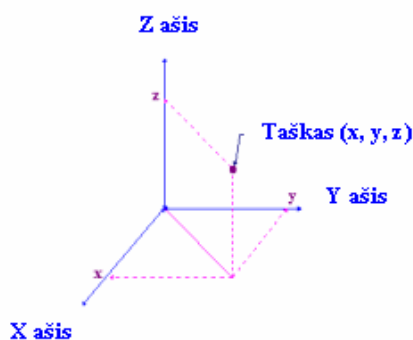
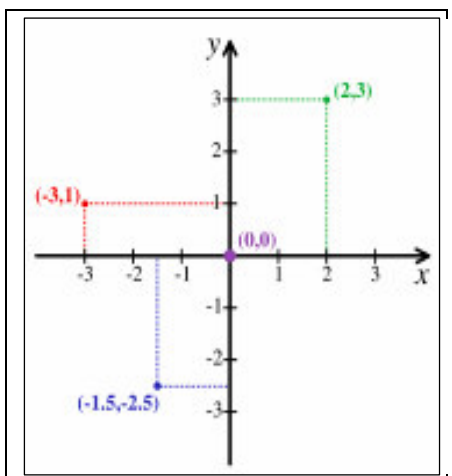
Matavimai plokštumoje apima topografinius, kadastrinius ir inžinerinius matavimus. Matavimų plokštumoje rezultatai naudojami topografiniams ir kadastro žemėlapiams sudaryti, inžineriniams darbams bei kitoms praktinėms užduotims spręsti. Apskritai matuojant nustatoma vieta, vietos pokyčiai, atstumai tarp taškų ir kampų bei aukščių skirtumai.

Matavimai turi būti atliekami atraminėje **koordinatų sistemoje** (t. y. geografinėje, stačiakampėje pasaulinėje, vietinėje ar kt.).

3.2 Koordinačių sistema

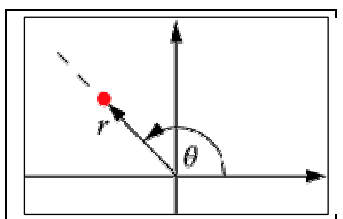
Koordinačių sistemos skirtos taško vietai n -matėje erdvėje nusakyti. Kartografijos ir matavimų atveju tai dvimatė arba trimatė erdvė.

Stačiakampių (ortogonalinių) koordinačių sistemas pirmasis pradėjo naudoti Rene Dekartas. Šios dvimatės ir trimatės koordinačių sistemos geometrinėje analizėje vadinamos *Dekarto* sistemomis. Šiose sistemose taško padėtį nurodo abscisė ir ordinatė.

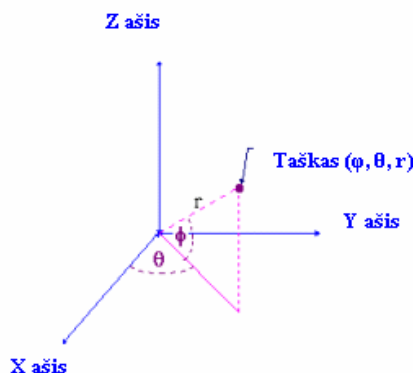
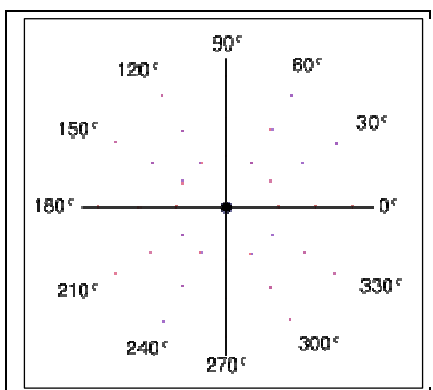


Dvimatė ir trimatė Dekarto koordinačių sistemos

Koordinačių sistemos, kuriose nurodomas kampas nuo bazinės linijos, vadinamos *polinėmis*. Šiose sistemose taško padėtis nurodoma spinduliu ir kampu (-ais).



Polinės koordinatės



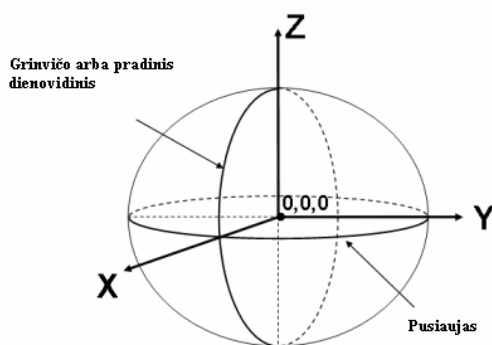
Dvimatė ir trimatė polinės koordinatinių sistemų

Geodezijos, matavimų ir kartografijos srityse naudojamos abi koordinatinių sistemų.

3.2.1 Koordinatinių sistemų geodezijoje, kartografijoje ir GIS

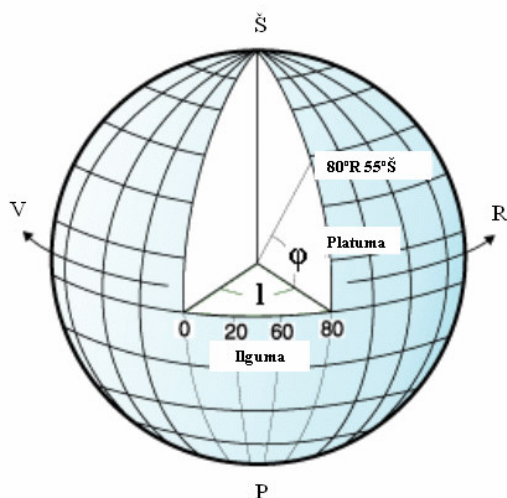
Geografinėi padėčiai nurodyti daugiausia naudojamos šios koordinatinių sistemų:

- pasaulinės Dekarto koordinatės (X, Y, Z): visos žemės koordinatinių sistema. Šios koordinatinių sistemos atskaitos taškas yra Žemės centras. Ši sistema ypač sudėtinga ir nepatogi, ją sunku susieti su dvimatėmis vietovių koordinatinių sistemomis.



Pasaulinė Dekarto koordinatinių sistema

- Geografinės koordinatės (φ , l , h): φ ir l išreiškiami kampiniais dydžiais. Platuma φ ir ilguma l priklauso nuo konkrečios Žemės formos, kuri gali būti sfera arba elipsoidas. Geografinės sistemos parametrai – pradinis dienovidinis ir orientavimo parametrai. Geografinės koordinatės – bendra geodezinių (aptariamų toliau) ir astronominių (pagrįstų astronominiais stebėjimais) sistemų sąvoka.
 - Astronominių koordinatinių sistemos turi atskaitos *pradžią* – vieną atskaitos tašką, nuo kurio matuojama kitų taškų padėtis; paprastai šis taškas – stebėtojo vieta arba Žemės, Saulės ar Paukščių tako galaktikos centras. Bet kuri erdvės vieta nurodoma „spindulio vektoriumi“ arba „rodykle“ nuo pradžios taško iki vietos, t. y. nurodomas *atstumas* (vektoriaus ilgis) ir *kryptis*.

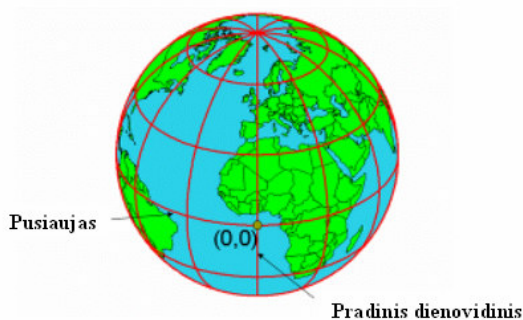


Geografinė koordinačių sistema

- Projekcinės koordinatės (x, y, z): Žemės paviršiaus sritis projektuojama į Dekarto arba plokštumines koordinates. Projekcinės koordinačių sistemas aptarsime kitoje kurso dalyje.

Pasaulinėse ir projekcinėse koordinačių sistemose z koordinatės (aukščiai) nurodomos **geometriniais dydžiais**; geografinėje koordinačių sistemoje z koordinatės nurodomos **pagal gravitacinį lauką**.

Geografinės koordinačių sistemos pagrindą sudaro rinkinys įsivaizduojamų susikertančių linijų, einančių per žemės paviršių. Šioje sistemoje vieta ir kryptis nustatoma pagal dvi pagrindines linijas – pradinį (nulinį) dienovidinį ir pusiaują.

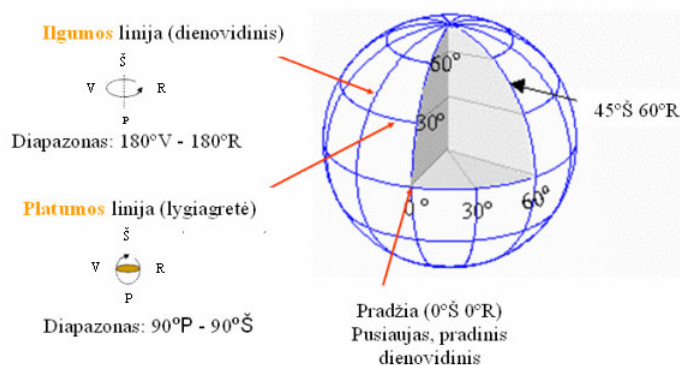


Geografinės koordinačių sistemos dienovidiniai ir lygiagretės

Geografinės koordinatės tinka vietai ir orientacijai nurodyti bei taškų padėties ant sferoido paviršiaus ir atstumų tarp jų pokyčiams nustatyti. Bet kurio Žemės paviršiaus taško geografinės koordinatės nurodomos ilguma, platuma (ϕ, l) bei vertikaliu atstumu nuo geoido (z).

Pagrindiniai geografinės koordinatų sistemos elementai:

- Pusiaujas – Žemės paviršiaus ir jį pusiau dalijančios statmenos sukimosi ašiai plokštumos sankirtos linija.
- Dienovidiniai – Žemės sferos ar sferoido (elipsoido) ir per Žemės centrą einančių vertikalų plokštumų sankirtos linijos.
- Platuma (φ) ir ilguma (l) nurodomos remiantis elipsoidu – paviršiumi, gaunamu sukant elipsę apie jos ašį.
- Altitudė (z) nurodoma remiantis geoidu – vienodo gravitacinio potencialo paviršiumi.
- Žemės paviršiaus aprašymo matematiniai parametrai (išsamiau aptarsime vėliau) – nurodo standartines elipsoido ir geoido bazinių linijų vertes.
- Platuma matuojama laipsniais į šiaurę arba į pietus nuo pusiaujo.
- Ilguma matuojama laipsniais į vakarus arba į rytus nuo pradinio dienovidinio.
- Pradinis dienovidinis eina per Karališkąją Observatoriją Grinviče, Anglijoje. Šis pradinis dienovidinis pripažįstamas visame pasaulyje.



Geografinės koordinatų sistemos elementai

Grinvičas, Anglija

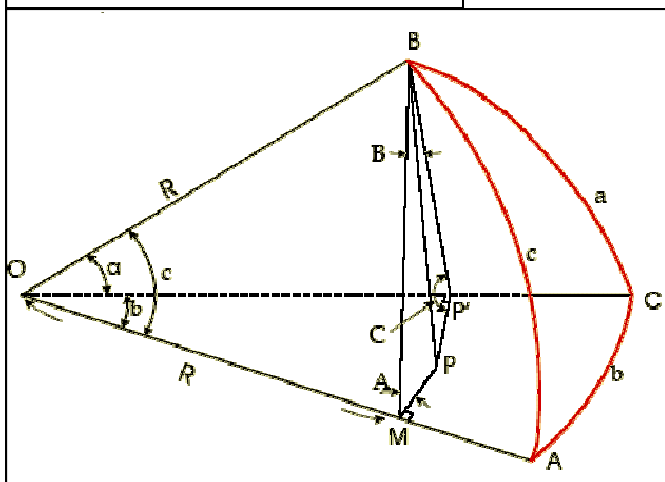
Erdvinės informacijos ir žemėlapių kūrimo programose, pavyzdžiui GIS, geografinės koordinatės patogiau išreikšti ne laipsniais, minutėmis ir sekundėmis (LMS), o dešimtainiais laipsniais (DL). Abiejų pusrutulių taškų padėtis į Rytus ar Vakarus nuo pradinio dienovidinio nurodoma atitinkamai „R“ ir „V“ (ar pan.) raidėmis. Jei naudojami dešimtainiai laipsniai, padėtis nurodoma teigiamu arba neigiamu skaičiumi. Pavyzdžiui,

Vilniaus geografinės koordinatės laipsniais, minutėmis ir sekundėmis (LMS) yra $25^{\circ} 16' 00''$ V ir $54^{\circ} 41' 00''$ Š. Dešimtainiais laipsniais (DL) jos yra +25,276 ir 54,689.

Atstumus ant Žemės paviršiaus galima išmatuoti remiantis sferinės trigonometrijos lygtimis arba sinusų bei kosinusų teoremomis:

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$



Atstumų matavimas ant Žemės paviršiaus

3.3 Geodezija

Geodezija yra mokslas apie žemės dydį, formą ir traukos lauką, atsižvelgiantis į tai, kad Žemė yra paplokščias elipsoidas, o ne taisyklinga sfera. Atliekant geodezinius matavimus, taškų geodezinės koordinatės skaičiuojamos pagal elipsoidą, kuris labai artimas Žemės paviršiaus dydžiui ir formai matavimų vietovėje. Šis elipsoidas – tai taisyklingas konkrečių matmenų matematinis paviršius.

3.3.1 Elipsoidas

Elipsoidas (taip pat vadinamas sferoidu) – tai ties poliais plokštėjanti sfera. Geodezijoje naudojamos geografinės koordinatės neatitinka tikrosios Žemės formos. Geodezija remiasi idealiu elipsoidu, apytiksliai atitinkančiu tikrąją Žemės formą.

Elipsoidas yra Žemės paviršiaus formą nurodanti geografinės koordinatės sistemos dalis, pagal kurią nustatoma platuma ir ilguma. Pagrindiniai elipsoido parametrai:

a – didžioji ašis

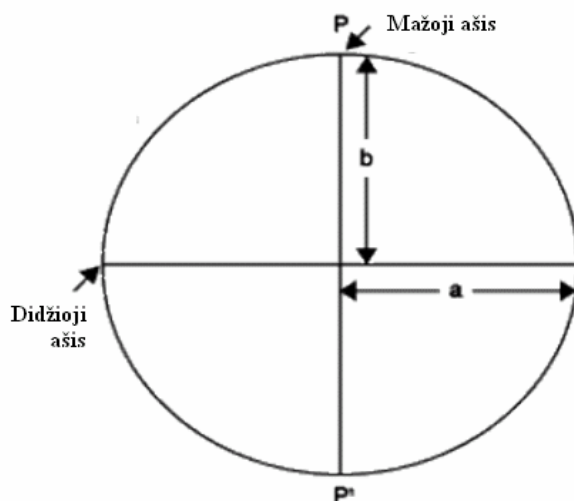
- b – mažoji pusašė

$$f = \frac{a - b}{a}$$

- f – elipsės paplokštumas $f \approx \frac{1}{300}$

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

- e – 1-asis elipsės ekscentriškumas



Elipsoidas

Lietuvos georeferencinių duomenų bazėje duomenims geografiškai orientuoti naudojamo elipsoido parametrai:

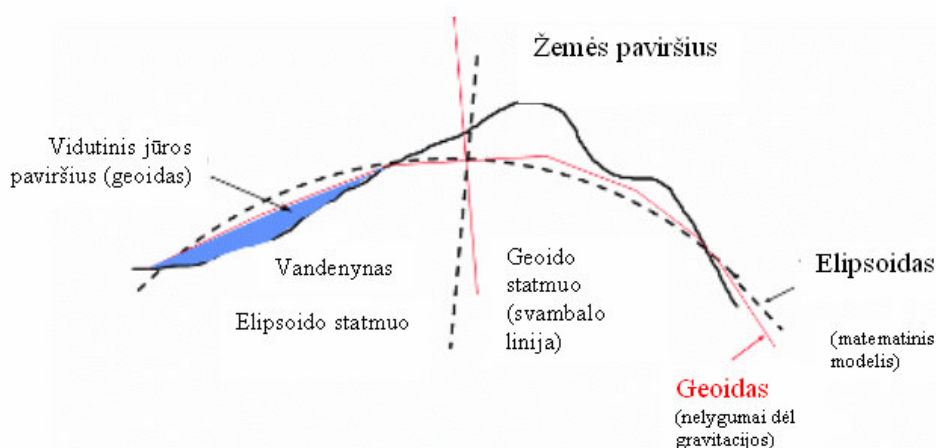
- Pavadinimas – GRS_1980: tarptautinė geodezinė atskaitos sistema

- a didžioji pusašė – 6378137,0
- b mažoji pusašė – 6356752,31414035610
- $1/f$ paplokštumas – 1/298,257222101000020000

3.3.2 Geoidas

Kitas geodeziniam matavimams svarbus paviršius yra geoidas. **Geoidas** dar tiksliau atitinka Žemės paviršių, negu elipsoidas. Geoidas – tai paviršius, kurį sudarytų visos žemės vandenynai, jei vandens pasiskirstymą lemtų tik Žemės gravitacija ir Žemės sukimosi sukelta išcentrinė jėga. Tai vienodo gravitacinio potencialo paviršius, kuriam gravitacijos jėga visur statmena.

Kadangi Žemės masė pasiskirsčiusi netolygiai, geoidas yra netaisyklingas paviršius; elipsoidas – taisyklingas paviršius, taigi šie paviršiai negali sutapti. Šių paviršių skirtumai vadinami geoido nelygumais, geoido aukščiais arba geoido skirtumais. Geoidas nustatomas antžeminiiais matavimais, naudojant specialius prietaisus.



Žemės paviršius, elipsoidas ir geoidas

Kampas tarp geoidui statmenos „svambalo linijos“ (vadinamosios „vertikalės“) ir elipsoidui statmenos linijos (vadinamosios „normalės“) vadinamas vertikalės nuokrypiu. Šis kampas gali būti 3'' ir didesnis. Pagal astronomines ir geodezines koordinates nustatyta taško padėtis gali skirtis atitinkamai apie 30 m ir daugiau.

3.3.3 Fizinė geodezija

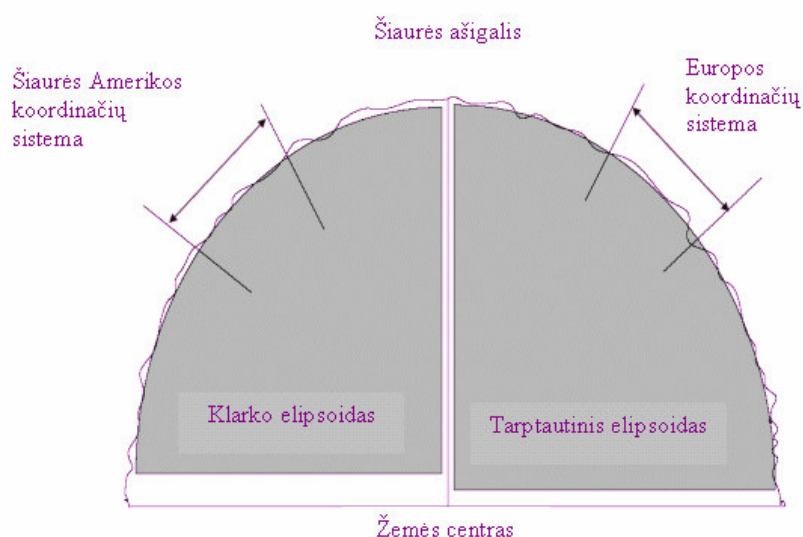
Fizinė geodezija nustato geoido formą ir Žemės dydį pagal Žemės gravitacinio lauko matavimų rezultatus ir charakteristikas. Turint pakankamai informacijos apie Žemės gravitacinį lauką, galima nustatyti geoido nelygumus, gravimetrinius nuokrypius ir Žemės paplokštumą.

Yra du skirtingi gravitacijos matavimų tipai:

- Absoliuti gravitacija – tam tikrame taške gravitacinio pagreičio vertė matuojama tiesiogiai.
- Santykinė gravitacija – matuojami gravitacinio pagreičio skirtumai tarp dviejų ar daugiau taškų.

Fizinės geodezijos metodais gaunami geoidui artimi elipsoidų modeliai, kuriuos galima naudoti kaip pagrindą vietai (horizontaliai) ir altitudei (vertikaliai) tiksliai nustatyti. Tačiau elipsoidas turi atitikti geoidą įvairiausiose žemės vietose, todėl naudojama daug skirtingų elipsoidų.

Elipsoido pavadinimas	a	f
<i>Geodetic Reference System 1980</i>	6378137,0	298,257222101
1924 m. tarptautinis	6378388,0	297,0
1866 m. Klarko	6378206,4	294,9786982
1940 m. Krasovskio	6378245,0	298,3
1830 m. Everesto	6377276,345	300,8017
WGS 84	6378137,0	298,257223563
WGS 72	6378135,0	298,26



Skirtingose vietose naudojami elipsoidai

3.3.4 Elipsoido orientavimo parametrai

Horizontalaus ir vertikalio orientavimo parametrai – tai bendrų atskaitos sistemų elementai, skirti unikaliai bet kurio Žemės taško padėčiai nurodyti.

Horizontalaus orientavimo parametrai nurodo konkretų elipsoido variantą.

Vertikalaus orientavimo parametrai nurodo lygį, nuo kurio matuojama altitudė.

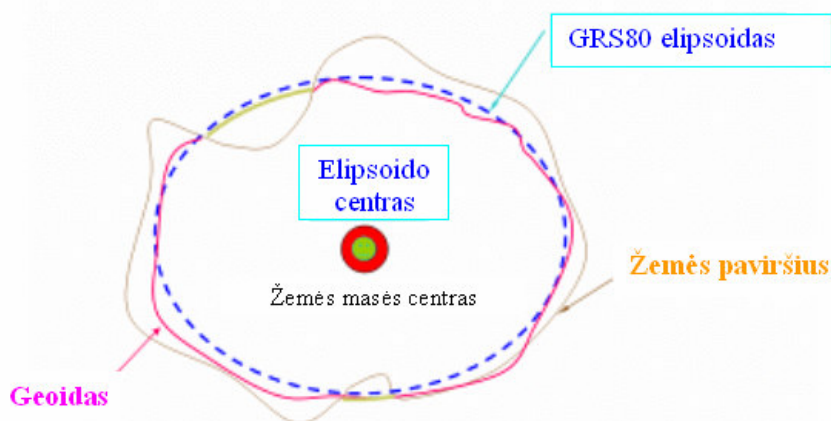
Orientavimo parametrai suteikia atskaitos sistemą Žemės paviršiaus taškų padėčiai matuoti. Jie nurodo platumos ir ilgumos linijų pradžią ir orientaciją bei altitudžių atskaitos tašką.

3.3.5 Horizontalaus orientavimo parametrai

Horizontalaus orientavimo parametrai nurodo Žemės paviršių atitinkančio sferoido padėtį. Horizontalaus orientavimo parametrai yra dviejų tipų:

- **geocentriniai** – atskaitos pradžia yra žemės masės centre;
 - pagrįsti palydovų orbitiniais duomenimis;
- **vietiniai** – sferoidas orientuojamas taip, kad kuo tiksliau atitiktų Žemės paviršių konkrečioje srityje;
 - pagrįsti antžeminių geodezinių matavimų rezultatais.

Geocentrinių orientavimo parametru (pvz., WGS1984) atskaitos pradžia yra žemės masės centras. Kai kurie geocentriniai elipsoidai yra pasauliniai – jie skirti gauti gerą vidutinį tikslumą visame Žemės paviršiuje. Pavyzdžiui, WGS 1984 sistema skirta visos Žemės taškų padėtimis nustatyti.

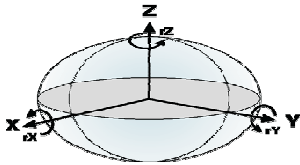


Pasaulinio geocentrinio elipsoido atskaitos pradžia

Nacionaliniai orientavimo parametrai elipsoidą orientuoja taip, kad jis kuo tiksliau atitiktų konkrečios geografinės srities (regiono, šalies) Žemės paviršių. Pavyzdžiui, NAD83 parametrai skirti Šiaurės Amerikos vietovių matavimams; D_Lithuania_1994 parametrai nurodo GRS elipsoido padėtį ir orientaciją Lietuvos Respublikoje.

Horizontalaus orientavimo parametrai nurodo tam tikrą elipsę ir jos sukimosi ašį (geocentriniai parametrai) arba elipsoidą ir atraminį tašką, per kurį eina elipsoido paviršius (vietiniai

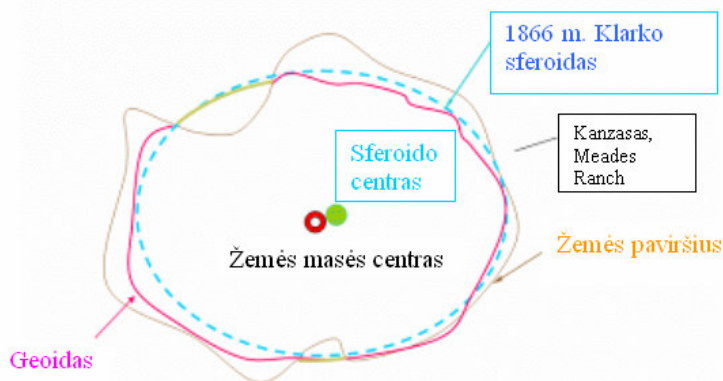
parametrai). Geocentriniai orientavimo parametrai dažnai nurodo elipsoido poslinkį (dx , dy , dz) ir posūkį (rx , ry , yz) trimatėje erdvėje pasaulinio WGS84 elipsoido atžvilgiu.



Posūkio parametrai rx , ry , yz

Vietiniai parametrai (pvz., NAD27, SD42 Pulkovo) orientuoja elipsoidą taip, kad jis kuo tiksliau atitiktų Žemės paviršių konkrečioje srityje. Šie parametrai nurodo naudojamą elipsoidą ir jo orientaciją atraminio taško, per kurį eina elipsoido paviršius, atžvilgiu. Elipsoido **vietinis atraminis taškas** sutapatinamas su tam tikru Žemės paviršiaus tašku, nuo kurio apskaičiuojama visų kitų elipsoido taškų padėtis. Pavyzdžiui, NAD27 sistema naudoja 1866 m. Klarko sferoidą, kurį taikant gaunamas mažiausias skirtumas tarp geoido ir sferoido Meades Ranch vietovėje, Kanzaso valstijoje. Vietinis atraminis taškas yra žemyninės JAV dalies geografinis centras.

Vietiniai parametrai nusako, kad elipsoido centras nėra Žemės centras.



Vietinio elipsoido atskaitos pradžia

Orientavimo parametrus reikia žinoti, nes nuo jų priklauso objektų koordinatės: sutampantys objektai, kurių koordinatės nustatytos pagal skirtingus orientavimo parametrus, žemėlapyje atsidurs skirtingose vietose. Ir atvirkščiai, *tas pačias* koordinatės skirtingose sistemose atitinkančių Žemės paviršiaus taškų horizontali padėtis gerokai skiriasi. Šis skirtumas gali būti net iki 100–200 metrų.

Kadangi orientavimo parametrai skirti konkrečiam elipsoidui, taip pat svarbu žinoti ir elipsoidą, pagal kurį buvo apskaičiuotos naudojamų duomenų geografinės koordinatės.

Oficiali Lietuvos Respublikos horizontali koordinatinių sistema – D_Lithuania_1994. Jos parametrai: GRS80 sferoidas; poslinkio parametrai dx , dy , dz , posūkio parametrai rx , ry , yz ir didinimas lygūs nuliui (GRS80 sferoido (elipsoido) centras sutampa su WGS1984 centru).

Horizontali **geodezinė koordinačių sistema** apibūdinama sferoidu ir jo orientavimo parametrais. Šie du elementai būtini geodezinei koordinačių sistemai nurodyti. Dar vienas būtinas geodezinės koordinačių sistemos parametras yra atstumo matavimo vienetas. Daugelis koordinačių sistemų turi ir kitų būtinų parametrų.

Dabartinė valstybinė Lietuvos geodezinių koordinačių sistema – bendros Europos koordinačių pagrindu sudaryta GCS_ **LKS**_1994 (LKS 94) sistema. Šios sistemos parametrai:

- Kampų matavimo vienetas: laipsnis (0,017453292519943299)
- Pradinis dienovidinis: Grinvičo (0,0)
- Horizontali koordinačių sistema: D_Lithuania_1994
- Sferoidas: GRS_1980
- Didžioji pusašė: 6378137,0
- Mažoji pusašė: 6356752,31414035610
- Atvirkštinis paplokštumas: 298,257222101000020

Anksčiau buvo naudojama SD42 (KS-1942) geodezinė koordinačių sistema. Ją sudarė 1940 m. Krasovskio elipsoidas ir Pulkovo orientavimo parametrai. Tarybiniai žemėlapiai pagaminti SD42 koordinačių sistemos pagrindu.

Pavadinimas	Pradžios taškas	Sferoidas	Parametrai						
			dx [m]	dy [m]	dz [m]	rx ["]	ry ["]	rz ["]	ds [ppm]
LKS94 (ETRS89)		GRS80	0	0	0	0	0	0	0
SD42	Pulkovo	1940 m. Krasovskio	-40,595	-18,550	-69,339	2,5080	-1,8319	-2,6114	-4,3

Dabartinės ir ankstesnės Lietuvos geodezinių koordinačių sistemos parametrai

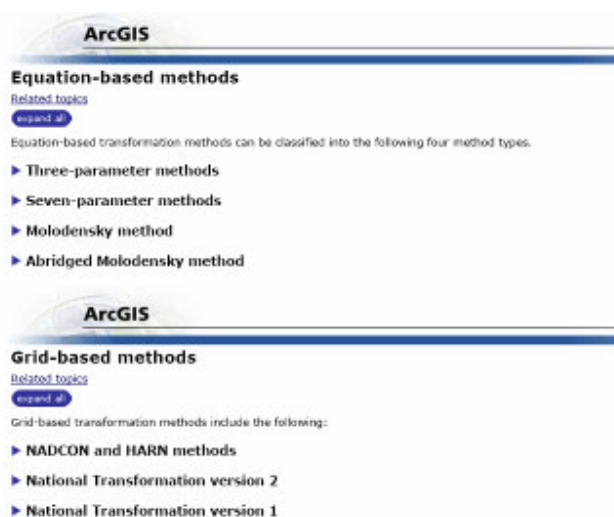
Geografinių koordinačių sistemų transformavimas

Transformuojant geografinių koordinačių sistemą, keičiamas sferoidas ir jo orientavimo parametrai. Transformavimo metodai skiriasi transformavimo tikslumu (nuo centimetrų iki metrų). Šiuos metodus galima suskirstyti į dvi grupes:

- **Skaidymas tinkleliu ir interpoliavimas**
- **Transformavimas sprendžiant lygtis**

Skaidant tinkleliu ir interpoliuojant, geografinės koordinatės (ilguma ir platuma) transformuojamos tiesiogiai. Sprendžiant lygtis, geografinės koordinatės pirmiausia perskaičiuojamos į geocentrines (X,Y,Z), kurios transformuojamos ir vėl perskaičiuojamos į geografines.

Kelios matavimų apdorojimo ir GIS programos palaiko abu transformavimo tipus. Pavyzdžiui, *ArcGIS* geografines koordinates iš vieno orientavimo parametru į kitus gali transformuoti abiem būdais.



***ArcGIS* geografinių koordinačių sistemos transformavimo parinktys**

Sprendžiant **lygtis**:

- Pradinė ilguma, platumas ir altitudė paverčiamos X, Y ir Z koordinatėmis.
- Pagal žinomus X, Y, Z poslinkius X, Y, Z vertės transformuojamos į naujas X, Y, Z vertes.
- Gautos X, Y, Z vertės paverčiamos naujuosius orientavimo parametrus atitinkančia ilguma, platumas ir altitude.

Yra keli lygčių metodai – geocentrinis perskaičiavimas (trijų parametru), koordinačių sistemos posūkio metodai (Bursa–Wolf arba septynių parametru metodai), Molodenskio ir supaprastinti Molodenskio metodai.

Skaidymo tinkleliu ir interpoliavimo metodais vertės iš vienos sistemos į kitą tiesiogiai perskaičiuojamos pagal skirtumų **tinklelį**.

Dominanti sritis padalijama į langelius.

Naudojami du failai: viename įrašyti ilgumų, kitame – platumų skirtumai dešimtainėmis sekundėmis. Bitiesinio interpoliavimo būdu apskaičiuojamas tikslus geografinių koordinačių sistemų skirtumas konkrečiame taške.

Šie metodai potencialiai yra patys tiksliausi (keitimo iš NAD27 į NAD83 tikslumas žemyninėje JAV dalyje yra apie 0,15 m).

Globalūs geodeziniai matavimai

Pagrindinis globalių geodezinių matavimų tikslas – nustatyti pakankamai didelio kontrolinių šalies paviršiaus taškų skaičiaus koordinates.

- Pagal šiuos taškus galima:
 - koreguoti vietinę horizontalią koordinatų sistemą;
 - atlikti matavimus plokštumoje.
 - Šiuose taškuose atliekami aukščio ir gravimetriniai matavimai, pagal kuriuos galima koreguoti vietinę aukščių sistemą.

Šiuo metu daugiausia darbo šioje srityje atliekama GPS sistemomis.

Aukščių sistema

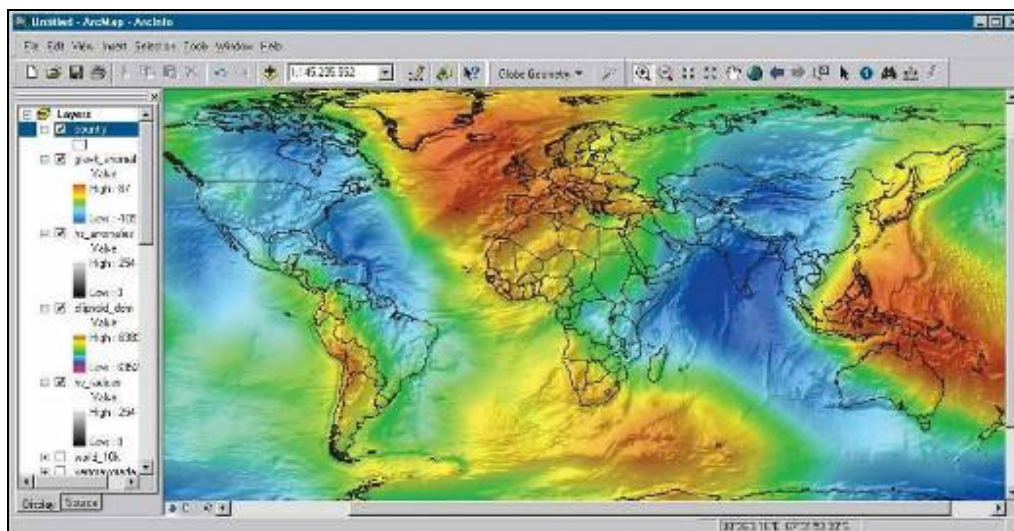
Aukščių sistemos – tai duomenys, naudojami tiksliai aukščiui nustatyti. Aukščių sistema nurodo „nulinį“ altitudės (z) atskaitos tašką. Pavyzdžiui:

- Baltijos aukščių sistema
- 1988 m. Šiaurės Amerikos aukščių sistema (NAVD88)

Kad būtų galima nustatyti aukščių sistemą, reikia atsižvelgti į gravitacines anomalijas (skirtumus tarp elipsoido ir geoido), kurios yra beveik pastovios. Šias anomalijas reikia atvaizduoti žemėlapyje.

Žemės gravitacinis laukas ne visur vienodas, nes nevienodai pasiskirsčiusios Žemę sudarančios medžiagos. Remiantis gravitacinio lauko skirtumų matavimais, buvo nustatyta Žemės forma – **geoidas**.

Vidutinio jūros lygio paviršius (atitinkantis **geoidą**) – tai vidutinis vandenyno lygis, t. y. didžiausio ir mažiausio užregistruoto lygio vidurkis. Jūros „lygis“ (geoidas) nėra visur vienodas; jo nelygumai siekia nuo +85 iki -105 m.

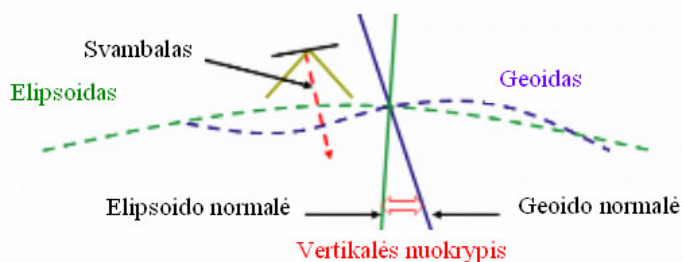


EGM96 aukščių (= geoidas – elipsoidas) diapazonas: nuo - 105 m gylio (mėlyna spalva) iki 87 m aukščio (raudona spalva). Šaltinis: <http://www.esri.com/news/arcuser/0703/geoid1of3.html>

Atliekant tradicinius aukščio matavimus, laikoma, kad vidutinis jūros lygis yra plokštuma, nuo kurios atskaitomas objektų aukštis. Tačiau dabar yra du būdai aukščiui nurodyti:

- nuo **vidutinio jūros lygio (VJL)**, arba **geoido** tradiciniai antžeminiai aukščio matavimai;
- nuo **elipsoido (AVE – aukštis virš elipsoido)**
 - GPS imtuvų naudojami orientavimo parametrai.

Atlikdami antžeminius matavimus, geodezininkai negali tiesiogiai matyti geoido ar elipsoido. Taigi tradiciškai matuoti būdavo pradedama nuo pakrantėse nustatytų vidutinio jūros lygio taškų. Pradedant nuo šių taškų, įvairiais niveliavimo metodais (pvz., nustatant horizontalią niveliavimo padėtį svambalu) galima nustatyti kitų Žemės paviršiaus taškų aukštį.



Horizontalios niveliavimo padėties nustatymas svambalu

Dabar geodezininkai aukštį virš elipsoido nustato GPS imtuvais. Jei norime naudoti abu aukščio matavimų tipus, reikia susieti palydovinius aukščio matavimus su aukščio matavimais nuo vidutinio jūros lygio. Tam reikia žinoti geoido paviršių (geoido aukštį) arba apskaičiuoti geoidą išmatavus jūros paviršiaus aukštį (palydovais) ir susiejus jį su antžeminiiais matavimais nuo vidutinio jūros lygio.

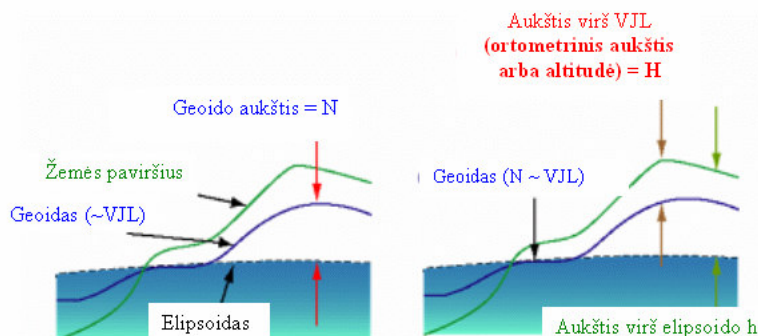
Šie aukščiai susieti lygtimi:

$$h \text{ (GPS)} = H \text{ (niveliavimo)} + N,$$

arba

$$H \text{ (niveliavimo)} = h \text{ (GPS)} - N,$$

kur N – geoido aukštis, h = aukštis virš elipsoido, H – aukštis virš VJL arba geoido (arba ortometrinis aukštis ar altitudė).



Geoidas (N), elipsoidas (h) ir altitudė (H)

Kad paverstume AVE (aukštį virš elipsoido) į ortometrinį (aukštį virš VJL), reikia tikslaus geoido aukščių modelio (pvz., N.G.S. GEOID99, kurio tinklėlio žingsnis yra 1×1 minutė). Pagal anksčiau pateiktą lygtį galime suskaičiuoti AVE ir geoido aukštį. Šiuolaikinių modelių aukščio konversijos tikslumas yra apie 5 cm. Jei norime tikslesnių rezultatų, reikia atlikti vietinius gravitacinius matavimus.

Vertikalioms koordinatėms nustatyti Lietuvoje naudojama Baltijos aukščių sistema. Aukštis matuojamas nuo Kronštato nulio – paviršiaus, artimo vidutiniam jūros lygiui (geoidui, tiksliau – kvazigeoidui). Dabartinė Lietuvos aukščių sistema – tai lygio atskaitos taškų tinklas, kuris dėl didelio sunaikintų reperų skaičiaus ir geodinaminės veiklos neatitinka šiuolaikinių reikalavimų (šaltinis:

<http://72.14.253.104/search?q=cache:QGMzp8yPI0wJ:www1.apini.lt/includes/getfile.php%3Fid%3D232+Lithuanian+Baltic+height+system&hl=en&ct=clnk&cd=1&gl=ca>).

Atraminio geodezinio pagrindo matavimai

Atraminio geodezinio pagrindo matavimais vadinamas geodezinio tinklo sudarymas. Geodezinis tinklas – tai racionaliai žemės paviršiuje išdėstyti ir tarpusavyje susieti ženklai, kurių padėtys (koordinatės) ir aukščiai tiksliai nustatyti.



Geodezinio tinklo ženklas

Geodeziniai tinklai sudaryti iš įtvirtintų punktų, pagal kuriuos matuojamos arba „atskaitomos“ taškų koordinatės. Yra trijų tipų, arba lygių, geodeziniai tinklai:

- horizontalieji geodeziniai tinklai;

- vertikalieji geodeziniai tinklai;
- horizontalieji ir vertikalieji geodeziniai tinklai – pagal juos galima tiksliai nustatyti ir padėti, ir altitudę.

Toliau šiuos tinklus galima skirstyti pagal tikslumą:

- pirmos klasės,
- antros klasės,
- vietiniai.

3.4 Matavimų principai ir technologija

Geodeziniai matavimai – tai Žemės paviršiaus ir jo savybių matavimo menas ir mokslas. Matavimus galima suskirstyti į dvi kategorijas – **horizontalius** ir **vertikalius**. Juos atliekant, koordinatų pradžia nustatoma atitinkamai pagal horizontalius arba vertikalius orientavimo parametrus.

Apskritai atliekant matavimus matuojami trys dydžiai:

- Atstumai
 - Atstumams matuoti naudojami įvairūs prietaisai ir technologijos: mechaniniai prietaisai, elektroniniai tolimačiai, GPS, nuotolinio tyrimo metodai ir kt.
- Kryptys
 - Matuojamos magnetiniu kompasu, teodolitu, girokompasu, radiokompasu, nuotoliniais tyrimais ir kt.
- Aukščiai
 - Matavimo metodai: niveliavimas, GPS, inertinė sistema, nuotoliniai tyrimai ir kt.

Yra keletas horizontalių ir vertikalų matavimų metodų. Populiariausi yra šie:

- Matavimai teodolitu – matuojami kampai ir atstumai, iš jų apskaičiuojamos koordinatės ir aukščiai.
- Geometrinis niveliavimas – matuojant aukščių skirtumus tarp dviejų ar daugiau taškų, aukščių sistemos atžvilgiu tiksliai nustatomi aukščiai.
- Matavimai elektroniniu tacheometru – panašūs į matavimus teodolitu; elektroninis tacheometras – tai teodolitas ir elektroninis tolimatis kartu.
- Inertinės sistemos – platformos su girokopiniu stabilizatoriumi, kuriomis pradedama matuoti nuo žinomos padėties ir aukščio taško.
- GPS (pasaulinė vietos nustatymo sistema) – aplink žemę skriejančių palydovų sistema - skirta antžeminių GPS imtuvų padėčiai ir aukščiui nustatyti.
- Lazeriniai lokatoriai (*Light Detection and Ranging*) – orlaiviuose įrengtos lazerinės sistemos, „skenuojančios“ žemės paviršių ir apskaičiuojančios atstumus.
- Fotogrametrija arba nuotoliniai tyrimai – netiesioginiai Žemės paviršiaus matavimai, kai taškų koordinatės apskaičiuojamos iš stereografinių nuotraukų porų.

Horizontalių matavimų metodai

Galimi horizontalių matavimų metodai:

- Trianguliacija
- Trilateracija
- Ėjimų metodas
- Nekoordinuotos stebėjimo stoties metodas

- Atvirkštinė sankirta

Taikant **trianguliacijos** metodą, matuojami persidengiančių trikampių, daugiakampių ar keturkampių kampai. Šios struktūros linijos jungiasi trianguliacijos punktuose. Visi punktai yra trikampių viršūnėse. Trikampių kraštinės gali būti skirtingo ilgio. Visi trikampių kampai išmatuojami labai tiksliai. Matavimo prietaisų paklaidos eliminuojamos arba numatomos iš anksto. Yra ir griežtesnių procedūrų matavimų paklaidai sumažinti.

Tinklo masteliui nustatyti išmatuojami tam tikrų linijų – vadinamųjų **bazinių linijų** – ilgiai. Nustatoma vieno bazinės linijos taško ilguma, platuma ir azimutas, ir pagal šiuos duomenis apskaičiuojama visų kitų taškų ilguma ir platuma. Visų kraštinių, išskyrus bazines linijas, ilgiai taip pat apskaičiuojami. Skaiciavimui naudojamos figūros turi būti geometriškai tvirtos, ir kiekvieną trikampio kraštinę turi būti įmanoma apskaičiuoti dviem būdais (reikia atitinkamai parinkti trianguliacijos stotis).

Žinomi duomenys:

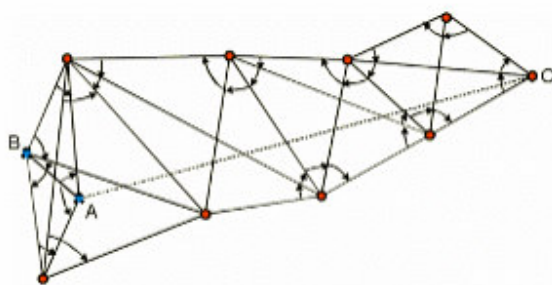
- bazinės linijos AB ilgis ir azimutas;
- taškų A ir B ilguma ir platuma.

Matuojami duomenys:

- naujų kontrolinių taškų kampai.

Trianguliacijos metodu apskaičiuojami duomenys:

- taško C ir kitų naujų taškų ilguma ir platuma;
- AC linijos ilgis ir azimutas;
- bet kuriuos du taškus jungiančios linijos ilgis ir azimutas.



Trianguliacija pagal bazinę liniją AB

Trilateracijos būdu taško padėtis ant žemės paviršiaus nustatoma pagal du kitus taškus, išmatavus atstumus tarp visų trijų taškų. Nustatant taško padėtį trilateracijos būdu, reikia žinoti abiejų atraminių taškų koordinates ir išmatuoti atstumus iki šių taškų. Matuoti galima įvairiais būdais – teodolitu ir elektroniniu tolimačiu, radijo ar aviacine matavimų įranga (pvz., SHORAN – trumpo nuotolio navigacinė sistema).

Žinomi duomenys:

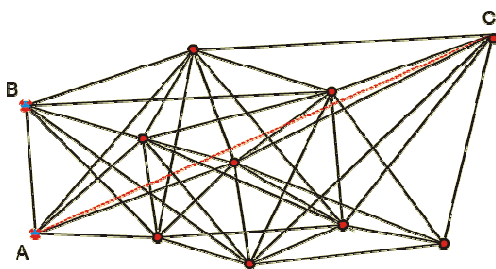
- bazinės linijos AB ilgis ir azimutas;
- taškų A ir B ilguma ir platuma.

Matuojami duomenys:

- visų trikampio kraštinių ilgiai.

Trilateracijos metodu apskaičiuojami duomenys:

- taško C ir kitų naujų taškų ilguma ir platuma;
- AC linijos ilgis ir azimutas;
- bet kuriuos du taškus jungiančios linijos ilgis ir azimutas.

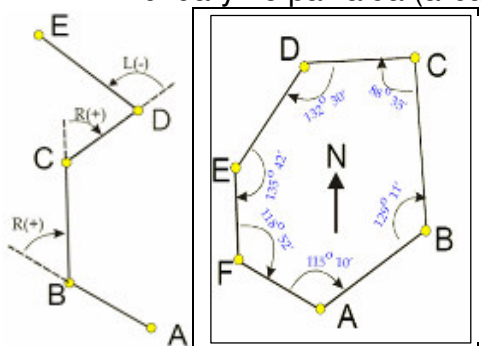


Trilateracija pagal bazinę liniją AB

Ėjimų metodas – tai toks matavimų būdas, kai pradedama matuoti nuo žinomo taško, toliau matavimo prietaisai statomi keliuose nežinomuose tarpiniuose taškuose, ir baigiama matuoti žinomame galiniame taške. Išmatuojamas kiekvieno ėjimo ilgis, o kiekviename matavimo taške išmatuojamas kampas. Autonominiais elektroniniais tolimačiais ar teodolitais gaunami dvimačiai ėjimai. Elektroniniais tacheometrais galima gauti trimačius ėjimus.

Dvi pagrindinės ėjimų klasės:

- *Atvirieji* ėjimai prasideda žinomame taške, o baigiasi nežinomame taške. Šio tipo ėjimo matavimų patikrinti neįmanoma, todėl geriau jo nenaudoti.
- *Uždarieji* ėjimai prasideda ir baigiasi taškuose, kurių koordinatės žinomos. Skirtumas tarp apskaičiuotų ir žinomų galinio taško koordinatų vadinamas uždarymo paklaida (arba liekamosiomis klaidomis).



Atvirasis ir uždasis ėjimas

Matuojant **nekoordinuotos stebėjimų stoties** metodu, apskaičiuojamos nežinomoje vietoje pastatyto prietaiso koordinatės. Reikia nustatyti atstumus nors iki dviejų taškų ir kryptis į šiuos taškus. Matuojant **atvirkštinės sankirtos** būdu, koordinatės skaičiuojamos pagal išmatuotą kryptį (kampą) į bent tris matomus atraminius taškus, kurių koordinatės žinomos.

Būtina daugumos metodų sąlyga yra ta, kad išmatuotų verčių skaičius turi būti didesnis už apskaičiuotų verčių skaičių. Jei ši sąlyga tenkinama, skaičiuojant galima taikyti **mažiausiųjų kvadratų metodą** (MKM) ir kontroliuoti skaičiavimų tikslumą bei koreguoti skaičiavimo algoritmą. MKM metodu apskaičiuojamas sprendinys, kurio matavimo paklaidų kvadratų suma yra mažiausia.

Yra keli ėjimų koregavimo būdai:

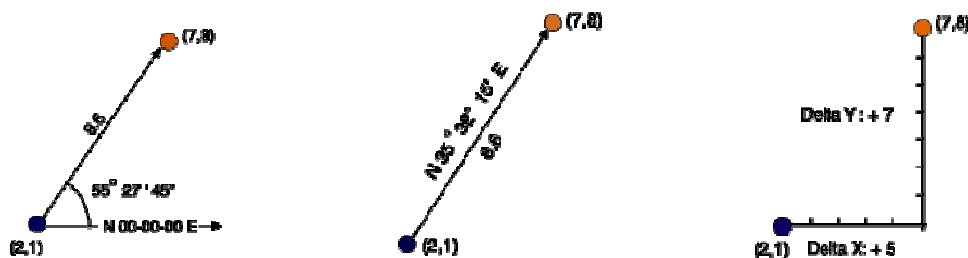
- „*kompaso*“ taisyklė – matavimų pataisos paskirstomos proporcingai linijų ilgiams, koreguojamas kiekvienas kampas ir ilgis;
- „*transit*“ taisyklė – pirmenybė teikiama kampų vertėms, daugiau koreguojami atstumai;
- „*crandall*“ taisyklė – išmatuotos krypties vertės nekeičiamos, koreguojami tik atstumai.

Geodeziniais matavimams apdoroti sukurti specialūs skaičiavimo metodai. Pavyzdžiui, COGO (koordinačių geometrijos – *COordinate GeOmetry*) kompiuteriai naudoja keletą algoritmų, kuriais matavimų rezultatai (azimutai, atstumai ir kampai) paverčiami koordinatiniais (GIS) duomenimis; gautus duomenis galima įrašyti į EDI ir naudoti žemėlapiams.

COGO skaičiavimus galima atlikti su žemėlapiams sudaryti skirtomis programomis. Žemėlapių sudarymo programos gali apskaičiuoti koordinates pagal atstumus iki žinomų atraminių taškų ir jų azimutus, taip pat turi keletą korekcijos funkcijų. Pavyzdžiui, COGO funkcijų turi daugelio elektroninių tacheometrų programinė įranga.

GIS programinė įranga taip pat turi paprastų priemonių matavimų duomenims (ėjimams, atvirkštinei sankirtai ir kt.) apdoroti, ir gali atlikti, pavyzdžiui, šiuos paprastus COGO skaičiavimus:

- XY skirtumas – skaičiuoja matuojamo taško koordinates pagal žinomą skirtumą nuo pradinio taško koordinačių;
- kryptis ir atstumas – koordinatės skaičiuojamos pagal žinomas koordinates, atstumą ir kryptį;
- nuokrypis ir atstumas – naujos koordinatės apskaičiuojamos pagal žinomas koordinates ir žinomą nuokrypio nuo bazinės linijos kampą.



Paprasti COGO skaičiavimai



ArcGIS Desktop COGO skaičiavimų ir matavimų apdorojimo priemonės

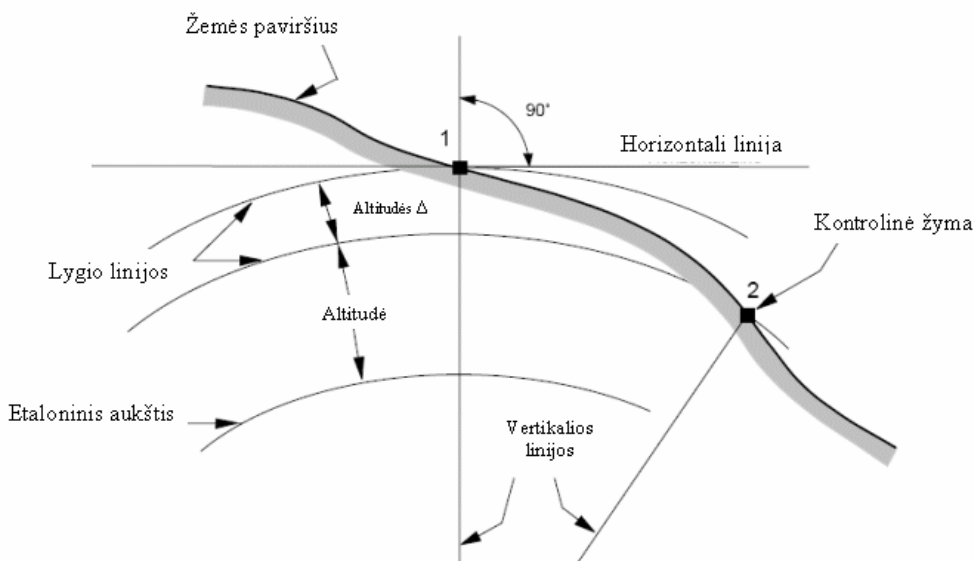
Vertikalūs matavimai

Vertikalūs geodeziniai tinklai gali būti sudaromi įvairiai (pvz., trigonometrinio arba barometrinio niveliavimo būdu, GPS). Pirmos klasės vertikalusis geodezinis tinklas nustatomas geometrinio niveliavimo būdu.



Nivelyras

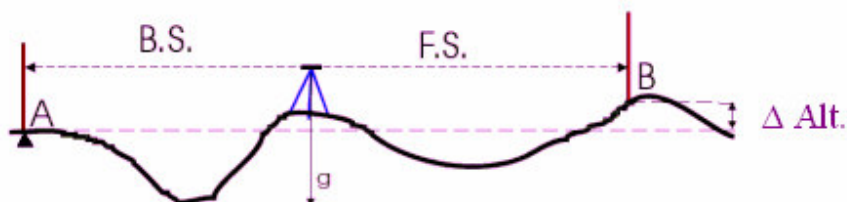
Niveliavimas – tai tikslaus aukščių skirtumo tarp žinomų ir nežinomų Žemės paviršiaus taškų matavimo būdas. Jei nežinomame taške norime įrengti reperį, reikia išmatuoti to taško aukštį etaloninėje aukščių sistemoje.



Niveliavimo schema

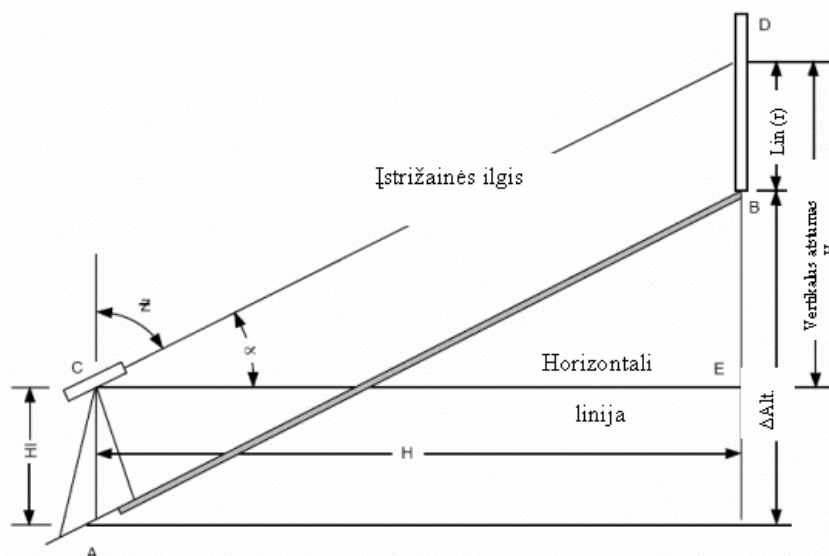
Tikslų taško aukštį etaloninėje aukščių sistemoje galima nustatyti **geometrinio niveliavimo** būdu. Nustatyti taškai vadinami reperiais arba laikiniais reperiais. Žinomo aukščio taške „A“ ir nežinomo aukščio taške „B“ vertikaliai laikomos liniuotės.

Aukščio skirtumas $\Delta \text{Alt.}$ gaunamas iš (B.S.) atėmus (F.S.). Tikslumas vertinamas pagal skirtumą, gautą atlikus niveliavimą dviem kryptimis.



Geometrinio niveliavimo metodas

Atliekant **trigonometrinį niveliavimą**, reikia žinoti horizontalų atstumą tarp taškų arba įstrižainės ilgį, ir kampą tarp įstrižainės ir vertikalės. Taškų altitudžių skirtumas apskaičiuojamas pagal paprastą trigonometrijos formulę – $\text{Alt}_{\text{B taško}} = \text{Alt}_{\text{A taško}} + H.I. + \cos(z) * S - \text{Lin}(r)$



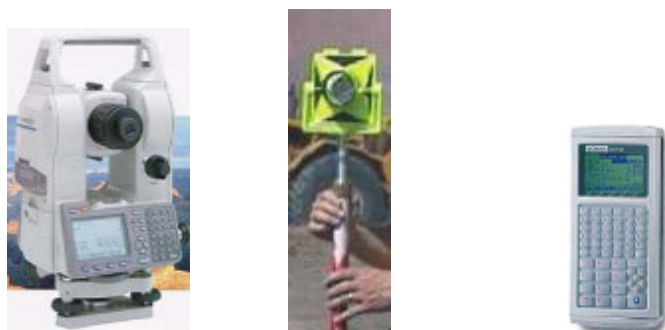
Trigonometrinio niveliavimo metodas

Vertikalių geodezinių tinklų klasė nustatoma pagal leistiną skirtumą, gautą atlikus nepriklausomą reperio niveliavimą dviem kryptimis:

- Pirma klasė: $\pm 4 \text{ mm/km}$
- Antra klasė: $\pm 8 \text{ mm/km}$
- Trečia klasė: $\pm 24 \text{ mm/km}$
- Ketvirta klasė: $\pm 120 \text{ mm/km}$

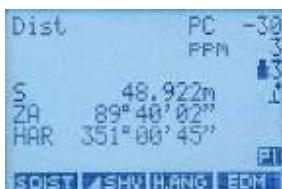
Matavimai elektroniniu tacheometru

Bet koks analoginis ar elektroninis horizontalius ir vertikalius kampus bei atstumą matuojantis teodolito tipo prietaisas su elektroniniu skaičiavimo įtaisu vadinamas kombinuota padėties nustatymo sistema (KPS, TPS – *Total Positioning System*). Tai tarsi elektroninis teodolitas su elektroniniu tolimačiu.



KPS, tolimačio prizmė, miniatiūrinis kompiuteris

Pagrindinė KPS funkcija – matuoti atstumą (su polinkio kampu) nuo prietaiso vietos iki matuojamo taško ir vertikalų bei horizontalų kampą. Dauguma elektroninių tacheometrų turi artimosios infraraudonosios srities šviesos diodą ir moduliuoja jo spinduliuojamą šviesą. Spindulys nukreipiamas į prizmę, prizmė atspindi jį atgal į prietaisą. Apskaičiuojamas išsiųsto ir gauto moduliuojančio signalo fazių skirtumas, pagal kurį galima apskaičiuoti atstumą.



Matavimų rezultatai KPS ekrane

Elektroniniai tacheometrai geresni už tradicinius teodolitus, nes:

- duomenys surenkami gana greitai;
- vienu prietaisu galima atlikti kelis matavimus;
- patogų atlikti atstumo ir horizontalius matavimus, ir tuo pat metu apskaičiuojamos koordinatės (šiaurinis prieaugis, rytinis prieaugis, altitudės);
- yra duomenų kaupiklis, galintis keistis skaitmeniniais duomenimis su CAD ir GIS programomis;
- galima koreguoti apskaičiuotus matavimų rezultatus: yra COGO ir aukščio skaičiavimo funkcijos.

Horizontalus elektroninio tacheometro tikslumas priklauso nuo prietaiso tipo; bendru atveju:

- kampinis tikslumas (horizontalus arba vertikalus) – nuo 2" iki 5";
- atstumo matavimo tikslumas – nuo $\pm (0,8 + 1 \text{ ppm} \times D)$ mm iki $\pm (3 + 3 \text{ ppm} \times D)$ mm, kur D – matuojamas atstumas. Pataisa ppm (ppm, arba mm/km) yra įvesta į prietaisą; ši pataisa skirta šviesos greičio skirtumams skirtingo tankio ore kompensuoti.

Vertikalus tikslumas labai priklauso nuo prietaiso horizontalumo. Todėl prietaisas turi du gulsčius – vieną cilindrinį, kitą sferinį.

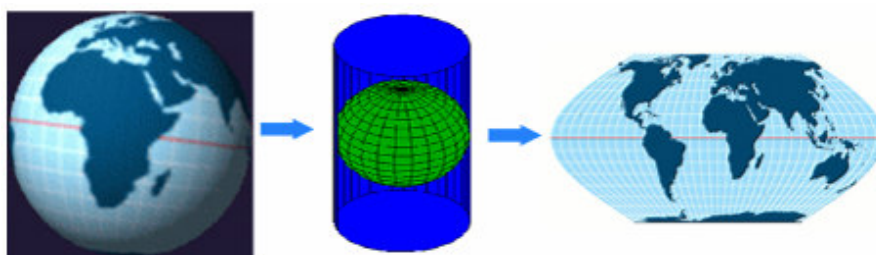
- Sferinio oro burbulėlio jautris: 10' / 2 mm
- Cilindrinio jautris: 30" / 2 mm

Vertikalus tikslumas ne toks didelis, koks gaunamas naudojant standartinio niveliavimo gulsčius ir liniuotes.

Išvados

Žemėlapis yra matematiškai transformuota tikrovė. Jis gaunamas dviem modeliavimo ir transformavimo etapais:

- reikia sukurti žemės modelį – elipsoidą (sferą) ir (arba) geoidą;
- elipsoidą (sferą) reikia suprojektuoti į plokščią paviršių.



Žemėlapis – matematiškai transformuota tikrovė

Šioje kurso dalyje aptarėme pirmąjį modeliavimo ir transformavimo etapą. Kitoje dalyje aptarsime matematinio projektavimo procesą.

Dalies klausimai savarankiškam darbui:

1. Kodėl svarbu žinoti, pagal kokią koordinacių sistemą sudarytas žemėlapis? Kuriose koordinacių sistemose daugiausia sudaromi Lietuvoje naudojami žemėlapiai?
2. Kuo skiriasi Žemės formos ir dydžio aproksimavimas sferoidu (elipsoidu) ir sfera?
3. Paaiškinkite, kuo skiriasi geocentriniai ir vietiniai orientavimo parametrai?
4. Kas yra geodeziniai orientavimo parametrai?
 - a. FMG tipo platuma ir ilguma
 - b. Anglijos Grinvičo miestelio koordinatės
 - c. Teorinė sistema, skirta tiksliam masteliui visame plokščio sferoido paviršiuje nustatyti.
 - d. Parametrų rinkinys, nusakantis Žemės formą, dydį ir pradžią koordinacių sistemos, kuria remiantis nurodoma objektų vieta.
5. Pavertę 66030'00" dešimtainiais laipsniais (DL), gausime:
 - a. 66,30
 - b. 66,50
 - c. 66,70
 - d. kitą skaičių
6. Kuris iš šių sferoidų nustatytas antžeminiais, o ne palydoviniais matavimais:
 - a. 1940 m. Krasovskio
 - b. WGS84
 - c. GRS80

Privaloma literatūra

- **Geodesy,** Natural Recourses Canada, **nuorodos:**
http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/index_e.php,
What is Geodesy? http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/whatis/index_e.php
Geoid http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/geoid/index_e.php Control
Networks http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/control/index_e.php
Surveying http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/survey/index_e.php
- Information technology - Spatial Reference Model (SRM) , 4, 5 ir 7 skyriai
http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/C030811e_FILES/MAIN_C030811e/ISOIEC_18026E_TOC.HTM

- The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado, **Geodetic Datum** <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/datum.html> **Coordinate Systems** <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/coordsys/coordsys.html>
- **ESRI Digital Library**, Tim Hodson and Kristin Clark. Using ArcGIS Survey Analyst, 2003 m., 1, 3 ir 7 skyriai

ESRI „Virtual Campus Course“ virtualusis kursas:

- **1 ir 6 dalys:** „Cartography, Sizing up the Earth“, ir „Introduction to Datums“, „Understanding Map Projections and Coordinate Systems“

Užduotis:

- **3 užduotis:** Darbas su matavimų duomenimis GIS sistemoje

Literatūra

- [1] Elements of Cartography, Arthur H. Robinson, Joel L. Morrison, Phillip C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, Stephen C. Guptill, 6th ed., NY: John Wiley & Sons Inc., 1995 m.
- [2] Geodesy, Natural Recourses Canada,
http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/index_e.php
- [3] The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado,
<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/notes.html>

Vartojami terminai

- Globalioji geodezija
- Globalūs geodeziniai matavimai
- Matavimai plokštumoje
- Pasaulinė Dekarto sistema
- Geografinė koordinačių sistema
- Projekcinė koordinačių sistema
- Pradinis dienovidinis
- Elipsoidas
- Geoidas
- Geocentriniai horizontalaus orientavimo parametrai
- Vietinė horizontali koordinačių sistema
- Geografinių koordinačių sistemų transformavimas
- Aukščių sistema
- Trianguliacija
- Trilateracija
- Teodolitinių ėjimų metodas
- COGO
- Niveliavimas
- Matavimai elektroniniu tacheometru

4 Pasaulinės vietos nustatymo sistemos

Pasaulinė vietos nustatymo sistema (*Global Positioning System* – GPS) – tai priemonė erdviniams duomenims gauti naudojant radijo ryšį. Šioje kurso dalyje nagrinėjami pasaulinės vietos nustatymo sistemos komponentai, aiškinama, kaip perduodami radijo signalai ir kaip pagal juos nustatoma GPS imtuvo vieta. Taip pat aptariamos GPS tikslumo klasės ir būdai tikslumui pagerinti.

Dalies turinys

- GPS pagrindai
- GPS segmentai
- Kaip veikia GPS?
- GPS išdėstymas
- GPS dažniai ir kodai
- Vietos nustatymo GPS tipai
- GPS tikslumas
- Paklaidų šaltiniai
- Diferencinis koregavimas

4.1 GPS pagrindai

GPS – tai erdvinė vietos nustatymo radijo signalais sistema, kurią formaliai sudaro 24 palydovų grupė. GPS naudojama įvairiose civilinėse srityse – nuo matavimų ir transporto analizės iki gamtos išteklių valdymo ir žemės ūkio. Taip pat GPS technologija svarbi erdviniams duomenims gauti ir matavimams kontroliuoti EDI pagrindo sistemoje.

GPS iš esmės yra radijo navigacijos sistema. Bet kokį radijo ryšio prietaisą galima panaudoti padėčiai ar kryptčiai nustatyti. Pirmosios radijo navigacijos sistemos (pvz., radijo lokatoriai (RDF), bekryptčiai švyturiai (NDB), bekryptės labai aukšto dažnio stotys (VOR)) galėjo nustatyti tik švyturio azimutą – kryptį arba kampą. Vėlesnės radijo navigacijos sistemos (pvz., tūpimo sistemos (ILS), taktinės oro navigacijos sistemos (TACAN)) galėjo nustatyti azimutą ir atstumą.

Pirmąją palydovinę radijo navigacijos sistemą „Transit“ septintajame dešimtmetyje sukūrė JAV kariškiai. Kuriant ir prižiūrint šią sistemą sukaupta patirtis buvo panaudota NAVSTAR GPS sukurti. 1990 m. karas Golfo įlankoje įrodė, kad NAVSTAR GPS tinka karo veiksmams. Nepaisant karinės kilmės, GPS greitai tapo populiaria civilinės kartografijos ir navigacijos priemone. Naudojantis GPS vieta nurodoma platumu (Φ), ilguma (λ) ir altitute (Z).

Šiuo metu veikia ar kuriamos 4 GPS sistemos:

- NAVSTAR GPS (JAV, veikianti),
- GLONASS (Rusija, rekonstruojama),
- Beidou (Kinija, eksperimentinė, kuriama),
- Galileo (Europa, eksperimentinė).

Šioje kurso dalyje daugiausia nagrinėsime NAVSTAR pasaulinę vietos nustatymo sistemą, nes ji veikia visu pajėgumu ir naudojama visame pasaulyje. NAVSTAR reiškia „navigacinių signalų sinchronizavimą ir atstumo nustatymą“ (*Navigation Signal Timing And Ranging*). NAVSTAR GPS buvo sukurta remiantis Johns Hopkins universiteto septintojo dešimtmečio mokslinių tyrimų rezultatais. Šią sistemą naudoja ir prižiūri JAV Gynybos departamentas (GD) – įstaiga, kuri 1973 m. ir pradėjo vykdyti GPS programą. Programa kainavo apie 12 milijardų JAV dolerių. Ji pradėjo veikti 1993 m. gruodį. Sistemą sudaro ne mažiau kaip 24 veikiantys ir keli atsarginiai palydovai. Šiuo metu ją sudaro 30 visą parą bet kokiomis oro sąlygomis veikiančių palydovų.

4.2 GPS segmentai

GPS sudaro trys pagrindiniai segmentai: kosminis, valdymo ir naudotojų.

Kosminis segmentas – tai GPS palydovai. Dabar orbitomis skrieja 24 veikiantys ir 6 atsarginiai GPS palydovai. NAVSTAR GPS palydovas sveria apie 900 kilogramų, jo plotis, įskaitant visiškai išskleistas saulės baterijas, yra maždaug 5 metrai. Planuota, kad palydovai veiks apie 10 metų, bet dauguma jų veikia ilgiau. Į saulę savaime pasisukančios saulės baterijos maitina palydovus ir įkrauna antrinio maitinimo nikelio ir kadmio (*NiCad*) baterijas. Kiekviename NAVSTAR palydove įrengti keturi ypač tikslūs atominiai laikrodžiai – 2 cezio ir 2 rubidžio. Palydovas turi daugybę antenų.

GPS palydovai skrieja aplink Žemę. Jų orbitos aukštis yra 20 200 km. Toks didelis aukštis lemia orbitų stabilumą ir tikslumą, be to, nėra atmosferos pasipriešinimo. Kiekvienas palydovas apskrieja aplink Žemę per 11 valandų ir 58 minutes, taigi virš kiekvieno žemės taško palydovas praskrieja maždaug dukart per dieną.

Kiekvienoje iš 6 orbitinių plokštumų yra po 4 palydovus, šios plokštumos su pusiaujo plokštuma sudaro 55 laipsnių kampą (palydovų orbitos kerta pusiaują ties 317°, 17°, 77°, 137°, 197° ir 257° dešiniojo pakilimo kampo vertėmis). Todėl palydovai gali aprėpti didelius plotus.

Kiekvienas GPS palydovas siunčia keletą signalų keliais dažniais. GPS palydovai signalus siunčia dviem pagrindiniais dažniais: L1 (1575,42 MHz) ir L2 (1227,60 MHz). L1 dažniu siunčiamas C/A kodas, P kodas ir navigaciniai pranešimai. L2 dažniu siunčiamas tik P kodas. Be to, navigaciniams signalams siūsti pasiūlyti arba jau naudojami L3, L4 ir L5 dažniai.

Palydovai teikia dviejų lygių paslaugas: standartinę vietos nustatymo (*Standard Positioning Service* – SPS) ir tikslios vietos nustatymo (*Precise Positioning Service* – PPS). Toliau išsamiau aptarsime šias paslaugas, signalus ir kodus.

GPS palydovų siunčiami signalai yra labai silpni. Šie signalai turi patekti tiesiai į GPS imtuvą („tiesioginis matomumas“) – jie nepraeina per vandenį, dirvožemį, sienas ar kitas kliūtis. Signalai praeina per debesis, stiklą ir plastiką, bet nepraeina per daugumą kietų objektų, pavyzdžiui, pastatus ar kalnus.

NAVSTAR **antžeminį valdymo ir kontrolės segmentą** kontroliuoja JAV Gynybos departamentas. Antžeminį valdymo ir kontrolės segmentą sudaro penkios stebėjimo stotys (Havajuose, Kvadželeine (vakarinėje Ramiojo vandenyno dalyje), Ascension saloje (pietinėje Atlanto vandenyno dalyje), Diego Garsijos saloje (Indijos vandenyne) ir Kolorado Springse), trys antžeminės antenos (Ascension saloje, Diego Garsijos saloje, Kvadželeine) ir pagrindinė valdymo stotis (MCS) Šryverio karinių oro pajėgų bazėje Kolorado valstijoje. Pagrindinis valdymo centras yra Šryverio karinių oro pajėgų bazėje Kolorado valstijoje.



NAVSTAR antžeminis valdymo ir kontrolės segmentas

Antžeminės stotys stebi matomų palydovų orbitas ir kaupia atstumo duomenis. Orbitos matuojamos labai tiksliai. Apdorojus gautą atstumų informaciją, nustatomos palydovų orbitos ir atnaujinamas kiekvieno palydovo navigacinis pranešimas. Antžeminės antenos siunčia atnaujintą informaciją, pavyzdžiui, *almanachą* (numatomas orbitas) ir orbitines pataisas (tikrąsias orbitas), kiekvienam palydovui. Po to palydovai siunčia *efemeridę* (duomenis apie palydovo vietą ir sinchronizavimą), atnaujintą almanachą ir orbitines pataisas imtuvams.

Naudotojų segmentui priklauso ir kariškiai, ir civiliai. Naudotojų segmentą sudaro imtuvai – jie pateikia vietas, greičio ir tikslaus laiko duomenis naudotojams visame pasaulyje. Pasaulinė GPS rinka auga apie 22 proc. per metus: 1998 metais jos apyvarta buvo 4 milijardai JAV dolerių, 2000 metais – 6,2 milijardo JAV dolerių. Planuojama, kad 2010 metais ji bus didesnė negu 50 milijardų JAV dolerių.

4.3 Kaip GPS veikia?

Kaip GPS apskaičiuoja vietą?

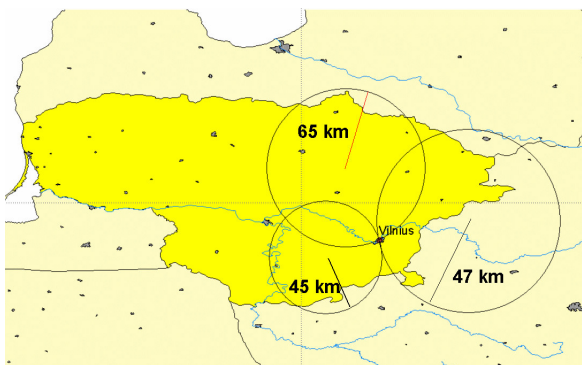
GPS palydovai nuolat siunčia signalus, kuriuos sudaro orbitiniai duomenys ir laiko informacija. Imtuvai priima šiuos signalus ir pagal juos apskaičiuoja vietą. Vietą GPS imtuvai apskaičiuoja pagal išmatuotus atstumus iki palydovų. GPS imtuvo apskaičiuotas atstumas vadinamas atstumu iki palydovo arba „pseudoatstumu“. Palydovai – tai žinomos padėties taškai; ant žemės esantis GPS imtuvas – nežinomas taškas. Imtuvai palydovams signalų nesiunčia.

4.3.1 GPS sistemų išdėstymas

Kaip jau minėjome, padėtį GPS imtuvai apskaičiuoja pagal išmatuotus atstumus iki palydovų. Yra du metodai atstumui matuoti: **kodo fazės matavimas** ir **nešančiųjų virpesių fazės matavimas**.

Nustatant vietą **pagal kodo fazę**, atstumas apskaičiuojamas išmatavus *signalų sklaidimo nuo palydovo iki imtuvo trukmę*. Radijo bangos sklinda šviesos greičiu. Taigi, padauginę GPS signalo sklaidimo trukmę iš 300 000 kilometrų per sekundę, gausime atstumą nuo GPS palydovo iki imtuvo (išsamiau aprašyta „Vietos nustatymo pagal kodo fazę“ skyriuje). GPS radijo signalas Žemę pasiekia maždaug per 0,06 sekundės. GPS imtuvai nustato atstumus iki trijų palydovų ir *trilateracijos* metodu apskaičiuoja vietą trimatėje erdvėje (platumą, ilgumą ir altitudę). Išmatavus atstumus iki 4 palydovų, apskaičiuojamos tikslesnės (pataisytos) koordinatės.

Nustatant vietą **pagal nešančiųjų virpesių fazę**, atstumą nuo palydovo iki imtuvo galima apskaičiuoti pagal bangos periodų skaičių tarp palydovo ir imtuvo. Bendras principas toks pat kaip diferencinių kodo fazės matavimų, bet nešančiosios bangos ilgis yra mažesnis (19 ir 24 cm), todėl gaunamas tikslesnis atstumo įvertis.

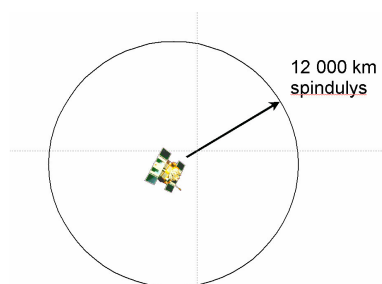


Trilateracijos principas

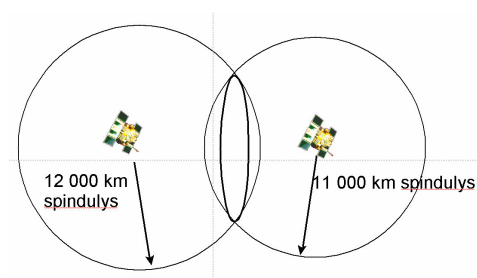
Iki šiol dauguma GPS matavimų atlikta pagal kodo fazę. Kuriant GPS nešančiųjų virpesių fazės matavimas nebuvo numatytas.

Kalbant apie GPS *trilateraciją* vadinamas Žemės taško vietos nustatymas matuojant atstumus iki 3 palydovų. Taško vietą imtuvai apskaičiuoja *trilateracijos* metodu pagal išmatuotus

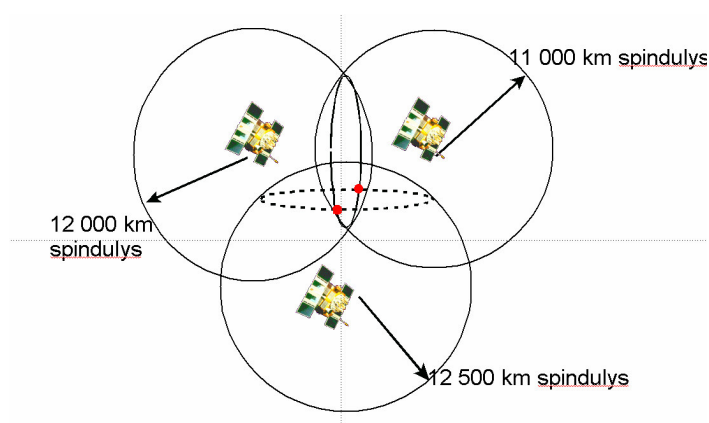
atstumus iki palydovų (ne *kampus* kaip trianguliacijos metodu). Dvimatėje erdvėje taško vietai nustatyti reikia trijų atstumų. Matavimo taškas yra visų trijų apskritimų sankirtos taškas.



Vienas matavimas susiaurina galimų taško vietų diapazoną iki sferos paviršiaus. Sferos, kurios centre yra palydovas, spindulys yra 12 000 km. Taškas gali būti bet kurioje šios sferos vietoje.



Antras matavimas susiaurina galimų vietų diapazoną iki sferų sankirtos linijos. Sferų sankirtos linija – apskritimas. Taškas yra kažkur šiame apskritime.

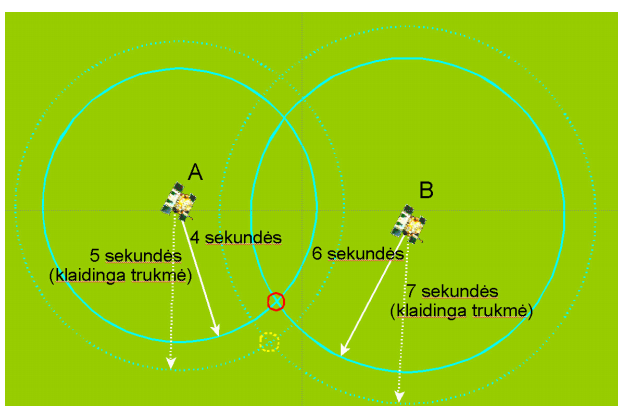


Po trečio matavimo lieka tik dvi įmanomos taško vietos.

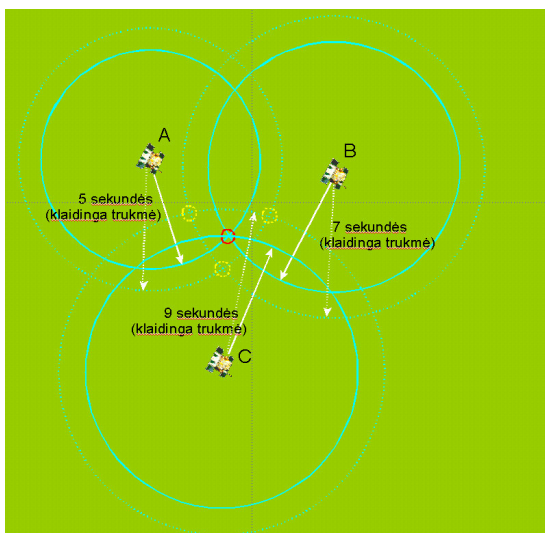
Trys sferos susikerta tik dviejuose taškuose. Viena iš šių taškų galima atmesti, nes jis gali būti labai toli nuo žemės. GPS imtuvų kompiuteriai įvairiais būdais gali atskirti, kuris taškas teisingas. Tačiau reikia ir ketvirto matavimo.

Ketvirto matavimo reikia **sinchronizacijos poslinkiui** (skirtumui tarp palydovų ir imtuvo laikrodžių) koreguoti. Reikalas tas, kad palydovuose įrengti labai tikslūs atominiai laikrodžiai, o imtuvuose – tik tikslūs kvarciniai. Sinchronizacijos poslinkis – tai sinchronizacijos skirtumas tarp palydovo ir imtuvo laikrodžių. Atominiai laikrodžiai per brangūs dėti į GPS imtuvus, todėl skirtumą tarp atominio ir kvarcinio laikrodžių reikia kompensuoti tam tikra pataisa.

Taigi siekiant nustatyti vietą pagal kodo fazę pirmiausia būtina nustatyti GPS signalo sklaidimo trukmę ir apskaičiuoti atstumą tarp palydovo ir imtuvo. Antras žingsnis – apskaičiuoti imtuvo vietą pagal nustatytus atstumus iki 4 palydovų. Sinchronizacijos poslinkio koregavimo principas:



Jei sinchronizacijos paklaidos nėra, nustatyta vieta bus apskritimų sankirtos taškas (raudonas). Idealiu atveju A ir B palydovų sinchronizacijos poslinkiai būtų, pavyzdžiui, po 1 sekundę, ir nustatyta vieta bus klaidingo spindulio (taškinė linija) apskritimų sankirtos taškas (geltonas).



Jei laikrodžiai būtų visiškai tikslūs, atlikus trečią matavimą visi trys apskritimai susikirstų teisingoje vietoje. Tačiau jei laikrodžiai netikslūs, yra trys juostų tarp apskritimų sankirtos sritys, ir neaišku, kurioje iš jų yra imtuvas.

Norint nustatyti taško vietą esant sinchronizacijos poslinkiui, reikia papildomo matavimo, kad laikrodžių paklaida būtų nuolat kompensuojama. Keturiems nežinomiems apskaičiuoti nustatomi keturi parametrai:

- platuma,
- ilguma,
- altitudė,
- laikas.

4.3.2 Dažniai ir kodai

Kiekvienas NAVSTAR GPS palydovas siunčia signalus keliais dažniais:

- L1 (1575,42 MHz)
- L2 (1227,60 MHz)
- L3 (1381,60 MHz)
 - Šis dažnis naudojamas pranešimams apie paleistas raketas, branduolinius sprogimus ir galingą infraraudonąją spinduliuotę sukėlusius įvykius.
- L4 (1841,40 MHz) (siūlomas)
 - Tiriama galimybė panaudoti papildomai jonosferos poveikio korekcijai.
- L5 (1176,45 MHz) (siūlomas)
 - Signalui gelbėti gyvybę.
 - Tik aviacijai skirta dažnių juosta – mažai trukdžių.

Pagrindiniai navigaciniai dažniai yra L1 ir L2. Šiais dažniais siunčiami tam tikri kodai. L1 dažnis yra 1575,42 MHz, juo perduodami būsenos pranešimai ir pseudoatsitiktiniai sinchronizacijos kodai. L1 dažniu siunčiami du vietos nustatymo kodai ir *navigacinis pranešimas*:

- C/A (apytikslis) kodas,
- P (tikslus) kodas,
- navigacinis pranešimas.

L2 dažnis yra 1227,60 MHz, juo perduodamas tikslesnis karinės paskirties pseudoatsitiktinis kodas. L2 (1227,60 MHz) dažniu siunčiamas vienas vietos nustatymo kodas ir atitinkamas navigacinis pranešimas:

- P (tikslus) kodas,
- navigacinis pranešimas, pagal kurį kariniai imtuvai skaičiuoja signalo vėlavimą jonosferoje.

Radijo signalai sklinda šviesos greičiu – 300 000 kilometrų per sekundę. GPS palydovo signalas Žemę pasiekia maždaug per 0,06 sekundės. Signalų galia labai maža (apie 300-350 vatų mikrobangų diapazone).

Pseudoatsitiktiniai kodai yra dviejų tipų. Pirmas pseudoatsitiktinis kodas vadinamas apytiksliu kodu (*Coarse Acquisition – C/A*). Jis moduliuoja L1 nešantįjį signalą. Jo ciklas yra 1023 bitai, moduliavimo dažnis – 1 MHz. Kiekvieno palydovo pseudoatsitiktinis kodas yra unikalus. C/A kodu pagrįstas GPS naudojimas civilinėje srityje. C/A kodas (apytikslis kodas) prieinamas civiliams kaip **standartinė vietos nustatymo paslauga** (*Standard Positioning Service – SPS*). Prieš išjungiant SA, horizontalus SPS tikslumas buvo 100 metrų, vertikalus – 156 metrai, laiko tikslumas – 340 nanosekundžių (95 procentai). Dabar vidutinis horizontalus SPS tikslumas yra ≤ 13 metrų 95 proc. laiko, vidutinis vertikalus tikslumas – ≤ 22 metrai 95 proc. laiko.

Trumpai apie C/A (apytikslį) kodą:

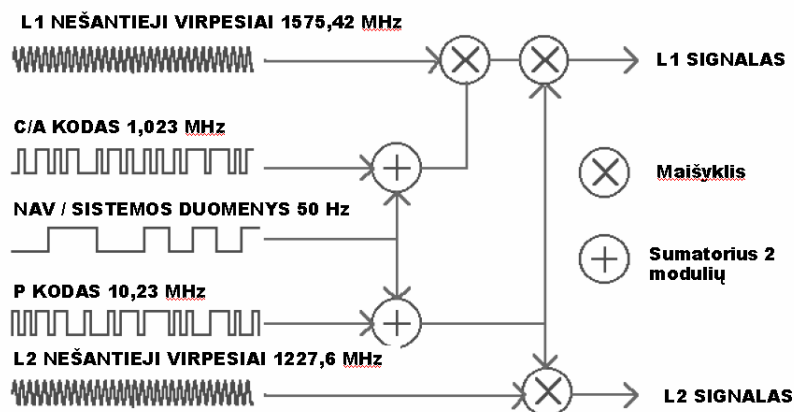
- moduliuoja L1 signalą;
- prieinamas civiliams;
- skirtas standartinėi vietos nustatymo paslaugai (SPS);
- cikliška kartojamas 1 MHz pseudoatsitiktinio triukšmo (*Pseudo Random Noise – PRN*) kodas;
- pradinis atsitiktinės sekos skaičius gaunamas iš tikslaus laiko vertės, todėl GPS imtuvas gali generuoti tokį patį kaip ir palydovas C/A kodą;
- 1 ciklą sudaro 1023 bitai (1 ms);
- palydovų PRN kodai skirtingi.

Antras pseudoatsitiktinis kodas vadinamas tikslu kodu (*Precise – P*). Jis kartojamas kas septynios dienos, moduliuoja ir L1, ir L2 signalus 10 MHz dažniu. Šis kodas tikslesnis, skirtas kariškiams (ir kitiems įgaliotiems naudotojams), be to, jį galima užšifruoti. Užšifruotas P kodas vadinamas Y kodu. Kadangi P kodas sudėtingesnis už C/A, imtuvams sunkiau jį priimti. Todėl daugelis karinių imtuvų pirmiausia priima C/A kodą, ir tik po to pereina prie P kodo.

Trumpai apie P (tikslų) kodą:

- prieinamas tik kariškiams ir įgaliotiems naudotojams;
- skirtas tikslios vietos nustatymo paslaugai (PPS);
- labai ilgas (7 dienų) 10 MHz PRN kodas;
- apsauga nuo dezinformacijos (*Anti Spoofing Mode*):
- užšifruotą P kodą (Y kodą) galima iššifruoti tik GPS, turint šifro raktą,
- taisyklingą C/A kodą gali sugeneruoti bet kas, todėl suklaidinti GPS imtuvą gana paprasta,
- dešifruotu GPS signalu naudotojas gali pasitikėti.

Kartu su L1 kodais kiekvienas palydovas siunčia žemo dažnio *navigacinį pranešimą*. Šiame pranešime yra palydovo orbitiniai parametrai, laikrodžio parametrai ir sistemos laiko bei būsenos pranešimai. Be to, siunčiamas almanachas, kuriame yra apytiksliai kiekvieno aktyvaus palydovo duomenys.



GPS signalų maišymas

L1 dažniu siunčiamą navigacinį pranešimą sudaro trys informaciniai blokai: **pseudoatsitiktinis kodas**, **efemeridė** ir **almanachas**. **Pseudoatsitiktinis** kodas – tai tiesiog identifikacinis kodas, skirtas nustatyti, iš kurio palydovo gauta informacija.

Kiekvienas palydovas siunčia nuolat atnaujinamą savo efemeridę. **Efemeridės duomenys** nurodo GPS imtuvui, kur palydovas turėtų būti visą dieną. Šios vietos apskaičiuojamos pagal orbitos matavimus ir pataisas, kurias palydovams siunčia Gynybos departamentas. Imtuvai pagal efemeridę ir almanachą nustato tikslią kiekvieno sekamo palydovo padėtį.

Efemeridėje pateikiami vieno palydovo orbitos duomenys, almanache – visų GPS palydovų orbitų duomenys.

Almanacho duomenis nuolat siunčia visi palydovai; almanache pateikiama svarbi informacija apie palydovo būseną (tvarkingas ar netvarkingas), numatomas visų palydovų orbitas bei datą ir laiką. Almanachą galima gauti iš bet kurio GPS palydovo. Įjungtas GPS imtuvas almanachą priima maždaug per 12,5 minutės. Šios signalo dalies reikia tam, kad imtuvas galėtų greitai nustatyti palydovų vietą.

Svarbūs pociklio duomenys			
1 POCIKLIS	TLM	HOW	GPS savaitės numeris, palydovo tikslumas ir būklė bei palydovo laikrodžio korekcijos parametrai
2 POCIKLIS	TLM	HOW	Efemeridės parametrai
3 POCIKLIS	TLM	HOW	Efemeridės parametrai
4 POCIKLIS	TLM	HOW	25–32 palydovų almanacho ir būklės duomenys, specialūs pranešimai, palydovų konfigūracijos požymiai, ir jonosferos bei UTC duomenys
5 POCIKLIS	TLM	HOW	1–24 palydovų almanacho ir būklės duomenys bei almanacho laikas ir savaitės numeris

Ciklas

GPS navigacinio pranešimo turinys

Trumpai apie navigacinius pranešimus:

- 50 Hz (t. y. 50 bitų per sekundę) signalas:
 - Laikrodžio pataisos skirtos atominių laikrodžių laiką suderinti su GPS laiku.
 - Efemeridė:
 - efemeridės duomenys nurodo GPS imtuvui, kur palydovas turėtų būti bet kuriuo metu tą dieną;
 - kiekvienas palydovas siunčia nuolat atnaujinamą savo (bet ne kitų palydovų) efemeridę;
 - galioja apie 30 minučių;
 - atnaujinama kas 30 sekundžių;
 - efemeridėje nurodyti orbitos duomenys gali būti su paklaida, todėl GPS imtuvas gali neteisingai apskaičiuoti vietą.
 - Signalo lūžio jonosferoje modelis (nurodoma, kaip palydovo signalai galėtų lūžti jonosferoje)
 - Palydovo almanachas – tai sumažinto tikslumo laikrodžio ir efemeridės duomenų poaibis:
 - siunčiamas kartu su vietos ir laiko pranešimais;
 - numatytos visų palydovų orbitos;
 - reikalingas darbui su palydovų priežiūros programomis;
 - galioja apie 30 dienų;
 - nuolat siunčiamas visų palydovų;
 - palydovo būklė (tvarkingas ar netvarkingas):
 - GPS imtuvai nepaiso netvarkingų palydovų signalų,

- netvarkingu palydovas paprastai laikomas tada, kai reikia koreguoti jo orbitą.
 - data ir laikas;
 - apytiksliai kiekvieno palydovo orbitos parametrai;
 - reikalingas dirbti su GPS veiksmų planavimo programine įranga.
- Visą pranešimą sudaro 25 laukai po 1 500 bitų, jį persiųsti trunka 12,5 minutės.
- Kiekviename lauke kartojami laikrodžio duomenys ir efemeridė.

Pagal navigacinio pranešimo duomenis galima nustatyti:

- signalo išsiuntimo iš palydovo laiką,
- palydovo vietą,
- palydovo tvarkingumą,
- palydovo laikrodžio patikslinimą,
- signalo vėlinimo efektus,
- siunčiamą laiką,
- palydovų grupės būseną.

Nors palydovai skrieja aukštomis ir stabiliomis orbitomis, juos vis tiek veikia saulės vėjas. Kartkartėmis orbitą tenka pakoreguoti reaktyviniais mikrovarikliais.

4.3.3 Vietos nustatymo GPS tipai

Kaip minėta, yra du būdai atstumui nuo palydovo iki imtuvo apskaičiuoti:

- Vietos nustatymas pagal kodo fazę:
 - kariniuose ir civiliniuose prietaisuose;
 - imtuvai GPS signalus priima „taip, kaip buvo numatyta“;
 - autonominis arba diferencinis.
- Nešančiųjų virpesių fazės matavimas:
 - matavimams skirti civiliniai prietaisai (labai brangūs);
 - didesniai tikslumui gauti naudojami bangos ilgio pokyčiai;
 - diferencinis iš principo;
 - kuriant GPS nebuvo numatytas.

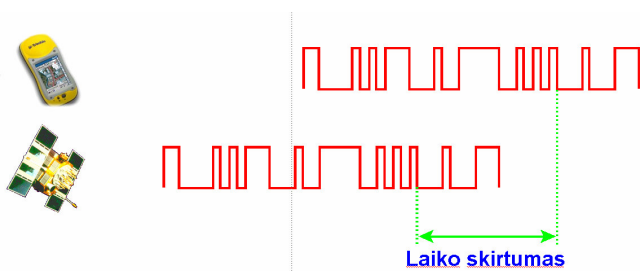
Taikant **kodo fazės matavimų** metodus naudojamas palydovo siunčiamas pseudoatsitiktinių skaičių (PRN) kodas; tuo pačiu laiku tą patį kodą generuoja ir GPS imtuvas. Kadangi palydovas yra toli nuo imtuvo, PRN kodas pasiekia imtuvą tik po kurio laiko.

Šiuo atveju vietai erdvėje apskaičiuoti taip pat matuojami *atstumai* iki 4 palydovų. Nustatant vietą pagal kodo fazę, reikia išmatuoti palydovo signalo *sklidimo trukmę*. Kyla klausimas, *kaip nustatyti tikslų signalo išsiuntimo laiką?*

Kad būtų įmanoma išmatuoti palydovo signalo sklidimo trukmę, reikia žinoti, kada palydovas išsiuntė signalą ir kada imtuvas jį priėmė. Imtuvas gali „žinoti“, kada priėmė signalą, bet kaip jam „sužinoti“, kada palydovas jį išsiuntė?

GPS palydovai generuoja skaitmeninį PRN kodą. Šio kodo sekas galima lengvai ir vienareikšmiškai palyginti (pavaizduota paveikslėlyje). Šie kodai – tai kas milisekundę kartojamos pseudoatsitiktinių skaičių sekos. GPS palydovai ir imtuvai sinchronizuojami ir tuo pačiu laiko momentu generuoja tą patį kodą.

Priėmęs palydovo siunčiamą kodą, GPS imtuvas patikrina savo sugeneruotą kodo seką ir ieško to paties kodo. Radęs palydovo PRN kodo seką atitinkančią savo kodo seką, imtuvas nustato kodų laiko skirtumą. Taip nustatoma signalo sklidimo nuo palydovo iki imtuvo trukmė. Kitaip tariant, imtuvas tikrina, kiek palydovo generuotas kodas „atsilieka“ nuo paties imtuvo generuoto kodo.



Imtuvo PRN kodas atitiko palydovo kodą.

Žinant laiko skirtumą nustatomas atstumas iki palydovo: $D = c \times T$, kur

c – šviesos greitis (300 000 km/s).

Taigi, 0,06 sekundžių laiko skirtumas atitinka $D = 300\,000 \times 0,06$, t. y. 18 000 km.

Po to reikia apskaičiuoti laiko skirtumą tarp tikslaus atominio palydovo laikrodžio ir kvarcinio imtuvo laikrodžio – tam atliekamas ketvirtas matavimas. Šį procesą aptarsime nagrinėdami GPS imtuvo algoritmą.

Kiekviename palydove įrengti 4 atominiai laikrodžiai – 2 cezio ir 2 rubidžio. Atominiai laikrodžiai yra dideli ir brangūs. Cezio laikrodis pagal ^{133}Cs izotopo spinduliuojamas 9 192 631 770 Hz dažnio mikrobangas gali rodyti laiką 1 milijardinės sekundės dalies tikslumu. Cezio atominiai laikrodžiai brangesni, bet tikslesni už rubidžio.

Civiliniams GPS imtuvams naudojami nebrangūs kvarciniai laikrodžiai (geresnės kokybės negu rankiniai laikrodžiai). Jų laiko paklaida yra 1/1000 sekundės per dieną. Veikiamas

elektros, kvarco kristalas virpa pastoviu dažniu, kuris paverčiamas sekundėmis. Kvarcinio laikrodžio laikas nuolat koreguojamas pagal atominio laikrodžio laiką, kurį GPS palydovas siunčia navigaciniu signalu.

GPS imtuvo vietos nustatymo pagal kodo fazę algoritmas:

- Pagal vidinio laikrodžio rodmenis ir įrašytą almanachą nustatyti, kurie palydovai turėtų matytis.
- Klausytis pagal almanachą laukiamų signalų.
 - Jei laukiami signalai nesiunčiami, klausytis visų signalų.
- Priimti keturis signalus, kurių bendras DOP (tikslumo mažėjimo rodiklis) mažiausias:
 - Nustatyti geriausią geometrinę konfigūraciją.
 - Nustatyti stipriausią signalą.
- Parsisiųsti kiekvieno „sugauto“ palydovo efemeridę.
- Slenkant imtuvo sugeneruotą pseudoatsitiktinį kodą GPS palydovo kodo atžvilgiu, apskaičiuoti kiekvieno „sugauto“ signalo pseudoatstumą.
 - Laiko skirtumas tarp signalo išsiuntimo ir priėmimo nustatomas pagal tai, kiek reikia slinkti šiuos kodus, kol jie sutaps.
 - Kadangi šviesos greitis yra 300 000 km/s, atstumą iki palydovo galima apskaičiuoti pagal formulę $D = c \times T$.
- Pagal vieną papildomą matavimą apskaičiuoti, kiek nustatytos palydovų vietos skiriasi nuo tų, kurioms esant sferos susikirstų viename taške (kaip minėta, keturiems nežinomiesiems – platumai, ilgumai, altitutei ir laiko poslinkiui – apskaičiuoti reikia keturių matavimų). Gautą skirtumą paversti laiku ir pritaikyti šią pataisą GPS imtuvo laikrodžiui.
- Apskaičiuoti tikslų atstumą iki kiekvieno palydovo.
- Pagal iš efemeridės žinomas palydovų koordinates trilateracijos metodu apskaičiuoti GPS imtuvo koordinates.
- Grįžti į 5 veiksmą ir apskaičiuoti kitos vietos koordinates.

Nustatant vietą **pagal nešančiųjų virpesių fazę**, atstumas apskaičiuojamas pagal signalo bangos ilgių skaičių tarp palydovų ir imtuvų. Nustatomas sveikų bangos ilgių skaičius ir likusi bangos ilgio dalis, todėl atstumai tarp palydovo ir judančio imtuvo bei palydovo ir bazinės GPS stoties išmatuojami milimetro tikslumu.

Paprastai nešančiųjų virpesių fazės matavimai yra *diferenciniai* – vienu metu palydovą stebi du imtuvai (atstumas tarp bazinio ir judančio imtuvo turi būti ne didesnis negu maždaug 30 km). Pataisytas skirtumas (pvz., įvertinus vėlavimą jonosferoje) apskaičiuojamas išmatavus dviejų ar daugiau imtuvų nešančiųjų bangų periodų skaičiaus skirtumą. Nešančiųjų virpesių fazės matavimų principas tas pats kaip diferencinių kodo fazės matavimų; bet kadangi nešančiosios bangos yra trumpos (L1 – 19 cm ir (ar) L2 – 24 cm), atstumai bus išmatuoti tiksliau. Atliekant nešančiųjų virpesių fazės matavimus, naudojami L1 ir (arba) L2 nešantieji signalai.

Šie metodai skirti daugiausia geodeziniais matavimams. Stebint ir matuojant šiuos signalus, galima gauti centimetrų eilės, o specialiomis sąlygomis – milimetrų eilės tikslumą.

Diferenciniai nešančiųjų virpesių fazės matavimai pagrįsti Doplerio reiškiniu, jais nustatomas sveikų bangos ilgių skaičius arba bangos ilgio dalis. Kadangi palydovų padėtys, greičiai, tikslūs nešančiųjų virpesių dažniai ir laikas žinomi iš palydovo efemeridės, galima nustatyti antžeminio imtuvo koordinates. Nešančiųjų virpesių fazės GPS tiksliai atstumui nustatyti naudoja kodo fazės metodus. Jei matavimai pagal kodą yra metro tikslumo, tai vos iš kelių bangos ilgių galima nustatyti, kuris bangos periodas iš tikrųjų atitinka sinchronizavimo impulso frontą. Sveikų bangos ilgių skaičius ir likusi bangos ilgio dalis iki arba nuo sinchronizavimo impulso fronto apskaičiuojami doplerio metodu.

Kaip ir standartinės diferencinės GPS atveju, nešančiųjų virpesių fazės metodo atveju laikrodžio ir efemeridės paklaidas galima sumažinti matuojant dviem imtuvais. Matuojant šiais metodais, signalui priimti reikia kur kas daugiau laiko.

Geodezinių matavimų metodas yra pagrįstas **dvių nešančiųjų virpesių fazių** matavimu. Dvių dažnių imtuvai palydovų signalus priima iškart dviem dažniais, todėl imtuvas gali labai tiksliai nustatyti vietą. Matavimų skaičių lemia ir L1, ir L2 juostų signalai. Šiuos signalus imtuvas gali priimti ir iš skirtingų sistemų (pvz., NAVSTAR ir GLONASS). Matavimų kokybė priklauso nuo įvairių matavimo paklaidų, pavyzdžiui, triukšmo, atspindžių, troposferinių ir jonosferinių paklaidų. Jei siekiant sumažinti matavimų paklaidą sudaromas matavimų tinklas ir atliekama kaip įmanoma daugiau matavimų, reikia tam tikrų metodų daugiareikšmiškumui pašalinti.

Šiuo metu veikia ar kuriamos keturios GPS sistemos. Trumpa GLONASS ir Galileo sistemų apžvalga:

- GLONASS (Pasaulinė palydovinės navigacijos sistema)
 - Rusijos (buvusi TSRS) GPS sistema.
 - Mažiausiai 24 palydovai.
 - 1995 m. buvo visa palydovų grupė.
 - 2002 m. balandį veikė tik 8 palydovai.
 - Dabar veikia 14 palydovų.
 - Planuojama, kad 2008 m. veiks visu pajėgumu su 18 palydovų.
 - Visa grupė veiks 2010 m.
 - Civilinis L1-C/A signalas ($1602 + N \times 0,5625$ MHz).
 - 57–70 m horizontalus tikslumas, 70 m vertikalus tikslumas.
 - Trys orbitų plokštumos kas 120 laipsnių, 64,8 laipsnių polinkis, 19 100 km altitudė.
- Galileo
 - Kuriama Europos GPS.

- Kainuoja daugiau negu 3 milijardus eurų.
- Pirmas bandomasis palydovas (GIOVE-A) paleistas 2005 m. gruodžio 28 dieną.
 - Antrą bandomąjį palydovą (GIOVE-B) planuojama paleisti 2007 m.
- Numatoma pradėti eksploatuoti 2010 m.
- Daugiausia civilinės paskirties.
- Mažiausiai 27 (ir 3 atsarginiai) palydovai.
- Civiliniai signalai:
 - L1 (1575,42 MHz),
 - E5 (A/B: 1176,45/1207,14 MHz),
 - E6 (1278,75 MHz).
- Rubidžio ir vandenilio mazerio atominiai laikrodžiai (tiksliau negu GPS).
 - Vietą galima nustatyti tiksliau negu GPS.

- 23 222 km orbita.
 - 3 orbitų plokštumos, 56 laipsnių polinkis.
 - 9 veikiantys ir vienas atsarginis palydovas vienoje plokštumoje.

4.4 GPS tikslumas

Tikslumas – terminas, apibūdinantis bendrą su eksperimentiniais matavimais susijusią neapibrėžtį (paklaidą). Kuo mažiau paklaidų, tuo matavimai tikslesni; kuo jų daugiau, tuo tikslumas mažesnis.

GPS matavimų tikslumą lemia įvairūs veiksniai. Paklaidą galima įvertinti lyginant išmatuotas koordinates su tikromis geografinėmis koordinatėmis. GPS tikslumą lemia keli paklaidų šaltiniai.

GPS tikslumą lemia šių paklaidų suma:

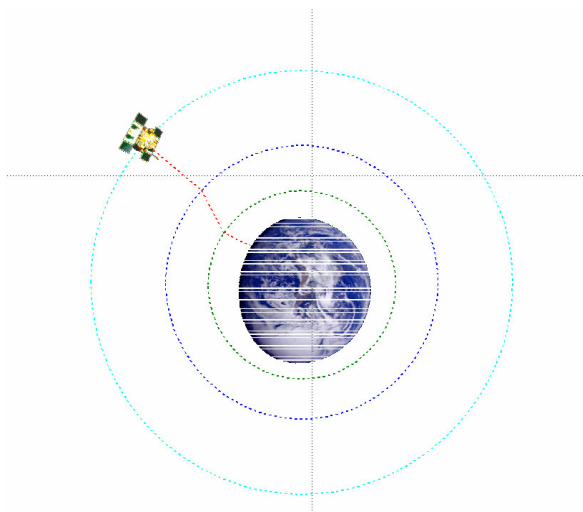
- atmosferos reiškiniai,
- atspindžiai,
- palydovų išsidėstymas,
- matavimo triukšmas,
- efemeridės duomenys,
- palydovų laikrodžio slinkis,
- selektyvi prieiga (SA).

4.4.1 Paklaidų šaltiniai

Palydovų signalus gali vėlinti **jonosfera** ir **troposfera**. Ir jonosferoje, ir troposferoje GPS signalai lūžta, ir GPS signalo greitis skiriasi nuo greičio vakuume.

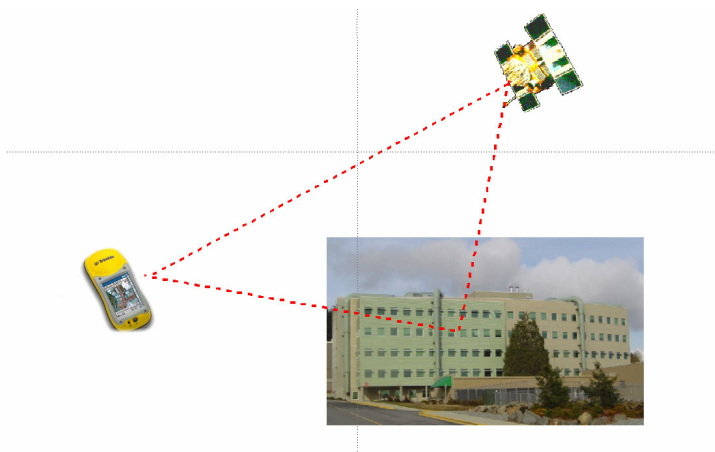
Troposfera yra apatinė Žemės atmosferos dalis, kurioje didėjant aukščiui krenta temperatūra. Jos storis virš ašigalių gali būti < 9 km, o virš pusiaujo > 16 km. Troposferoje esantys neutralūs atomai ir molekulės stabdo elektromagnetinį signalą.

Jonosfera prasideda maždaug 50 km nuo Žemės paviršiaus ir tęsiasi iki maždaug 1 000 km ir aukščiau; šiame sluoksnyje dėl jonizuojančios spinduliuotės (daugiausia saulės ultravioletinių ir rentgeno spindulių) yra nemažai radijo bangas stabdančių elektronų.



Signalų lūžimas jonosferoje ir troposferoje

Atspindžių paklaidos atsiranda tada, kai prieš pasiekdamas imtuvo anteną GPS palydovo signalas atsispindi nuo kitų objektų. Dėl signalų kelio skirtumo atsiranda signalų interferencija, dėl kurios susidaro papildoma išmatuoto pseudoatstumo paklaida. Paprastai atspindžių poveikis pastebimas šalia didelių atspindinčių objektų – namų, tvorų ir pan. Taip pat signalai gali atsispindėti nuo žemės ir stogų.



Atspindžių susidarymas

Imtuvo vietos nustatymo kokybei įtakos turi ir GPS **palydovų išsidėstymas**. Palydovų išsidėstymą galima aprašyti tikslumo mažėjimo rodikliais. Taigi, **tikslumo mažėjimo dėl išsidėstymo geometrijos rodiklis (*Geometric Dilution Of Precision* – GDOP)** yra palydovų konfigūracijos kokybės rodiklis, susijęs su palydovų išsidėstymu. Matavimams geriau tinka didesni kampai tarp palydovų. GDOP gali padidinti arba sumažinti kitas GPS paklaidas.

GDOP sudaro šie tikslumo mažėjimo rodikliai (DOP):

- HDOP – horizontalaus tikslumo mažėjimo rodiklis (*Horizontal Dilution of Precision*) susijęs su horizontaliomis koordinatėmis (platuma ir ilguma),
- VDOP – vertikalus tikslumo mažėjimo rodiklis (*Vertical Dilution of Precision*) susijęs su altitute,
- TDOP – laiko tikslumo mažėjimo rodiklis (*Time Dilution of Precision*) susijęs su laikrodžio sinchronizacijos poslinkiu.

$$\text{GDOP}^2 = \text{PDOP}^2 + \text{TDOP}^2$$

PDOP yra **padėties tikslumo mažėjimo rodiklis** (*Position Dilution Of Precision*). PDOP yra vidutinis kvadratinis įvertis, nurodantis bendrą konkretaus palydovų išsidėstymo įtaką vietos nustatymo paklaidai.

$$\text{PDOP}^2 = \text{HDOP}^2 + \text{VDOP}^2$$

PDOP rodiklis yra daugiausia naudojamas palydovų išsidėstymo įtakos matas. Tai bematis dydis, nurodantis horizontalių (HDOP) ir vertikalų (VDOP) matavimų (platumos, ilgumos ir altitudės) kokybę. PDOP nurodo padėties nustatymo tikslumo priklausomybę nuo palydovų išsidėstymo. Žemas PDOP rodo didesnę tikimybę, kad matavimai bus tikslūs. Aukštas PDOP rodo mažą tikslumo tikimybę.

Standartinės PDOP vertės:

≤ 4 puikus

5–8 patenkinamas

≥ 9 prastas

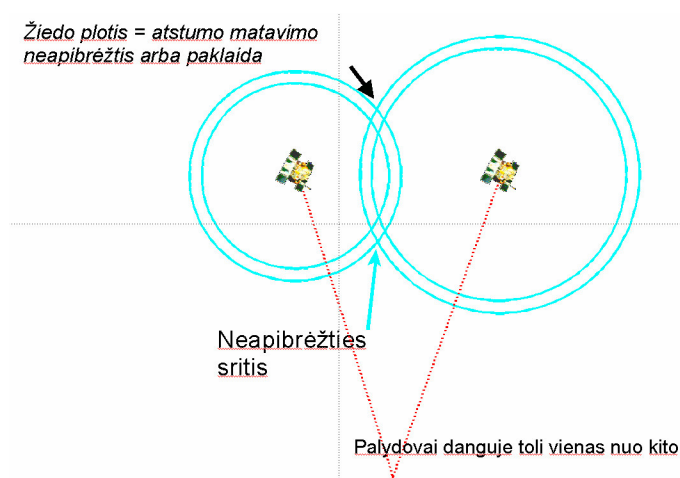
Daugumai imtuvų galima nustatyti vadinamąjį PDOP viršutinės ribos parametą, kad imtuvas ignoruotų palydovų konfigūracijas, kurių PDOP aukštesnis už nurodytą ribinę vertę. Be to, dauguma imtuvų gali pasirinkti tą palydovų konfigūraciją, kurios matavimų neapibrėžtis mažiausia.

Taigi, GDOP susijęs su trimis vietos koordinatėmis ir konkrečios palydovų grupės laikrodžio poslinkiu. Jis atspindi matavimams pasirinktos palydovų grupės vietos ir laiko matavimų tikslumą. Maža GDOP vertė atitinka gerą palydovų konfigūraciją, aukštesnė vertė – prastesnę. Idealus palydovų išsidėstymo variantas toks, kai vienas palydovas yra tiesiai viršuje, o kiti trys vienodai pasiskirstę virš imtuvo.



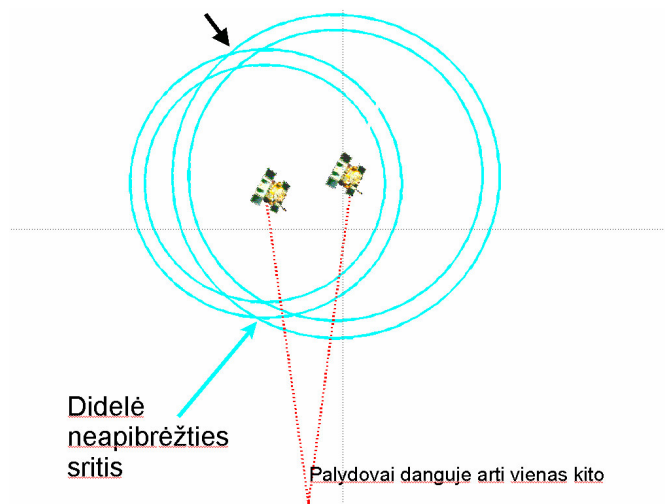
Geras ir prastas palydovų išsidėstymas

Palydovai juda orbitomis, todėl DOP laikui bėgant kinta.



Šiame paveikslėlyje žiedo plotis atitinka paklaidas dėl visų įmanomų poveikių. Rombo formos žiedų sankirtos sritis atitinka dviejų palydovų matavimo neapibrėžties sritį. Jei palydovai danguje yra toli vienas nuo kito, jų ir imtuvo suformuota rombo formos sritis yra gana nedidelė.

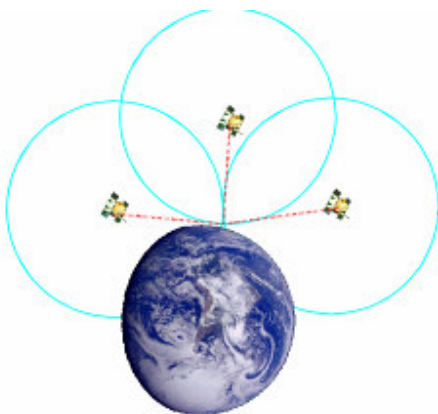
Išmatuoti atstumai iki palydovų neatsitiktinai vadinami „pseudoatstumais“ – dėl įvairių paklaidų jie skiriasi nuo tikrų atstumų.



Jei palydovai danguje arti vienas kito, kampas tarp jų mažas. O kai žiedai arti vienas kito, neapibrėžtį atitinkanti sritis tampa smaili ir ilga, ir vietos apskaičiavimo neapibrėžtis padidėja.

Paprastai vertikalios GPS matavimų dedamosios tikslumas nuo dviejų iki penkių kartų mažesnis už horizontalios. Ir tai tik geometrijos klausimas. Tai palydovų išsidėstymo imtuvo atžvilgiu funkcija. Vertikalią dedamąją apskaičiuoti sunkiau dėl ribotų palydovų galimybių matuoti aukštį. Jei imtuvas galėtų priimti po juo esančio palydovo signalą, vertikalią dedamąją būtų galima išmatuoti tiksliai – bet Žemė šio signalo nepraleidžia.

Atstumus iki palydovų atitinkantys lankai yra labiau vertikalūs nei horizontalūs, taigi vertikali dedamoji apskaičiuojama su didesne paklaida. Išsidėstymas pagerėtų, jei vienas palydovas atsidurtų tiesiai viršuje, tačiau taip būna retai. Kuo mažiau palydovų viršuje, tuo didesnis VDOP.



Atstumus iki palydovų atitinkantys lankai yra labiau vertikalūs nei horizontalūs

Imtuvo apskaičiuotų koordinatų paklaidos atsiranda ir dėl **efemeridės** orbitinių duomenų paklaidų. Efemeridėje nurodomos iš orbitinių matavimų apskaičiuotos palydovo koordinatės ir pataisos, kurias palydovams siunčia gynybos departamentas. Šie duomenys, nurodo, kurioje vietoje bus palydovas konkrečiu laiku.

Anksčiau JAV vyriausybė GPS signalus šifravo vadinamuoju **selektyvios prieigos** (*Selective availability* – SA) metodu. SA buvo išjungta 2000 m. gegužės 1 d. vidurnaktį. Tyčinė SA paklaida sudarė didžiausią GPS paklaidos dalį. SA buvo sukurta valstybės saugumui užtikrinti. Palydovai siųsdavo signalus su klaidingais laikrodžio ir efemeridės duomenimis, todėl matavimų paklaida būdavo iki 70 ar net 100 metrų. SA buvo įjungta 1991 m. liepos 4 dieną. 2000 m. gegužės 1 dieną JAV prezidentas Klintonas paskelbė, kad SA bus išjungta. Jo teigimu, sprendimas nebenaudoti selektyvios prieigos – dar vienas žingsnis siekiant padaryti GPS tinkamesnę paprastiems viso pasaulio vartotojams ir verslui. Padidėjęs tikslumas leis atsirasti naujoms GPS taikymo sritims ir pasitarnaus žmonių gerovei visame pasaulyje.

Naujos kariškių sukurtos technologijos leido JAV suprastinti signalo kokybę tik tam tikruose regionuose, todėl prastinti signalo visame pasaulyje neliko prasmės. Anot JAV Baltųjų rūmų atstovo spaudai, signalo kokybės suprastinimas tam tikruose regionuose dėl valstybės saugumo neturės įtakos GPS naudotojams visame pasaulyje, ir nuo GPS paslaugų priklausančios verslo šakos galės ir toliau efektyviai veikti.

Yra ir kitų GPS paklaidų šaltinių. Imtuvo antenoje atsiranda vadinamasis matavimo triukšmas, ir signalas iškraipomas dėl elektromagnetinių trukdžių. Matavimo triukšmas taip pat vadinamas imtuvo paklaida arba **imtuvo triukšmu**.

Nedideli palydovų atominių laikrodžių netikslumai gali virsti didelėmis vietos paklaidomis: 1 nanosekundės **laikrodžio paklaida** tampa 0,3 metro vietos matavimo paklaida.

Galutiniai įvairių paklaidų šaltinių įtakos rezultatai atrodo maždaug taip:

- Jonosfera 5,0 metrai
- Troposfera 0,5 metro
- Efemeridės duomenys 2,5 metro
- Palydovų laikrodžio slinkis 1,5 metro
- Atspindžiai 0,6 metro
- Matavimo triukšmas 0,3 metro
- Selektivi prieiga 30–100 metrų
- Iš viso apie 10 metrų

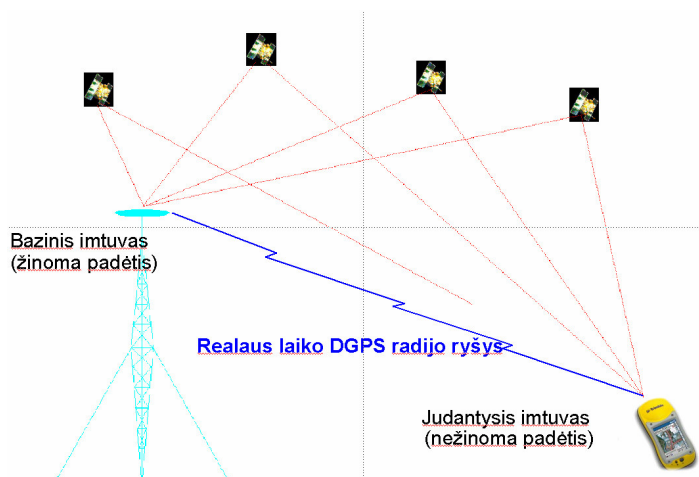
GPS paklaidos gali padidėti arba sumažėti dėl palydovų išsidėstymo.

4.4.2 Diferencinis koregavimas

Yra būdų kai kurioms pirmiau minėtoms paklaidoms sumažinti ir GPS imtuvais gauti tikslesnius duomenis. Vienas šių būdų – **diferencinis koregavimas**. Pagrindinė diferencinio koregavimo idėja – naudoti žinomoje vietoje įrengtus GPS imtuvus. Toks imtuvas vadinamas **bazine stotimi**; tai fiksuotas atraminis taškas. Bazinės stoties koordinatės tiksliai išmatuojamos. Išmatuotą skirtumą tarp žinomų ir imtuvo išmatuotų koordinatžių vietiniu mastu tam tikru laiko intervalu galima naudoti kaip pataisą. Šią pataisą galima persiųsti kitiems imtuvams.

Pataisos siunčiamos dviem būdais.

1. Bazinis ir judantysis (naudotojo) imtuvai vienu metu priima GPS duomenis iš tų pačių palydovų. Jei diferencinis koregavimas atliekamas **realiu laiku**, bazinis imtuvas apskaičiuoja ir siunčia netoliese esantiems GPS imtuvams sinchronizacijos pataisas. Gautas pataisas imtuvai iškart įvertina. Realaus laiko DGPS reikia tiksliai navigacijai.
2. Jei rezultatai koreguojami **nerealiu laiku**, bazinis imtuvas apskaičiuoja sinchronizacijos paklaidas ir įrašo jas į failą. Diferencinio koregavimo programa pagal šio bazinio failo paklaidų duomenis vėliau apdoroja judančiojo imtuvo matavimų failą. Ir bazinis, ir judantysis imtuvai vienu metu turi „matyti“ tą pačią palydovų grupę, taigi bazinis failas turi būti pradėtas rašyti anksčiau ir baigtas vėliau už judančiojo imtuvo failą. Apskritai laikoma, kad diferencinis koregavimas nerealiu laiku tikslesnis negu realiu.



Realaus laiko diferencinė GPS

Diferencinis koregavimas mažina kai kurių GPS paklaidų įtaką. Tačiau ji negali sumažinti paklaidos dėl atspindžių ar imtuvo paklaidos, nes ji kompensuoja tik vienodas judančiojo (naudotojo) ir atraminio (bazinės stoties) imtuvų paklaidas.

Diferenciniam koregavimui realiu ir nerealiu laiku naudojamos įvairios sistemos:

Vietinė bazinė stotis gali surinkti bazinius pataisų failus, kuriuos galima siųsti kaip pataisas realiu laiku arba paruošti atsisiuntimui nerealiu laiku.

- Specialiai DGPS sukurta didelių sričių koregavimo sistema (*Wide Area Augmentation System* – WAAS), kurios palydovai siunčia koregavimui realiu laiku skirtus signalus. WAAS skirta orlaivių navigacijai ir tūpimui, ją eksploatuoja JAV Federalinė aviacijos administracija (FAA). WAAS naudotis gali ir kiti GPS naudotojai, jei turi įrangą, galinčią priimti WAAS pataisas. Pataisų radijo signalui priimti reikia specialaus imtuvo. Šis įtaisas gali būti įrengtas ir GPS imtuve.

Realaus laiko pataisų signalus siunčia OmniSTAR DGPS paslaugų palydovai. OmniSTAR teikia ypač patikimas vietos nustatymo paslaugas visame pasaulyje, turi 70 antžeminių bazinių stočių ir tris tinklo valdymo centrus.

- Valstybinės diferencinės GPS (*Nationwide Differential GPS* – NDGPS) radijo švyturiai gali siųsti pataisas realiu laiku arba vėlesniam apdorojimui. Pataisų radijo signalus priima nešiojamieji imtuvai (*Beacon on the Belt* – BoB).



OmniSTAR diferencinio koregavimo realiu laiku stotys (<http://www.oxts.com/>)

Judantysis imtuvas gali priimti bazinės stoties failus ir koreguoti duomenis, jei nuo jo iki bazinės stoties yra iki 500 kilometrų. Bet kuo arčiau bazinė stoties esama, tuo pataisa tikslesnė.

Bendrą vaizdą apie GPS tikslumą galima susidaryti iš šių duomenų:

- Mėgėjiškos ir žemėlapių formavimo sistemos – 10–15 m:
 - C/A kodas
 - autonominės; duomenys renkami autonomiškai, diferencinio koregavimo nėra; pagrindinis nekoreguotų matavimų paklaidų šaltinis – signalo vėlavimas atmosferoje.
- Mėgėjiškos ir žemėlapių formavimo sistemos – 1–5 m:
 - C/A kodas;
 - naudoja diferencines pataisas; korekcija realiu laiku ne tokia tiksli kaip korekcija nerealiu laiku, nes imtuvas ir bazinė stotis naudoja skirtingas efemerides (dėl atstumo tarp įrenginių), pataisos pranešimo dažnis (delsa) priklauso nuo signalo dažnio (bodais) ir pataisos siuntimo dažnio korekcijos (nuo 5 iki 30 sek.), be to, yra su koordinatų sistemomis susijusių paklaidų (jei bazinių stočių siunčiamos pataisos gautos ne WGS-84 sistema, paklaidos paprastai mažos, bet tam tikrose vietose gali būti ir nuo 5 iki 10 m).
- Centimetrinės tikslumo klasės sistemos – nuo 10 cm iki 1 m:
 - C/A kodas ir nešantieji virpesiai; nešančiųjų virpesių fazę matuojantys imtuvai atstumus nuo imtuvo iki palydovų apskaičiuoja pagal C/A kodo nešančiosios bangos periodų skaičių; kai kurie imtuvai C/A kodo tikslumui padidinti naudoja

vadinamąją „nešančiaisiais virpesiais glodinto kodo“ (*carrier-smoothed code*) technologiją; nešančiosios bangos ilgis daug mažesnis negu ją moduliuojančio kodo (19 cm, palyginti su 293,1 m), taigi ir atstumai iki palydovų apskaičiuojami tiksliau;

- kai kurie imtuvai (pvz., Trimble GeoXT) turi „nešančiųjų virpesių fazės matavimų diferencinio koregavimo nerealiu laiku“ funkciją (*post-processed carrier phase differential*). Šiuo režimu imtuvas matuoja kodą ir nešančiosios bangos periodų skaičių. Matuojant šiuo metodu keliami griežtesni duomenų rinkimo reikalavimai: tikslus antenos aukštis, geras dangaus matomumas, 5 matomi palydovai, judantysis imtuvas ne toliau negu 50 km nuo bazinės stoties, bazinės stoties koordinatės nustatytos matavimais, sekami palydovai turi likti tie patys nors 10 minučių (kad būtų galima priimti vientisą duomenų paketą). Kuo didesnė matavimo trukmė, tuo tikslesnė nešančiųjų virpesių fazės matavimų diferencinė korekcija nerealiu laiku. Koreguotų rezultatų horizontalus tikslumas yra centimetrų eilės.
- Matavimams skirtos (profesionalios) sistemos – 1 cm:
 - P kodas arba du nešantieji virpesiai;
 - pažangūs matavimų metodai.

GPS tikslumas priklauso nuo daugelio veiksnių, pavyzdžiui, įrangos tipo, stebėjimo trukmės ir palydovų padėčių. Norint gauti reikiamo tikslumo rezultatus, reikia atidžiai pasirinkti įrangos tipą ir imtuvo nuostatas. Teoriškai, jei matuosite ilgiau, gausite daugiau padėčių vidurkių, taigi tikslumas bus didesnis.

4.4.3 Santrauka

- Yra 3 GPS segmentai.
- Formulė palydovo atstumui apskaičiuoti: $D = c \times T$.
- Kad būtų galima tiksliai apskaičiuoti padėtį trimatėje erdvėje, reikia 4 palydovų.
- Ketvirtas atstumas skirtas laiko poslinkio pataisai.
- Vietos nustatymo GPS tikslumą lemia 6 paklaidų šaltiniai (ir papildomi veiksniai).
- Pagrindinis GPS paklaidų šaltinis – atmosferinė paklaida.
- Vertikalus tikslumas visada mažesnis už horizontalų.
- Almanacho ir efemeridės duomenys skiriasi.
- Diferencinis koregavimas nerealiu laiku tikslesnis negu realiu laiku.

Dalies klausimai savarankiškam darbui

1. Kaip veikia GPS?
2. Kas yra selektyvi prieiga? Kam ji skirta?
3. Kodėl nustatytų aukščio verčių sklaida didesnė negu horizontalios padėties verčių?
4. Kiek tikslus yra mėgėjiškas GPS prietaisas?
5. Kas yra DGPS?
6. Kaip kai kurie vartotojai pasiekia centimetrų tikslumą?

Privaloma literatūra

- Global Positioning System, Canadian Spatial Reference System, http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/gps/index_e.php
- GPS Guide, Canadian Spatial Reference System, http://www.geod.nrcan.gc.ca/software_form_e.php?software=GPS_Guide&filename=GPS_Guide_e.pdf
- Global Positioning System, The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado, <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html>
- „GPS-System“, visos dalys, „GPS – explained“, <http://www.kowoma.de/en/gps/>
- All About **GPS**, visi skyriai, GPS Tutorial, Trimble, <http://www.trimble.com/gps>

ESRI virtualusis kursas

- **2 ir 3 dalys:** „Flattening the Earth“ ir „Understanding Aspect and Perspective“, „Understanding Map Projections and Coordinate Systems“

Užduotis

- **3 užduoties tęsinys:** darbas su matavimų duomenimis GIS sistemoje.

Literatūra

- [1] Canadian Spatial Reference System, http://www.geod.nrcan.gc.ca/geodesy/gps/index_e.php
- [2] GPS Guide, Canadian Spatial Reference System, http://www.geod.nrcan.gc.ca/software/form_e.php?software=GPS_Guide&filename=GPS_Guide_e.pdf
- [3] GPS – explained, <http://www.kowoma.de/en/gps/>

Vartojami terminai

▪ <i>Radionavigation systems</i> ▪ <i>GPS segments</i> ▪ <i>Standard positioning service</i> ▪ <i>Precise positioning service</i> ▪ <i>DoD</i> ▪ <i>Code phase positioning</i> ▪ <i>Carrier phase positioning</i> ▪ <i>Trilateration</i> ▪ <i>Atomic clocks</i> ▪ <i>Quartz clocks</i> ▪ <i>L1 and L2 signals</i> ▪ <i>C/A Code</i> ▪ <i>Navigation message</i> ▪ <i>Ephemeris</i> ▪ <i>Satellite almanac</i> ▪ <i>P (Precise) code</i> ▪ <i>Code phase positioning</i> ▪ <i>Carrier phase positioning</i> ▪ <i>Dilution of precision</i> ▪ <i>Differential correction</i> ▪ <i>Real-time correction</i> ▪ <i>Post-processed</i>	– <i>radijo navigacinės sistemos</i> – <i>GPS segmentai</i> – <i>standartinė vietos nustatymo paslauga</i> – <i>tikslios vietos nustatymo paslauga</i> – <i>Gynybos departamentas</i> – <i>kodo fazės matavimas</i> – <i>nešančiųjų virpesių fazės matavimas</i> – <i>trilateracija</i> – <i>atominiai laikrodžiai</i> – <i>kvarciniai laikrodžiai</i> – <i>L1 ir L2 signalai</i> – <i>C/A kodas</i> – <i>navigacinis pranešimas</i> – <i>efemeridė</i> – <i>palydovo almanachas</i> – <i>P (tikslios vietos) kodas</i> – <i>kodo fazės matavimas</i> – <i>nešančiųjų virpesių fazės matavimas</i> – <i>tikslumo mažėjimo rodiklis</i> – <i>diferencinis koregavimas</i> – <i>koregavimas realiu laiku</i> – <i>koregavimas nerealiu laiku</i>
---	---

5 Žemėlapių projekcijos

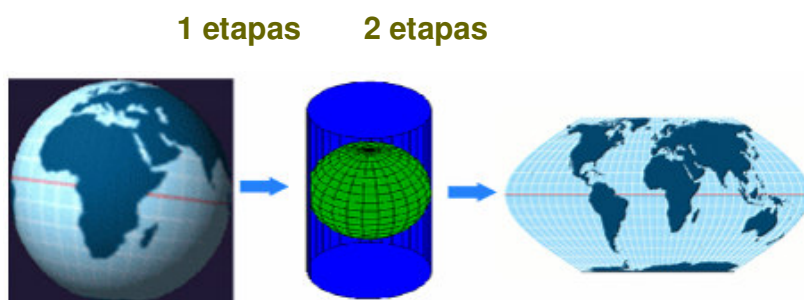
Žemėlapių projekcija – tai Žemės paviršiaus (elipsoido arba sferos) atvaizdas žemėlapyje (plokščiame paviršiuje). Sudarant žemėlapių, arba kartografines, projekcijas, Žemės objektams atvaizduoti plokščiame paviršiuje naudojamos matematinės lygtys. Šioje dalyje nagrinėjama koordinačių sistema, naudojama žemės paviršiui ant žemėlapių projektuoti, žemėlapių mastelis, žemėlapių projekcijų klasifikacija pagal geografinio tinklelio formą, iškraipymus ir išklojamo paviršiaus orientaciją. Supažindinama su pagrindiniais žemėlapių iškraipymų teorijos elementais. Pateikiami plačiausiai naudojamų žemėlapių projekcijų ir standartinių žemėlapių koordinačių sistemų pavyzdžiai, pristatomos Lietuvos Respublikos koordinačių sistemos.

Dalies turinys

- Projekcinė koordinačių sistema
- Žemėlapių projekcijos
- Žemėlapių mastelis
- Žemėlapių projekcijų klasifikacija
- Pagal geografinio tinklelio formą
- Pagal iškraipymus
- Pagal išklojamo paviršiaus tipą
- Žemėlapių projekcijos
- Standartinės žemėlapių koordinačių sistemos
- Projekcijos ir GIS programinė įranga

5.1 Projekcinė koordinatų sistema

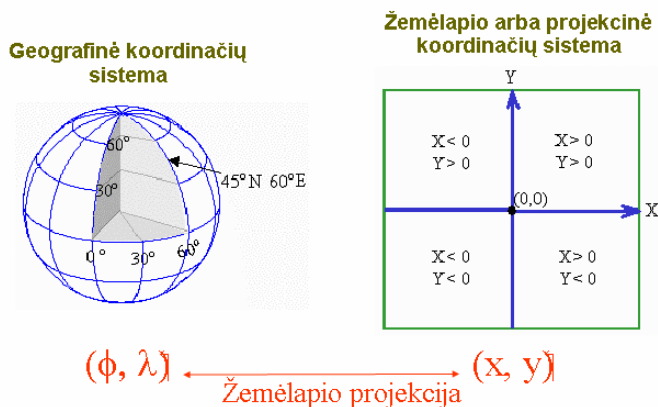
Žemėlapių sudarymas – tai matematinis tikrovės transformavimas, atliekamas dviem etapais: sudaromas Žemės modelis – elipsoidas (sfera) ir / arba geoidas; elipsoidas (sfera) projektuojamas į plokščią paviršių.



Du modeliavimo etapai

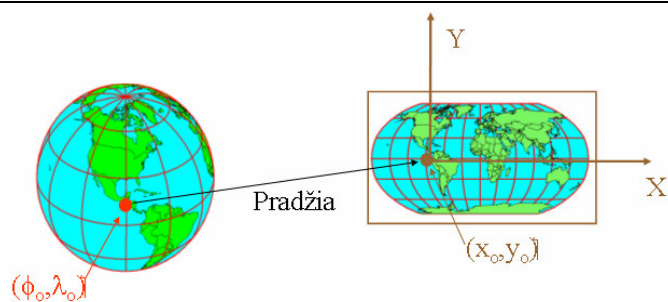
Pirmąjį šio modeliavimo ir transformavimo etapą išnagrinėjome 3 dalyje. Šioje dalyje aptarsime matematinio projektavimo procesą.

Žemei į gaubli ir gaubliui į žemėlapi transformuoti naudojamos dviejų tipų koordinatų sistemos. Jos vadinamos geografinėmis ir projekcinėmis koordinatėmis. Žemėlapis – plokščias paviršius, taigi objektų koordinatės nurodomos plokštuminėje koordinatų sistemoje. Šios plokštuminės koordinatės apskaičiuojamos iš gaublio geografinių koordinatų ir atvirkščiai.



Geografinė ir projekcinė koordinatų sistemos

Žemėlapių plokštuminė koordinatų sistema nurodoma per koordinatų pradžią einančiomis statmenomis (x, y) ašimis. Žemėlapių, arba projekcinės, koordinatų sistemos pradžia gali būti bet kuriame geografinės koordinatų sistemos taške. Žemėlapių koordinatų sistemos pradžia neprivalo sutapti su geografinės koordinatų sistemos pradžia.



Geografinės ir žemėlapių koordinatų sistemos pradžios taškai

5.2 Žemėlapių projekcijos

Žemėlapių, arba kartografinės, projekcijos – tai sferinių ilgumos ir platumos koordinačių projektavimo į stačiakampes koordinatas metodai. Šį projektavimą galima įsivaizduoti kaip skaidraus gaublio taškų perkėlimą menamais šviesos spinduliais ant *išklojamo paviršiaus* – pavyzdžiui, ant plokščio popieriaus lapo.

Bet griežtai matematiškai žemėlapių projekcija aprašoma funkcijų arba lygčių sistema:

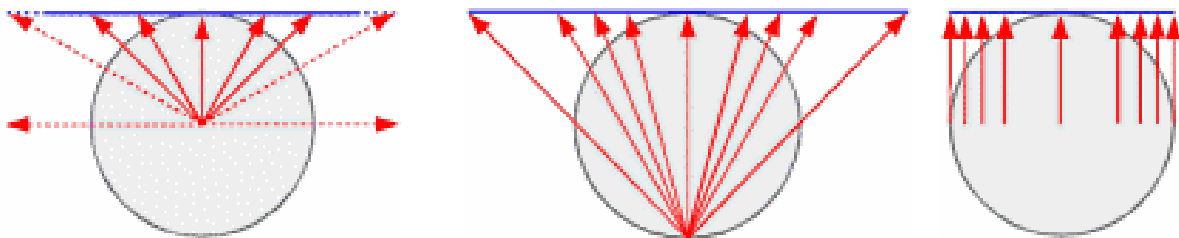
$$x = F_1(\varphi, \lambda)$$

$$y = F_2(\varphi, \lambda)$$

x ir y – stačiakampės žemėlapių koordinatės, φ ir λ – kampinės sferos arba elipsoido koordinatės, o F_1 ir F_2 – projektavimo funkcijos.

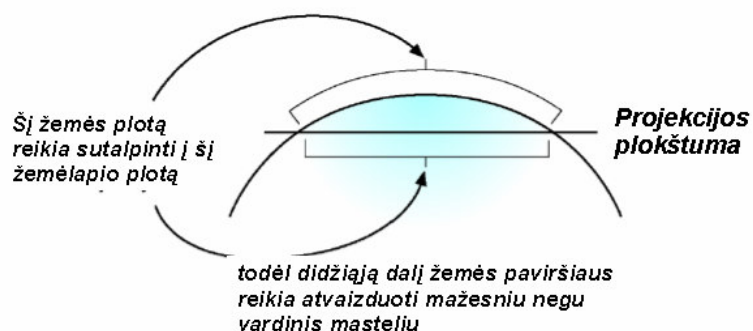
Visos projekcijos išreiškiamos matematinėmis formulėmis; šios formulės nurodo ryšį tarp ilgumos ir platumos tinklelio Žemės paviršiuje ir jo atvaizdo žemėlapyje, kitaip tariant, ryšį tarp taško geografinių koordinačių (ilgumos ir platumos) ir jo projekcinių (stačiakampių) žemėlapių koordinačių. Žemėlapių skaičiavimai pagrįsti *diferencialine geometrija*.

Kaip atrodys į plokščią lapą suprojektuotas gaublys, priklauso nuo šviesos šaltinio padėties. Pavyzdžiui, šviesos šaltinis gali būti Žemės viduje arba išorėje. Kaip jau minėjome, tai tik priemonė projekcijoms įsivaizduoti – iš tikrųjų jos apibrėžiamos matematiškai.



Trys projekcijų klasės pagal šviesos šaltinį (trys galimos projektavimo centro padėties, kai projekcijos plokštuma yra sferos liestinė plokštuma)

Sudarant kartografines (žemėlapių) projekcijas, stengiamasi, kad kreivas gaublio paviršius neišsitemptų ir neplyštų. Bet projektuojamas Žemės paviršius kreivas, o popieriaus lapas plokščias, todėl neišvengiamai atsiranda *iškreipymų*. Tam tikros srities iškreipymo dydis priklauso nuo jos vietos sferoje ir žemėlapių tipo.



Sudarant žemėlapių projekcijas stengiamasi atvaizduoti išgaubtą gaublio paviršių ant plokščio lapo, todėl atsiranda iškraipymų

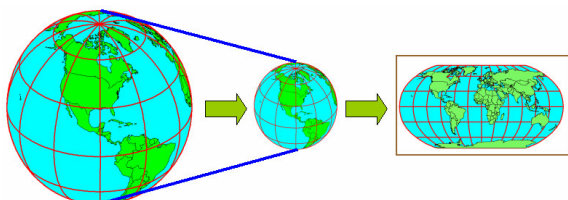
Kiekviena žemėlapių projekcija turi mažiausių iškraipymų sritį. „Stumdydami“ projekciją po gaublį, galime pasiekti, kad ši sritis atsidurtų mus dominančioje vietoje. Vadinasi, galima gauti be galo daug kiekvienos projekcijos variantų su skirtingais projekcijos parametrais.

5.3 Žemėlapių mastelis

Žemėlapių mastelis nurodo, kiek kartų tikrieji (sferos arba elipsoido) objektų matmenys sumažinti žemėlapių plokštumoje. Projektuojant atsiranda iškraipymų, todėl žemėlapių projekcijų mastelis **nėra tas pats** visose žemėlapių vietose.

Pagrindinis žemėlapių mastelis apibrėžiamas kaip atstumo tarp gaublio taškų ir atstumo tarp atitinkamų Žemės taškų santykis (atstumai išreikšti tais pačiais matavimo vienetais). Pagrindinis žemėlapių mastelis – tai mastelis tose žemėlapių vietose (taškuose ar linijose), kuriose projekcija neiškraipyta. Visose kitose vietose, kuriose projekcija iškraipyta, iškraipymai konkrečiame taške apibūdinami **vietiniu masteliu**, įvertinančiu atstumų žemėlapyje ir ant gaublio santykį. Vietinio mastelio sąvoką išsamiau aptarsime kituose skyriuose.

Neišvengiamas iškraipymas žemėlapyje priklauso nuo vietos sferoje ir žemėlapių tipo. Šias sąvokas išsamiau aptarsime toliau.



Pagrindinis žemėlapių mastelis:

Trupmeninis mastelis

$\frac{\text{Atstumas ant gaublio}}{\text{Atstumas ant žemės}}$

(pvz., 1:25 000)

Žemėlapių projekcija:

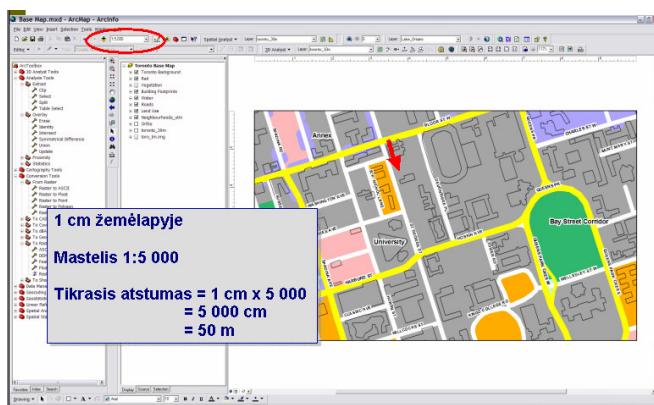
Vietinis mastelio koeficientas

$\frac{\text{Atstumas žemėlapyje}}{\text{Atstumas ant gaublio}}$

(pvz., 0,9996)

Pagrindinis ir vietinis žemėlapių mastelis

Pagrindinis mastelis – tai atstumų žemėlapyje ir ant žemės santykis.



Pagrindinis žemėlapių mastelis

Yra įvairių būdų pagrindiniam masteliui žemėlapyje nurodyti, pavyzdžiui:

- Skaitmeninis mastelis
- Žodinis mastelis
- Linijinis mastelis

Skaitmeninis mastelis – mastelio išraiška dviejų skaičių santykiu arba trupmena. Pavyzdžiui,

Visada 1

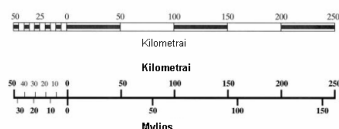
$$\frac{1}{250\,000} \quad \begin{array}{l} \text{Atstumas žemėlapyje} \\ \text{Atstumas ant žemės} \end{array}$$

▪ 1:250 000, arba

Abiejų skaičių matavimo vienetas visada tas pats, pvz., $\frac{1 \text{ mm}}{250\,000 \text{ mm}}$.

Žodinis mastelis – tai mastelio išraiška žodžiais: „1 mm atitinka 1 km“ (1:1 000 000) arba „vienas centimetras vienam kilometrui“ (1:100 000). Šiuo atveju matavimo vienetai skirtingi.

Linijinis mastelis – tai vizualiai suvokiama mastelio išraiška.

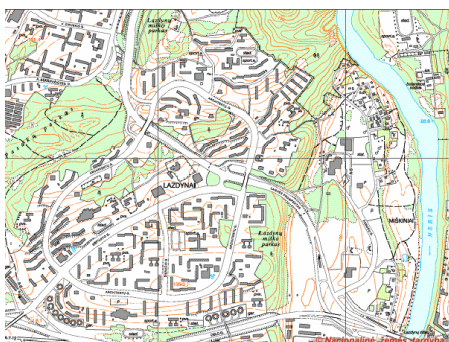


Linijiniai masteliai

Žmonės dažnai painioja, koks mastelis „stambus“, o koks smulkus. Kuo didesnė sritis vaizduojama žemėlapyje, tuo smulkesnis žemėlapių mastelis. Pavyzdžiui, 1:10 000 mastelis laikomas stambiu, o 1:1 000 000 – smulkiu.

$\frac{1}{10}$	Stambus mastelis
$\frac{1}{10\,000}$	Smulkesnis mastelis
$\frac{1}{10\,000\,000}$	Labai smulkus mastelis

Stambaus ir smulkaus mastelio žemėlapiai



Stambaus mastelio žemėlapis 1:10 000

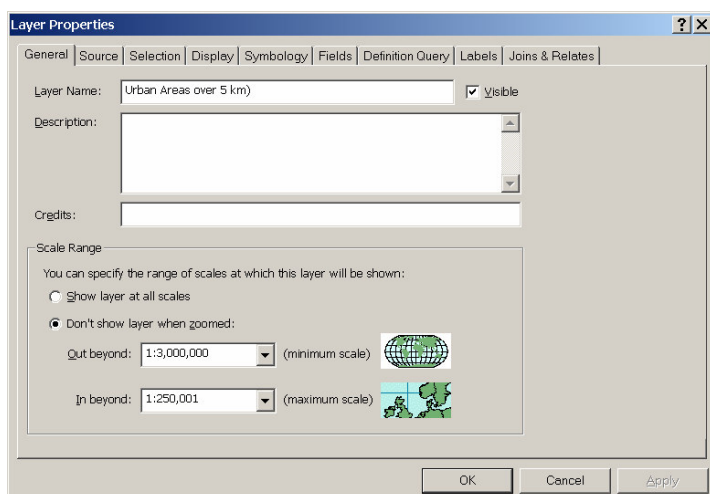


Smulkesnio mastelio žemėlapis 1:200 000



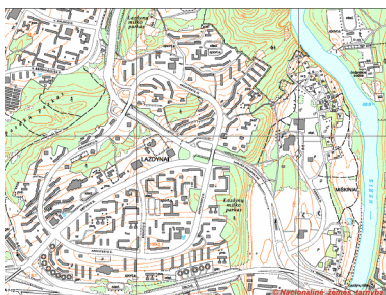
Smulkaus mastelio žemėlapis 1:10 000 000

GIS programos patogios tuo, kad galima nurodyti žemėlapių sluoksnių mastelių intervalą. Pavyzdžiui, galima nurodyti, kad specifiniai didesnės negu 5 km miesto srities sluoksnio simboliai būtų rodomi tik žemėlapiuose, kurių mastelis yra nuo 1:250 000 iki 1:3 000 000.



ArcMap valdymo dialogo mastelių diapazonas

Nuo mastelio priklauso, kurie objektai bus vaizduojami žemėlapyje, t. y. mastelis lemia žemėlapių detalumo arba apibendrinimo lygį. Kai kurie žemėlapiai (pvz., topografiniai) sudaromi keletu mastelių.



Skirtingo lygio Kauno žemėlapiai

5.4 Žemėlapių projekcijų klasifikavimas

Žemėlapių projekcijos klasifikuojamos pagal:

- geografinio tinklelio formą (dienovidinių ir lygiagrečių formą ant išklojamo paviršiaus);
- iškraipymus (žemėlapių savybes);
- išklojamo paviršiaus orientaciją.

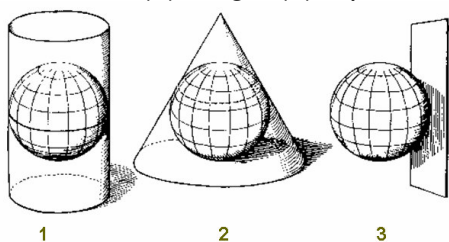
5.4.1 Klasifikacija pagal geografinio tinklelio formą

Projekcijų klasifikavimas pagal geografinio tinklelio formą – tai klasifikavimas pagal lygiagrečių ir dienovidinių formą projekcijoje, kurios centrinė išklojamo paviršiaus ašis nukreipta iš šiaurės į pietus.

Daugiausia naudojamos projekcijų rūšys pagal formą:

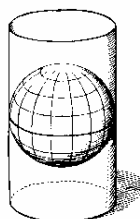
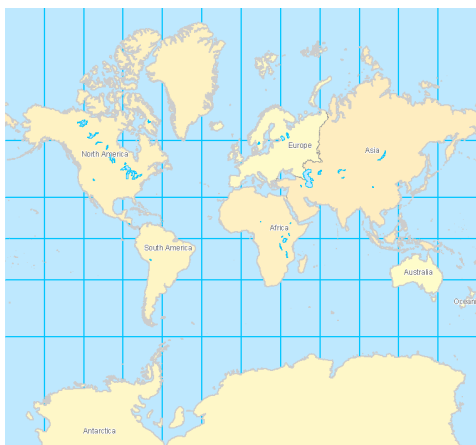
- cilindrinės projekcijos,
- kūginės projekcijos,
- azimutinės arba plokštuminės projekcijos (gnomoninė, stereografinė, ortografinė),
- daugiakūgės projekcijos,
- pseudocilindrinės projekcijos,
- pseudokūginės projekcijos,
- pseudoazimutinės projekcijos,
- laisvosios projekcijos.

Cilindrinėmis, kūginėmis ir plokštūninėmis projekcijomis gaunami atitinkami *išklojami paviršiai* – cilindras (1), kūgis (2) ir plokštuma (3).



Trys išklojamo projekcijos paviršiaus tipai

Cilindrinės projekcijos projektuoja gaublį į cilindrą. Klasikinis šių projekcijų pavyzdys – Merkatoriaus projekcija.

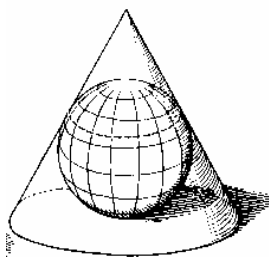
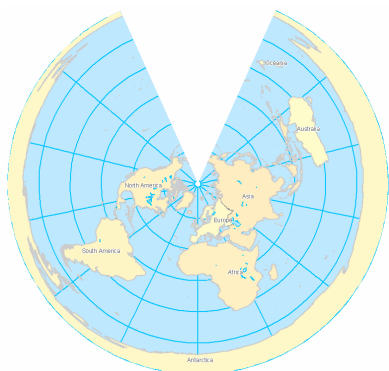


Merkatoriaus projekcija ir jos išklojamas paviršius

Cilindrinės projekcijos yra dviejų rūšių: 1) kurių cilindras liečia gaublį vienoje linijoje; 2) kurių cilindras kerta gaublį dviejose linijose. Šios linijos vadinamos standartinėmis lygiagretėmis. Vienos platumos apskritimas, kuriame cilindras liečia arba kerta gaublį, vadinamas standartine lygiagrete. Išilgai standartinių lygiagrečių žemėlapių mastelis lygus pagrindiniam masteliui. Tolstant nuo standartinių lygiagrečių į pietus ir šiaurę, iškraipymai didėja (jei standartinės lygiagretės dvi, žemėlapių sritis tarp jų taip pat iškreipta). Jei standartinė lygiagretė viena, paprastai ji yra pusiaujas.

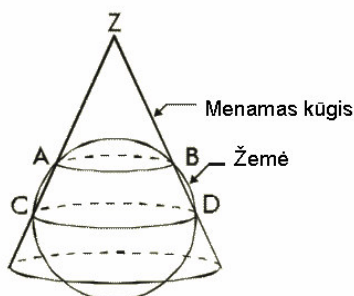
Normaliosiose cilindrinėse projekcijose dienovidiniai ir lygiagretės sudaro stačiakampį lygiagrečių tiesių tinklą.

Kūginės projekcijos projektuoja gaublį į kūgio paviršių. Normaliųjų kūginių projekcijų dienovidiniai – tiesios spindulių linijos, lygiagretės – lankai apskritimų, kurių centras yra dienovidinių sankirtos taške.



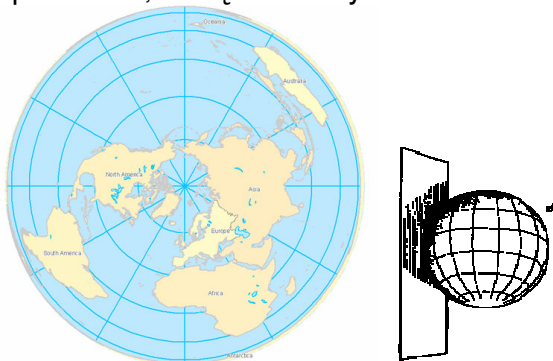
Kūginė projekcija ir jos išklojamas paviršius

Kūginės projekcijos taip pat yra dviejų rūšių – kūgio paviršius liečia gaublį vienoje linijoje arba kerta dviejose. Paprastai standartinė lygiagretė yra vienos platumos apskritimas, kuriame kūgis liečia arba kerta sferos paviršių. Ši lygiagretė atvaizduojama teisingu masteliu, į pietus ir šiaurę nuo jos iškraipymai didėja.



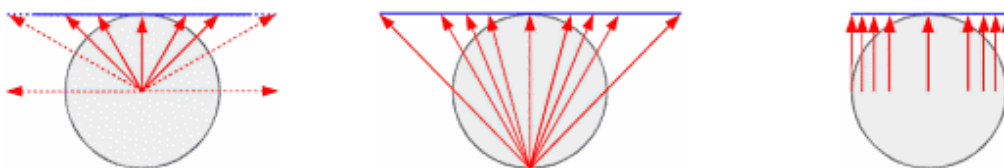
Kūginė projekcija su dviem standartinėmis lygiagretėmis – kūgis kerta gaublį AB ir CD linijose

Azimutinės arba plokštuminės projekcijos gaublį projektuoja į plokščią paviršių, kuris liečia gaublį tik viename taške. Projekcijos plokštuma – tai gaublio liestinė plokštuma tam tikrame taške. Normaliųjų azimutinių projekcijų dienovidiniai – tiesios spindulių linijos, o lygiagretės – apskritimai, kurių centras yra dienovidinių sankirtos taške.



Lygiaplotė azimutinė Lamberto projekcija ir jos išklojamas paviršius

Šios projekcijos pagal projektavimo centro padėtį skirstomos į tris rūšis: gnomonines, stereografines ir ortografines.



Trys galimos projektavimo centro padėtys: gnomoninės, stereografinės ir ortografinės projekcijos



Gnomoninė plokštuminė projekcija
– projektavimo centras yra gaublio centre



Stereografinė plokštuminė projekcija
– projektavimo centras yra gaublio taške, priešingame plokštumos lietimosi taškui



Ortografinė plokštuminė projekcija
– projektavimo centras yra begalybėje

Normaliųjų **daugiakūgių** projekcijų dienovidiniai ir lygiagretės yra tam tikros kreivės, tik pagrindinis dienovidinis ir pusiaujas yra tiesės.



Daugiakūgė projekcija



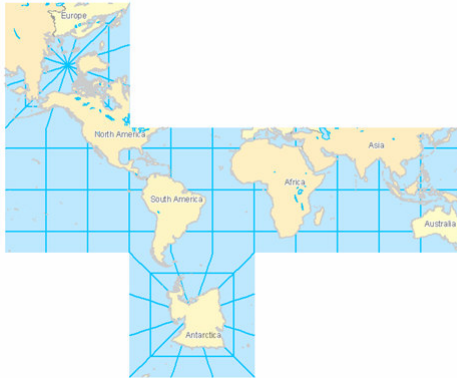
Aitofo daugiakūgė projekcija

Pseudocilindrinė projekcijų dienovidiniai yra tam tikros kreivės, tik pradinis dienovidinis – tiesė; lygiagretės yra tiesės, statmenos pradiniam dienovidiniui.

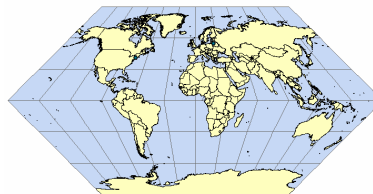


Pseudocilindrinė Robinsono projekcija išsprendžia „Grenlandijos ir Australijos problemą“ – išlaikomas sausumos teritorijų dydžių santykis

Laisvosios (*arbitrary*) projekcijos nepriklauso nė vienai iš minėtų kategorijų. Štai keli pavyzdžiai:



Kubinė projekcija



Eckert 1 projekcija



Fulerio projekcija

5.4.2 Klasifikacija pagal iškreipimus arba projekcijos savybes

Nė vienoje projekcijoje neįmanoma pasiekti, kad atstumai visomis kryptimis išliktų neiškreipyti. Tačiau projekcijose galima išsaugoti šias Žemės objektų savybes:

- Vietinį mastelį (atstumus) išilgai tam tikrų linijų; mastelio neįmanoma išlaikyti pastovaus visame žemėlapyje, tačiau galima išlaikyti:
 - pastovų mastelį išilgai dienovidinių;
 - pastovų mastelį išilgai lygiagrečių.
- Formos panašumą – objektų formą nedidelėse srityse išsaugantys žemėlapiai vadinami lygiakampiais (arba ortomorfiniais – graikiškai „taisyklingais“).
- Nedidelių sričių plotą (ekvivalentiniai arba lygiapločiai žemėlapiai) – ploto žemėlapyje ir tikrojo ploto santykis visur tas pats.
- Kampus – kompasas visose žemėlapio vietose rodo „teisingą“ kryptį.

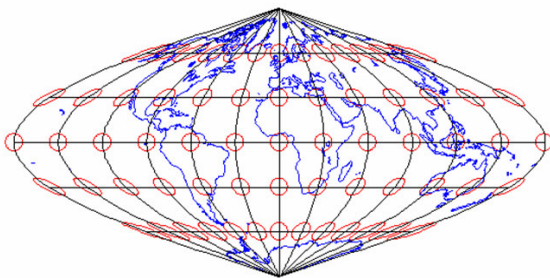
Kad galėtume klasifikuoti projekcijas pagal iškreipimų tipą (skirstyti į lygiakampes, lygiaplotes ar lygiatarpes), reikia iškreipimus išreikšti skaičiais. Vietinis atstumų mastelis išilgai lygiagrečių ir dienovidinių $\lambda = ds/dS$, kur ds yra vietinis atstumas (nykstamai maža atkarpa) žemėlapio projekcijoje, dS – atitinkamas vietinis atstumas (nykstamai maža atkarpa) ant elipsoido ar sferos. Tada atstumo iškreipimas procentais $\lambda = (\lambda - 1) \times 100 \%$. Atstumo iškreipimas yra geografinių koordinačių (λ, ϕ) funkcija. Taigi, jei $\lambda = 1$ – šiame taške atstumas neiškreiptas, jei $\lambda = 0$ – projekcija baigėsi, o taškai, kurių $\lambda < 0$, turi būti kažkur žemėlapyje.

Jei vietinis ploto mastelis $p = df / dF$, kur df yra nykstamai mažas plotas žemėlapio projekcijoje, o dF – atitinkamas plotas ant elipsoido ar sferos, tai procentinis ploto iškreipimas $p = (p - 1) \times 100 \%$. Ploto iškreipimas taip pat yra geografinių koordinačių (λ, ϕ) funkcija.

Kampų iškraipymas $\square u = u - U$, kur u yra kampas žemėlapių projekcijoje, o U – atitinkamas kampas ant elipsoido ar sferos. Kampų iškraipymai konkrečiame taške apibūdinami maksimalia kampo iškraipymų verte $\square$ tame taške.

Atstumų, plotų ir kampų iškraipymų vertės yra pagrindiniai kriterijai, pagal kuriuos klasifikuojamos ir pasirenkamos konkrečių sričių žemėlapių projekcijos.

Žemėlapių iškraipimus tam tikrame taške (P) patogų vaizduoti Tiso iškraipymų elipse, kurios centras yra tame taške. Jei elipsė – apskritimas, tai žemėlapių projekcija tame taške lygiakampė (išsauganti kampus), priešingu atveju pagrindinės elipsės ašys nurodo didžiausio a ir mažiausio b atstumų iškraipymo kryptis. Nors elipsių forma skiriasi, jų plotas tas pats.



Sansono projekcijos Tiso elipsės išilgai pusiaujo ir Grinvičo dienovidinio vaizdas neiškreiptas. Sansono projekcija išsaugo plotų santykius.

Pagal išsaugomus parametrus (pagrindines **žemėlapių savybes**) – formą, plotą ar atstumą – projekcijos skirstomos į:

- lygiaplotės arba ekvivalentinės – išsaugančias plotų santykį;
- lygiakampės – išsaugančias kryptis ir formą;
- lygiatarpes – išlaikančias atstumų (ilgio) santykį išilgai tam tikrų linijų;
- sąlyginės – bandančias sumažinti ir plotų, ir kryptų iškraipimus.

Lygiakampės projekcijos išsaugo kryptis ir formas:

- Maksimalus kampų iškraipymas $\square = 0$ ir $p \square 1$.
- $m = n = a = b = \square$, kur m – vietinis atstumų mastelis išilgai dienovidinių, n – vietinis atstumų mastelis išilgai lygiagrečių, a ir b – žemėlapių didžiausias ir mažiausias vietinis atstumų mastelis.
- Vietinis plotų mastelis $p = a^2$.

Lygiakampėse projekcijose bet kuris gaublio apskritimas išliks apskritimas ir žemėlapyje, bet mastelis arba dydis gali keistis. Pavyzdžiui, jei projekcija išsaugo žemyno formą, tai iškraipo jo dydį. Lygiakampėse projekcijose sudaromi įvairūs navigaciniai žemėlapiai.



Lygiakampė normalioji Merkatoriaus projekcija (cilindrinė pagal tinklelio formą) Grenlandija atrodo didesnė už Australiją



Lygiakampė skersinė Merkatoriaus projekcija (cilindrinė pagal tinklelio formą, skersinė pagal išklojamo paviršiaus orientaciją)

Lygiaplotės arba ekvivalentinės projekcijos išsaugo plotų santykį: objektai vaizduojami teisingo dydžio

- Vietinis ploto mastelis **$p = \text{konst.}$** , ir daugeliu atvejų **p nelygus 1**
- Maksimalus kampų iškreipymas $\alpha > 0$
- **$a = 1 / b$**

Jei Pietų Amerika ant gaublio aštuonis kartus didesnė už Grenlandiją, šiose projekcijose ji irgi bus aštuonis kartus didesnė. Australija bus didesnė už Grenlandiją. Nors šiose projekcijose žemynų dydis atitinka, jų forma stipriai iškreipta. Ekvivalentinės projekcijos naudojamos kadastriniams ir ploto matavimams bei vaizdiniam palyginimui.



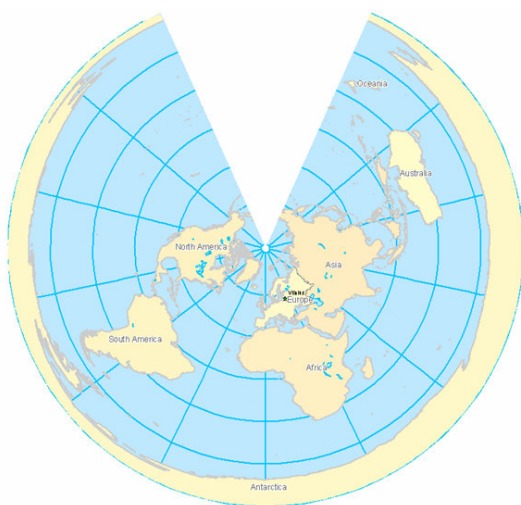
Cilindrinė lygiaplotė projekcija



Azimutinė lygiaplotė projekcija

Neįmanoma sukurti vienos projekcijos, kurioje visi atstumai išliktų neiškreipti. Taigi **lygiatarpėse** projekcijose išlaikomi tik santykiniai atstumai nuo vieno ar dviejų taškų. Atkarpos tarp dviejų taškų ilgis atitinka atstumą tarp jų didžiuoju apskritimu, ir šioje linijoje $\rho = 1$. Šiose projekcijose $a = p$ arba $b = p$. Tai reiškia, kad atstumo mastelis pastovus viena iš dviejų pagrindinių iškraipymo krypčių: $a = 1$ arba $b = 1$. Lygiatarpėse projekcijose objektų forma ir dydis gali būti iškreipti.

Projekcijos, kurių koordinatų tinklėlis stačiakampis, o a arba b sutampa su m arba n , vadinamos lygiatarpėmis išilgai dienovidinių arba lygiatarpėmis išilgai lygiagrečių.

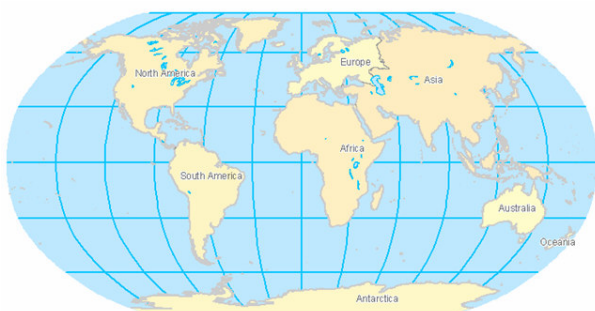


Lygiatarpė kūginė projekcija



Lygiatarpė cilindrinė projekcija

Sąlyginės projekcijos neišsaugo žemėlapių savybių – jos nelygiakampės, nelygiaplotės ir nelygiatarpės. Jose yra visų rūšių iškraipymų: $p \neq 1$, $\rho > 0$, ir $\rho \neq 1$.

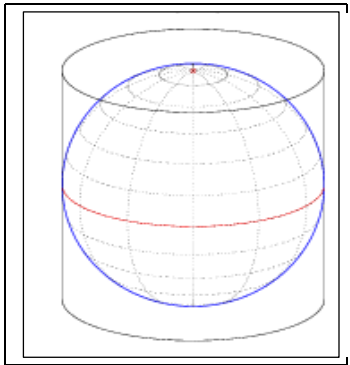


Robinsono projekcija – tai sąlyginė projekcija. Šioje projekcijoje išspręsta „Grenlandijos ir Australijos problema“

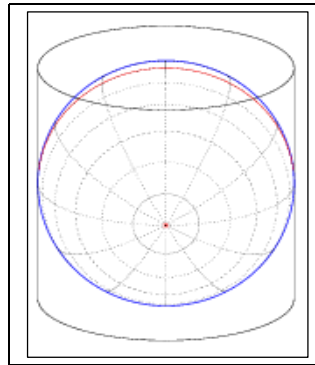
5.4.3 Klasifikacija pagal išklojamo paviršiaus orientaciją

Žemėlapiai klasifikuojami ir pagal projekcijos išklojamo paviršiaus *orientaciją*. Galimos žemėlapių projekcijų orientacijos:

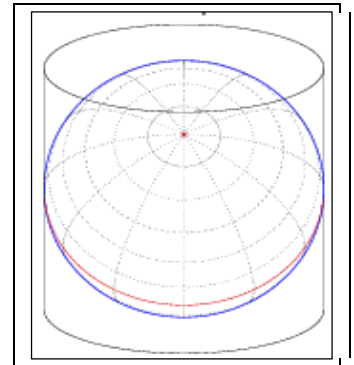
- normalioji – centrinė išklojamojo paviršiaus ašis nukreipta iš šiaurės į pietus;
- skersinė – centrinė išklojamojo paviršiaus ašis nukreipta iš rytų į vakarus;
- įstrižoji – daugybė *įstrižų* orientacijų.



Normalioji



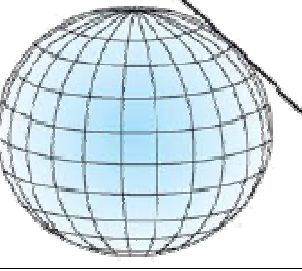
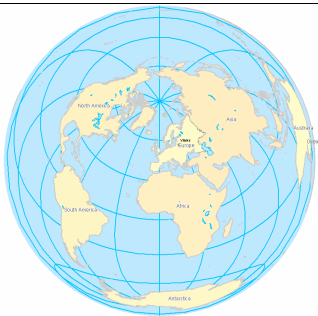
Skersinė



Įstrižoji



Cilindrinų projekcijų orientacija

		
Polinė	Pusiaujinė	Įstrižoji
		

Azimutinių projekcijų orientacija



Žemės vaizdas iš kosmoso – įstrižoji ortografinė projekcija

5.5 Kelios svarbesnės žemėlapių projekcijos

Šiame skyriuje aptariamos plačiausiai naudojamos projekcijos:

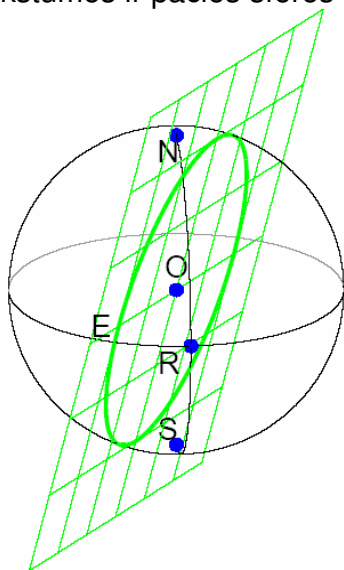
- Merkatoriaus projekcija,
- Skersinė Merkatoriaus projekcija,
- Gauso-Kriugerio projekcija,
- Europos projekcijos.

Merkatoriaus projekcija – tai lygiakampė projekcija, kurios vienintelė standartinė lygiagretė yra pusiaujas. Dienovidiniai – vienodais tarpais išdėstytos vertikalios tiesės, lygiagretės – horizontalios tiesės, tarpai tarp kurių didėja link ašigalio. Sausumos žemėlapiams ji naudojama retai, bet plačiai naudojama navigacinėms schemoms; taip pat ji yra skersinių ir įstrižųjų Merkatoriaus projekcijų pagrindas.

Ji yra lygiakampė, ir turi dar vieną ypatingą savybę: bet kurios joje nubrėžtos tiesės kryptis atitinka vieną kryptį ant žemės paviršiaus. Ši linija vadinama *rumbu* arba *loksodroma*. Taigi šturmanai gali nustatyti kursą pagal kampą tarp tiesios kurso linijos ir dienovidinio.

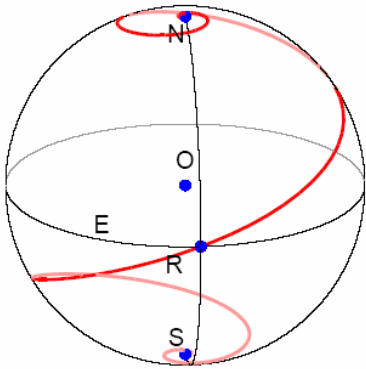
Yra dvi ypatingos sferos (arba elipsoido) kreivių klasės: *loksodroma* ir *ortodroma*.

Ortodroma – tai trumpiausias atstumas tarp dviejų taškų gaublio paviršiumi. Sferos paviršiuje ortodroma – tai *didžiojo apskritimo* (arba *didžiosios elipsės*) – per sferos centrą einančios plokštumos ir pačios sferos sankirtos – segmentas.

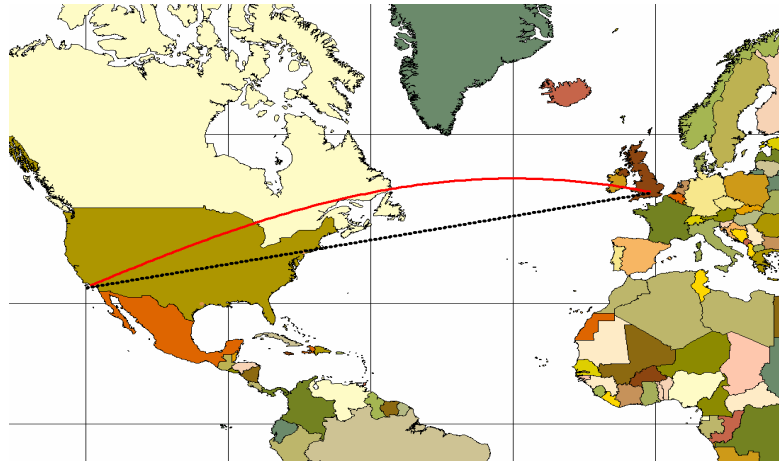


Didysis apskritimas

Antroji svarbi kreivė – rumbas arba loksodroma. Tai kreivė, kertanti visus dienovidinius tuo pačiu kampu.



Sfera: loksodroma (raudona linija)

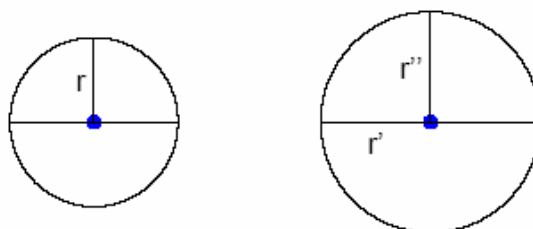


Projekcinė koordinatų sistema World_Mercator: ortodroma (raudona linija) ir loksodroma (juoda linija)

Merkatoriaus projekcijos formulė sferai:

$$\begin{aligned} x &= R \times \ln (\operatorname{tg} (45^{\circ} + \varphi / 2)), \\ y &= R \times \varphi, \\ \varphi &= 0, \end{aligned}$$

kur R yra Žemės sferos spindulys.



Merkatoriaus projekcija

Merkatoriaus projekcijos iškreipimai: $r = R \sec \varphi$

Skersinė Merkatoriaus (TM) projekcija ir jos įvairūs variantai – plačiausiai topografinėms ir navigacinėms schemoms naudojama projekcija pasaulyje. Pagrindinės visų projekcijos variantų savybės ir formulės tos pačios. Tačiau įvairiose šalyse naudojami skirtingi TM projekcijos variantai. Vienas nuo kito jie skiriasi savo parametrais:

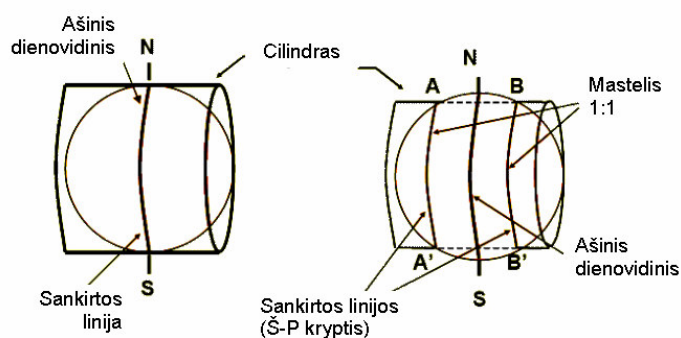
- pradine platuma,
- pradine ilguma (ašiniu dienovidiniu (meridianu)),
- mastelio koeficientu pradžios taške (ašiniame dienovidinyje (meridiane)),
- ilgumos poslinkio ir platumos poslinkio vertėmis – koordinatų pradžios taško poslinkiu projekcijos pradžios taško atžvilgiu – kad nebūtų neigiamų koordinatų,
- gali skirtis ir projekcijos ilgumos zonų pločiu. Paprastai zonos plotis yra 6° .

Skersinė Merkatoriaus projekcija panaši į Merkatoriaus, tik pasukta 90° taip, kad cilindras liestųsi su ašiniu dienovidiniu; joje tiesios linijos nerodo vienos krypties, kaip Merkatoriaus projekcijoje.



Skersinė Merkatoriaus projekcija

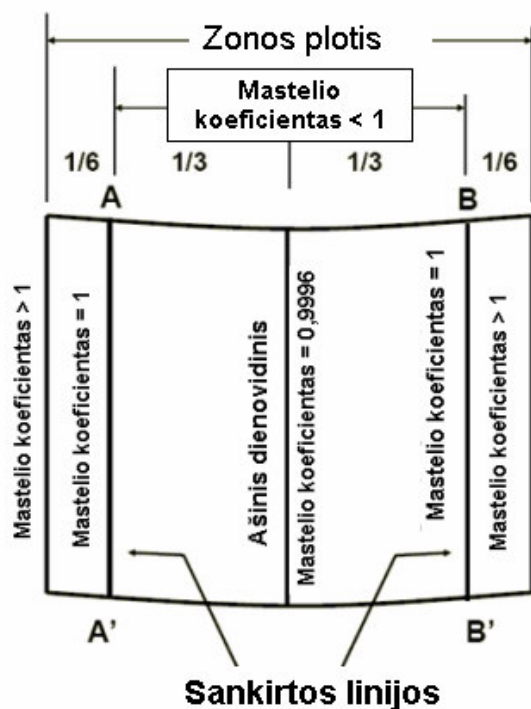
Yra du skersinės Merkatoriaus projekcijos variantai: su viena cilindro ir gaublio lietimosi linija arba su dviem sankirtos linijomis (standartiniais dienovidiniais).



TM projekcijos su vienu ir dviem standartiniais dienovidiniais

Daugumoje šalių naudojama TM projekcija su dviem standartiniais dienovidiniais. Šiuo atveju mastelio koeficientas (k_0) pradžios taške (ašiniame dienovidinyje) yra 0,9996.

Atstumo mastelio koeficiento pasiskirstymas 6° TM projekcijos zonoje.



TM koordinatės nurodomos metrais. Sutarta, kad ašinio dienovidinio ilgumos vertė (*ilgumos poslinkis*) yra 500 000 m. Prie visų x koordinatų pridedama 500 000 m. Šiaurinio pusrutulio taškų koordinatės (rytiniai prieaugiai) atskaitomos nuo pusiaujo. Pietinio pusrutulio taškų koordinatės atskaitomos į šiaurę nuo pusiaujo, sutartas pusiaujo platumos poslinkis yra 10 000 000 m. Prie visų y koordinatų pridedama 10 000 000 m.

Lietuvos koordinatų sistemai LKS 94 panaudota šių parametų skersinė Merkatoriaus projekcija:

- Ilgumos poslinkis: 500000,000000
- Platumos poslinkis: 0,000000
- Ašinis dienovidinis: 24,000000
- Mastelio koeficientas: $k_0 = 0,999800$
- Pradinė platumą: 0,000000 (pusiaujas)
- Ilgio vienetas: metras

Gauso-Kriugerio projekcija panaši į skersinę Merkatoriaus, tik cilindras liečia gaublį viename dienovidinyje. Šiuo atveju mastelio koeficientas liečiamajame (ašiniame) dienovidinyje $k_0 = 1$.



Gauso-Kriugerio projekcija

Europa žemėlapyje daugiausia vaizduojama:

- lygiakampėje kūginėje Lamberto Europos projekcijoje;
- lygiaplotėje kūginėje Alberso Europos projekcijoje;
- lygiatarpėje kūginėje Europos projekcijoje.

Kūginės Europos projekcijos turi dvi standartines lygiagretes. Standartinės lygiagretės pasirenkamos pagal žemėlapyje vaizduojamą platumos sritį. Šios lygiagretės paprastai yra vienodai nutolusios nuo vaizduojamos srities šiaurinės ir pietinės ribų. Paprastai projekcijų su dviem standartinėmis lygiagretėmis mastelis abiejose standartinėse lygiagretėse (menamo kūgio ir elipsoido ar sferos sankirtos linijose) vienodas ir lygus žemėlapiui masteliui.

Lygiakampė (konforminė) kūginė Lamberto projekcija išsaugo objektų formą. Tarpai tarp lygiagrečių nevienodi – jie didėja tolstant nuo standartinės lygiagretės; dienovidiniai yra tiesės, einančios per vieną mažosios elipsoido ašies tęsinyje esantį tašką.

Name: Europe_Lambert_Conformal_Conic

Projection Name: Lambert_Conformal_Conic

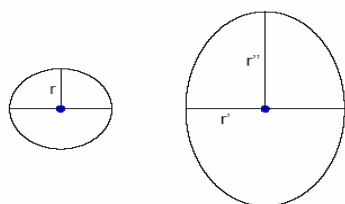
Parameter	Value
False_Easting	0.0000000000000000
False_Northing	0.0000000000000000
Central_Meridian	10.0000000000000000
Standard_Parallel_1	43.0000000000000000
Standard_Parallel_2	62.0000000000000000
Latitude Of Origin	30.0000000000000000

Linear Unit Name: Meter

Meters per unit: 1



Lygiakampės kūginės Lamberto Europos projekcijos parametrai



Lygiakampė kūginė Lamberto Europos projekcija

Lygiakampių kūginių projekcijų iškraipymai

Lygiaplotė kūginė Alberso projekcija išsaugo plotų santykį; tarpai tarp lygiagrečių nevienodi – jie mažėja tolstant nuo standartinės lygiagretės; dienovidiniai yra tiesės, einančios per vieną tašką, esantį sferoido ašies arba mažosios elipsoido ašies tęsinyje.

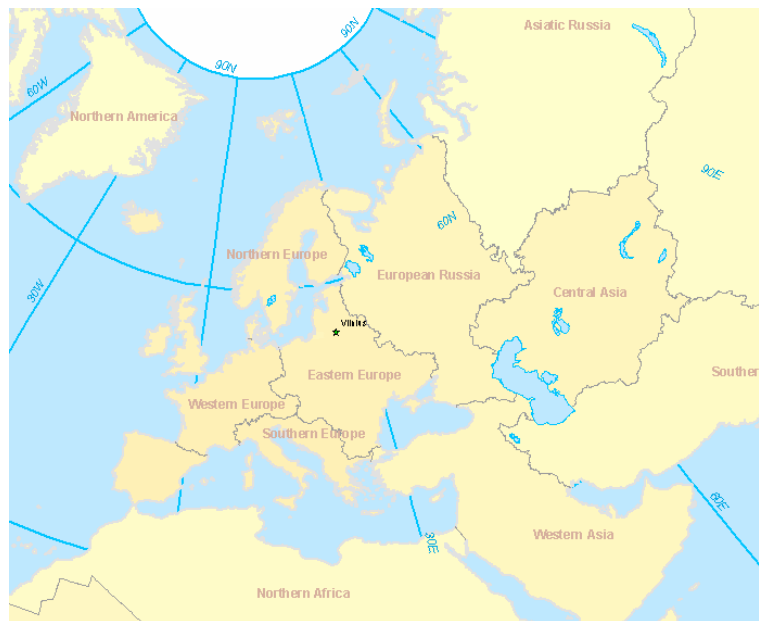
Name: Europe_Albers_Equal_Area_Conic

Projection Name: Albers

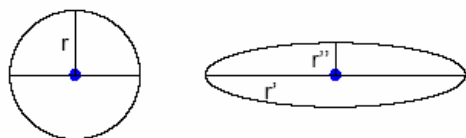
Parameter	Value
False_Easting	0.0000000000000000
False_Northing	0.0000000000000000
Central_Meridian	10.0000000000000000
Standard_Parallel_1	43.0000000000000000
Standard_Parallel_2	62.0000000000000000
Latitude Of Origin	30.0000000000000000

Linear Unit Name: Meter

Meters per unit: 1



Lygiaplotės kūginės Alberso Europos projekcijos parametrai



Lygiaplotė kūginė Alberso Europos projekcija

Lygiapločių kūginių projekcijų iškraipymai

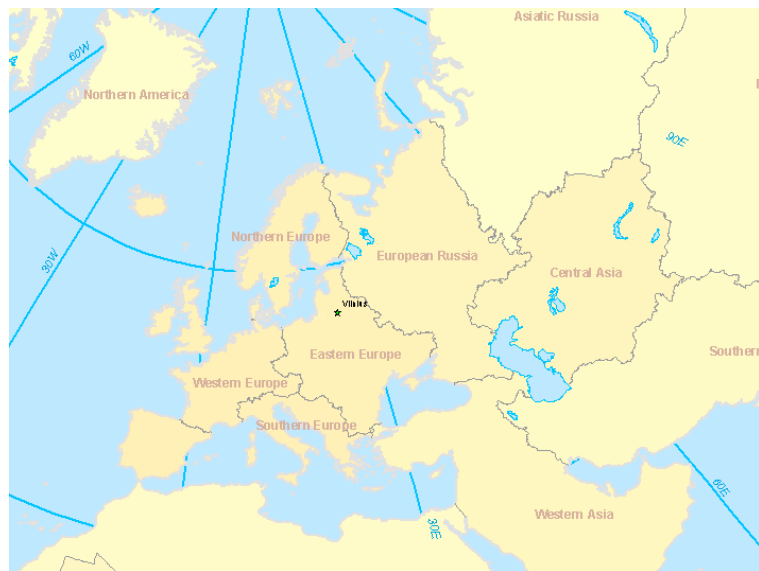
Name: Europe_Equidistant_Conic

Projection Name: Equidistant_Conic

Parameter	Value
False_Easting	0.0000000000000000
False_Northing	0.0000000000000000
Central_Meridian	10.0000000000000000
Standard_Parallel_1	43.0000000000000000
Standard_Parallel_2	62.0000000000000000
Latitude Of Origin	30.0000000000000000

Linear Unit Name: Meter

Meters per unit: 1



Lygiatarpės kūginės Europos projekcijos parametrai

Lygiatarpė kūginė Europos projekcija

Lygiatarpė kūginė projekcija išsaugo atstumus *tik* išilgai dienovidinių ir išilgai vienos ar dviejų standartinių lygiagrečių. Kryptys, formos ir plotai atitinka pakankamai tiksliai, tačiau tolstant nuo standartinių lygiagrečių iškraipymai didėja. Šioje projekcijoje sudaryti žemėlapiai nei lygiakampiai, nei lygiapločiai – jie yra kompromisas tarp lygiakampės kūginės Lamberto ir lygiaplotės kūginės Alberso projekcijų.

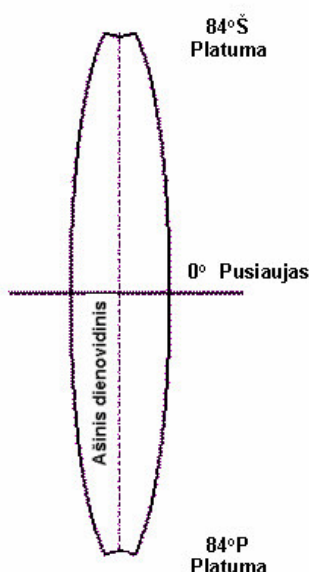
Kūginės ir skersinės cilindrinės projekcijos tinka ir Baltijos regiono žemėlapiams. Štai keli šių projekcijų pavyzdžiai:

Lygiaplotė kūginė Alberso projekcija Ašinis dienovidinis: 20,000000 1 standartinė lygiagretė: 56,000000 2 standartinė lygiagretė: 62,000000 Pradinė platumą: 40,000000 Mastelis: 1:6 000 000	Lygiakampė kūginė Lamberto projekcija Ašinis dienovidinis: 20,000000 1 standartinė lygiagretė: 56,000000 2 standartinė lygiagretė: 62,000000 Pradinė platumą: 40,000000 Mastelis: 1:6 000 000	Cilindrinė lygiaplotė projekcija Ašinis dienovidinis: 0,000000 Standartinė lygiagretė: 60,000000 Mastelis: 1:6 000 000

5.6 Standartinės žemėlapių koordinačių sistemos

Standartinės žemėlapių koordinačių sistemos Žemės paviršių atvaizduoja **zonomis**, kiekvienai zonai naudojama konkreti projekcija su savo parametrais. Skirtingose šalyse naudojamos skirtingos standartinės koordinačių sistemos.

Populiariausia standartinė žemėlapių koordinačių sistema yra universali skersinė Merkatoriaus (*Universal Transverse Mercator* – UTM) sistema, sudaryta iš visą gaublį arba tik konkrečią valstybę ar sritį dengiančių 6° pločio zonų. UTM koordinačių sistema fragmentinė – ją sudaro 60 atskirų skersinės Merkatoriaus projekcijos zonų, dengiančių visą Žemės plotą. Kiekviena zona turi savo skersinės Merkatoriaus projekcijos parametrus.



UTM zona

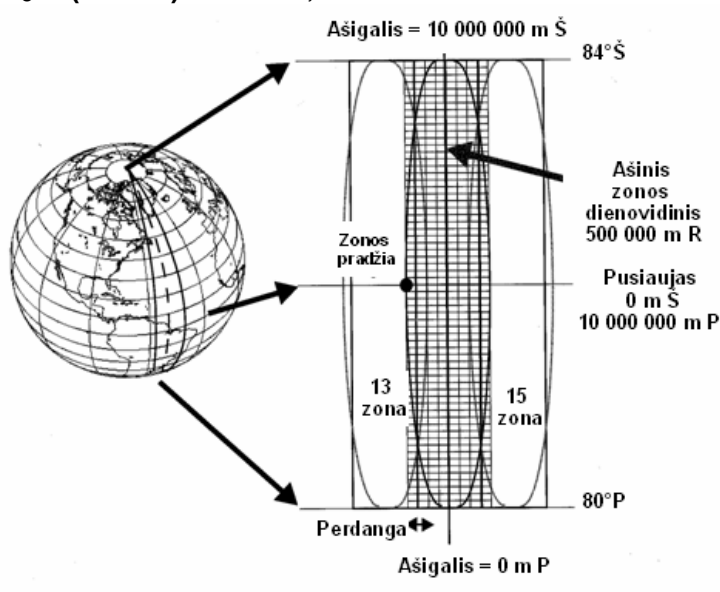
UTM yra bazinė kartografinė koordinačių sistema, kurią daug valstybių naudoja savo topografiniams žemėlapiams. Kiekviena 6° pločio zona turi savo ašinį dienovidinį ($\square_0$) ir tęsiasi nuo ašigalio iki ašigalio. Į zonas dalyti pradedama nuo tarptautinės laiko datos linijos (standartinio dienovidinio) į rytus, taigi 1 zona yra 180° - 174° V, 30 zona – 6° - 0° V, 31 zona – 0° - 6° R, 60 zona – 174° - 180° R. 60 zonų aprėpia visą Žemę iš rytų į vakarus.

Šios sistemos atskaitos platumas ($\square_0$) yra pusiaujas. Kad nebūtų neigiamų koordinačių, UTM sistemoje taip pat yra ilgumos (X) poslinkis ir platumos (Y) poslinkis. Ilgumos ir platumos poslinkiai nurodomi metrais. Kiekvienos zonos ašinio dienovidinio ilgumos poslinkis yra 500 000 metrų. Pietų pusrutulyje pusiaujo platumos poslinkis yra 10 000 000 metrų. Zonų persidengimo sritis yra **30'**.

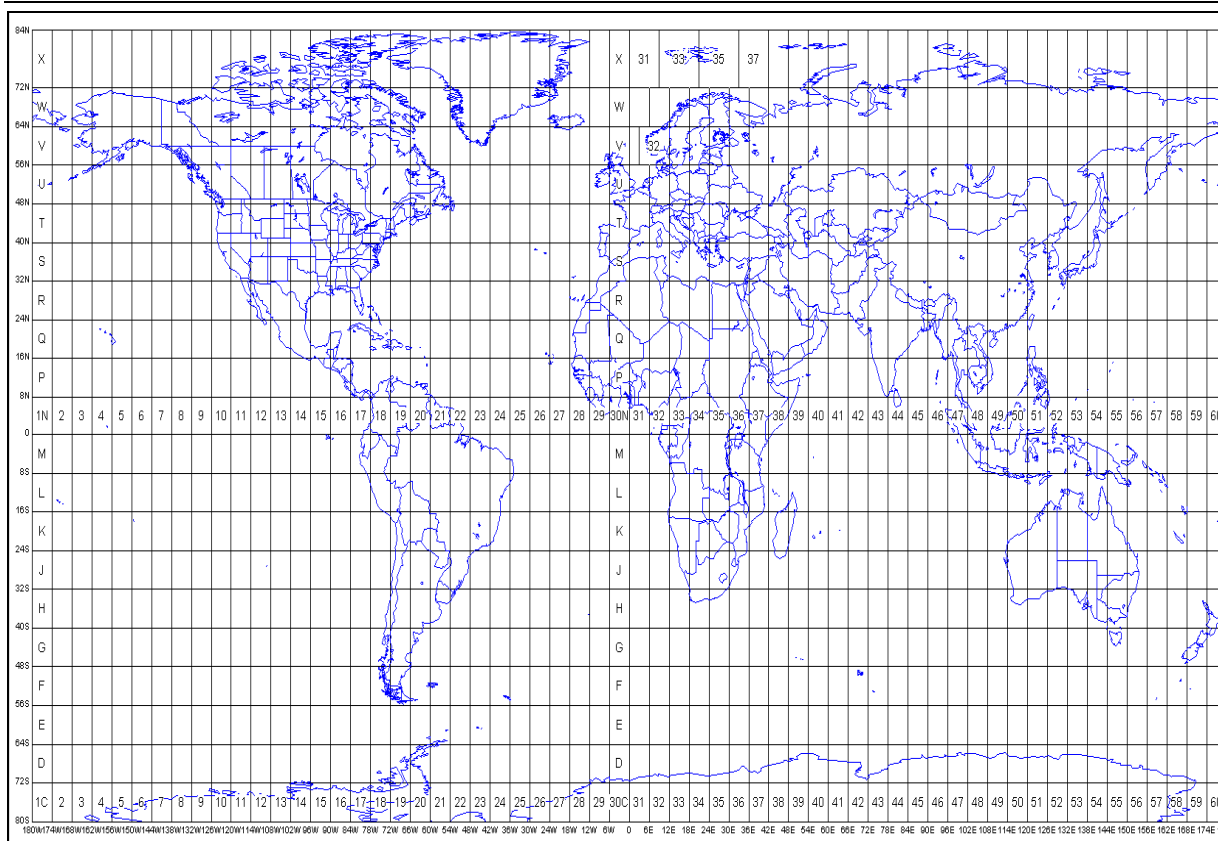
Paprastai UTM sistemai naudojama kirstinė skersinė Merkatoriaus projekcija (du standartiniai dienovidiniai), ašiniame zonos dienovidinyje mastelio koeficientas yra 0,9996. Bet yra ir sistemų su kitu mastelio koeficientu ir (ar) vienu standartiniu dienovidiniu.

UTM zonos struktūra (profilis)	Atstumų mastelio koeficiento kitimas UTM zonoje. Ašinio dienovidinio mastelio koeficientas yra 0,9996 (bet nebūtinai)

UTM zonos formuojamos sukant cilindrą. Ašinis zonos dienovidinis su zonos numeriu susijęs taip: $\square_o = (N - 30) \times 6^0 - 3^0$, kur N – zonos numeris.



UTM zonų formavimas



Pasaulio UTM zonų numeriai

Lietuvos LKS 94 sistema nesutampa su standartinėmis UTM zonomis. Visas Lietuvos koordinatų sistemos LKS 94 aprašas:

- Projektcija: skersinė Merkatoriaus
 - Ilgumos poslinkis: 500000,00
 - Platumos poslinkis: 0,0
 - Ašinis dienovidinis: 24,00
 - Ašinio dienovidinio mastelio koeficientas: $k = 0,9998$
 - Pradinė platumą: 0,0 (pusiaujas)
 - Ilgio vienetas: metras
- Geografinė koordinatų sistema: GCS_LKS_1994
 - Kampo vienetas: laipsnis (0,017453292519943299)
 - Pradinis dienovidinis: Grinvičo (0,0)
 - Elipsoidas: d_Lithuania_1994
 - Sferoidas: grs_1980
 - Didžioji pusašė: 6378137,00

- Mažoji pusašė: 6356752,314140356100
- Atvirkščias paplokštumas: 298,25722210100002000
- Aukščių sistema:
 - Baltijos aukščių sistema

Lietuvoje jūrlapiams ir kariniams žemėlapiams naudojamos UTM34N / UTM35N zonų koordinatinių sistemų.

Siauras ir ilgas teritorijas kartais geriau vaizduoti ne keliose Universalios skersinės Merkatoriaus sistemos zonos ar juostose, o vienoje projekcijoje. Jei plati teritorija taip pat ir ilga, ir vienoje zonos pakraščiuose gaunamas per daug iškreiptas mastelis, gali tekti naudoti dvi ar daugiau zonų.

5.7 Projektijos ir GIS programinė įranga

Daugelyje GIS sistemų projektijos skirstomos į dvi grupes – į „geografines“ (arba ilgumos / platumos) ir projekcines koordinatinių sistemas. GIS gali naudoti tik geografinės koordinatinių sistemos parametrus (elipsoidas ir orientavimo parametrai), o ekrane ilgumą ir platumą atidedėti kaip stačiakampes koordinates. Vadinamosios „ilgumos / platumos“ projektijos lygčių sistema labai paprasta: $x = \lambda$ ir $y = \varphi$. Šioje „projektijoje“ iškraipyta viskas: ir atstumai, ir plotai, ir formos. GIS ekrane gali rodyti ir nesuprojektuotus duomenis.

Projekcinės koordinatinių sistemos gaunamos iš geografinių koordinatinių sistemų ir projekcijų su tam tikrais parametrais (t. y. pradžia, ašiniu dienovidiniu ir kt.).



„Geografinė“ (ilgumos / platumos) koordinatinių sistema su WGS 1984 parametrais

Kai kurios GIS programos gali interaktyviai keisti rodomų duomenų projektiją – „dinamiškai“ perprojektuoti duomenis iš vienos projektijos į kitą. Šiuo atveju pačiame duomenų faile koordinatės nekeičiamos.

Beveik visos GIS programos gali perprojektuoti duomenų failą iš vienos projektijos į kitą. Šiuo atveju faile esančių duomenų koordinatės perskaičiuojamos pagal norimą projektiją.

Reikia atidžiai patikrinti kiekvieno naudojamo GIS duomenų rinkinio projektiją, elipsoido parametrus ir koordinatinių sistemą. Jei perprojektuojami duomenys pateikti skirtingose sistemose, gautoje projektijoje jie persidengs. Persidengimo paklaidos gali būti įvairios – nuo nereikšmingų iki gan didelių. Pavojingiausios yra mažos paklaidos, nes gali likti nepastebėtos.

Kiekvienas ArcGIS SHAPE, vaizdo ar rastrinis failas gali turėti informaciją apie projektiją. Paprastai ji pateikiama vadinamuosiuose „metaduomenų“ failuose (pvz., failuose su .prj plėtimu) arba įrašoma į sluoksnių failus ar geoduomenų bazę.

5.7.1 Apibendrinimas

Kuriant žemėlapi, žemės paviršius pirmiausia supaprastinamas iki gaublio, po to projektuojamas ant plokščio paviršiaus. Konkreti žemėlapi koordinatinių sistema nurodoma elipsoido parametrais, projektijos tipu ir projektijos parametrų rinkiniu. Standartinės žemėlapių koordinatinių sistemos žemės paviršių atvaizduoja skirtingų projekcijų zonomis.

Viena iš standartinių koordinatinių sistemų – UTM.

Nepainiokite standartinės koordinačių sistemos su jos projekcija.

Pagrindinė (pirmoji) matematinės kartografijos užduotis – pasirinkti tinkamą projekciją. Projekcijos pasirinkimą gali lemti keli veiksniai:

- Žemėlapyje vaizduojamų sričių vieta, forma ir dydis:
 - visam pasauliui tinka pseudokūginės, pseudocilindrinės ir kitos panašios projekcijos,
 - pusiaujo ir išilgai lygiagrečių besidriekiančios sritys vaizduojamos cilindrinėse projekcijose,
 - ašigalių sritys vaizduojamos azimutinėse projekcijose,
 - nedidelės vidutinių platumų sritys vaizduojamos kūginėse projekcijose.
- Žemėlapių paskirtis:
 - jei žemėlapyje reikia matuoti kampus (pvz., laivybai), tinka lygiakampės projekcijos,
 - jei reikia matuoti plotus, pavyzdžiui, kadastrui, geografiniam palyginimui ir kt., tinka lygiaplotės projekcijos. ir pan.
- Auditorija:
 - pavyzdžiui, Robinsono sąlyginė pasaulio projekcija tinka pradinėms mokykloms kaip pasaulio žemėlapis, nes joje gana tiksliai atvaizduotos sausumos teritorijų proporcijos.

Yra įvairių schemų ir formulių, padedančių pasirinkti tokią projekciją, kurioje maksimalus vaizduojamo ploto mastelio iškraipymas yra mažiausias.

„Geras“ tas žemėlapis, kuris sudarytas tiksliai ir atitinka savo paskirtį. Kiekvienu atveju reikia pasirinkti, kas svarbiau:

- formos ir kryptys (lygiakampės projekcijos),
- atstumai (lygiatarpės projekcijos),
- plotai (lygiaplotės projekcijos).

Toje pačioje projekcijoje galima išsaugoti tik dvi iš trijų minėtų savybių. Bent viena iš jų bus atvaizduota netiksliai. Nors mažose srityse paklaidos gali būti nereikšmingos, bet jų vis tiek bus.

Dalies klausimai savarankiškam darbui

1. Ašinio dienovidinio, standartinio dienovidinio ir mastelio koeficiento sąvokomis trumpai paaiškinkite, kas yra UTM zona.
2. Išvardinkite keturis žemėlapių projekcijų tipus pagal išsaugomas objektų savybes.
3. Kuriant žemėlapius:
 - a. trimatis paviršius verčiamas dvimačiu,
 - b. dvimatis paviršius verčiamas trimačiu,
 - c. dvimatis paviršius verčiamas dvimačiu.
 - d. visi variantai klaidingi.
4. Kirstinė projekcija reiškia, kad cilindrinė projekcija turi:
 - a. 1 lietimosi liniją,
 - b. 2 lietimosi linijas,
 - c. 3 lietimosi linijas.
5. Išilgai dienovidinio mastelio koeficientas yra 1. Kuris iš teiginių apie šį dienovidinį klaidingas?
 - a. Šis dienovidinis būtinai yra standartinis.
 - b. Išilgai šio dienovidinio projekcija neiškreipta.
 - c. Šio dienovidinio ilguma būtinai yra 0° .
 - d. Visi teisingi.

Privaloma literatūra

- **Map Projection**, The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado, http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html
- **1-3 skyrius**: Understanding Map Projections, ESRI digital books, 2004
- **Map Projections**, USGS, <http://erg.usgs.gov/isb/pubs/MapProjections/projections.html>

ESRI virtualusis kursas

- **3 ir 4 dalys: Understanding and Controlling Distortion Geographic and Planar Coordinate Systems**, Understanding Map Projections and Coordinate Systems

Užduotis

- **5 užduotis.** Žemėlapių projektavimas GIS

Literatūra

- [1] Elements of Cartography, Arthur H. Robinson, Joel L. Morrison, Phillip C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, Stephen C. Guphill, 6 leid., NY: John Wiley & Sons Inc., 1995
- [2] Thematic Cartography and Geographic Visualization, Terry A. Slocum, Robert B. McMaster, Fritz C. Kessler, Hugh H. Howard, 2 leid., 2004
- [3] Map *Projections: A Reference Manual*, L. M. Bugayevskiy and J. P. Snyder, 2002

Vartojami terminai

▪ <i>Geographic and projected coordinates</i> ▪ <i>Map coordinate system</i> ▪ <i>Map projection</i> ▪ <i>Principal map scale</i> ▪ <i>Local scale</i> ▪ <i>Shape of normal graticule</i> ▪ <i>Developable surface</i> ▪ <i>Map properties</i> ▪ <i>Projection distortions</i> ▪ <i>Aspect of developable surface</i> ▪ <i>Cylindrical projections</i> ▪ <i>Conical projections</i> ▪ <i>Azimuthal or planar projections</i> ▪ <i>Equal-area or equivalent projection</i> ▪ <i>Conformal projection</i> ▪ <i>Equal-distance projection</i> ▪ <i>Compromise projection</i> ▪ <i>Orthodrome</i> ▪ <i>Loxodrome</i> ▪ <i>TM</i> ▪ <i>Origin</i> ▪ <i>Central meridian</i> ▪ <i>False easting and false northing</i> ▪ <i>Scale factor</i> ▪ <i>UTM</i> ▪ <i>UTM Zone</i>	– geografinės ir projekcinės koordinatės – žemėlapių koordinatės sistema – žemėlapių projekcija – pagrindinis žemėlapių mastelis – vietinis mastelis – geografinio tinklelio forma – išklojamas paviršius – žemėlapių savybės – projekcijų iškraipymai – išklojamo paviršiaus orientacija – cilindrinės projekcijos – kūginės projekcijos – azimutinės arba plokštuminės projekcijos – lygiaplotės arba ekvivalentinės projekcijos – lygiakampė projekcija – lygiatarpė projekcija – sąlyginė projekcija – ortodroma – loksodroma – TM – pradžia – ašinis dienovidinis – ilgumos ir platumos poslinkis – mastelio koeficientas – UTM – UTM zona
--	--

6 Kartografijos principai ir topografinė kartografija

Šioje dalyje pateikiamas įvadas į bazinius kartografijos principus, aptariamos žemėlapių vaizdavimo simboliais, dimensijų, simbolių atributų matavimo lygių ir vaizdinės kalbos vartojimo kartografijoje sąvokos. Taip pat analizuojami žemėlapių generalizacijos arba abstraktaus tikrovės atvaizdo klausimai, įskaitant įvairius generalizacijos metodus ir įgyvendinimo procedūras.

Šioje dalyje taip pat nagrinėjamas topografinių žemėlapių kūrimas: matematinis topografinių žemėlapių sudarymo pagrindas, įskaitant mastelio ir koordinatų sąvokas. Taip pat čia rasite nacionalinius žemėlapių skaidymo tinklėlius, topografiniame žemėlapyje pateikiamus elementus, žemėlapių simboliką ir specifikacijas. Be to, aptariami pagrindiniai topografinių žemėlapių kūrimo etapai ir Lietuvos Respublikos topografinių žemėlapių elementai.

Dalies turinys

- **PAGRINDINIAI KARTOGRAFIJOS PRINCIPAI**
 - Objektų ir simbolikos matmenys
 - Atributų matavimo lygiai
 - Vaizdiniai kintamieji
- **GENERALIZACIJA**
 - Skatinantieji veiksniai
 - Metodai
 - Algoritmai
 - Įgyvendinimo būdai
- **TOPOGRAFINIŲ ŽEMĖLAPIŲ SUDARYMAS**
 - Masteliai ir kartografinės projekcijos
 - Elementai
 - Simbolika
 - Generalizacija
 - Technologiniai procesai

6.1 Kai kurie kartografijos principai

Tarptautinė kartografijos asociacija apibrėžia kartografiją kaip „žemėlapių kūrimo meną, mokslą ir technologiją, jų, kaip mokslinių dokumentų ir meno kūrinių, nagrinėjimą“. Ankstesnėse dalyse jau buvo minėta, kad žemėlapiai pasižymi trimis pagrindinėmis savybėmis:

- Visi žemėlapiai yra matematinio tikrovės transformavimo rezultatas.
- Visuose žemėlapiuose tikrovė žymima simboliais.
- Visi žemėlapiai yra abstraktūs tikrovės atvaizdai.

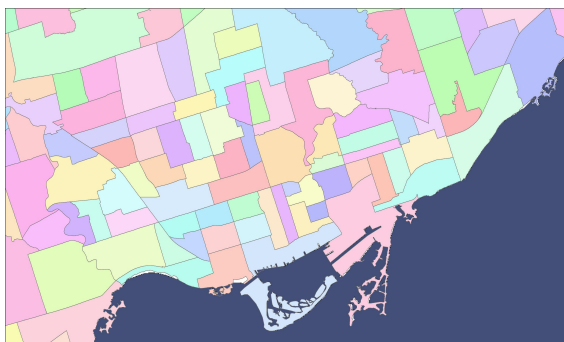
Matematinį žemėlapių pagrindą nagrinėjome 5 dalyje. Joje pradėjome diskusiją apie žemėlapių simboliką, kurią tęsime kitose dalyse. Šioje dalyje taip pat nagrinėsime žemėlapių generalizacijos procesus – trečiąją bet kokio žemėlapių savybę.

Visuose žemėlapiuose tikrojo pasaulio elementams atvaizduoti yra naudojami simboliai ir (arba) tekstas. Ši simbolika išskiria žemėlapius iš palydovinių ar aeronuotraukų, kurios taip pat yra grindžiami matematiškai (masteliu ir koordinatų sistema) ir yra abstraktūs tikrovės atvaizdai (natūralioji abstrakcija), tačiau juose nenaudojama simbolika.

Diskusiją apie žemėlapių kūrimą pradėjome tirdami formalių kai kurių tikrojo pasaulio objektų arba reiškinių savybių apibūdinimus, taip pat kalbėjome apie tai, kaip jie pateikiami topografiniame žemėlapyje. Tikrojo pasaulio savybės yra dviejų formų:

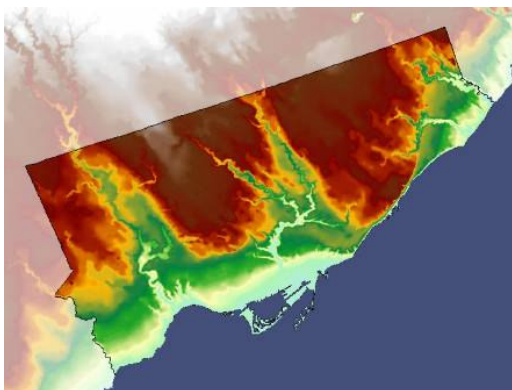
- objektas:
 - atskiras ir apibrėžtas (pvz., pastatas, kelias);
- reiškiniai:
 - tęstinis pasiskirstymas tam tikroje teritorijoje (pvz., vietovė, temperatūra).

Erdvę formuoja atskiri objektai. Norėdami sukurti žemėlapi, kartografai turi nustatyti ir apibrėžti konkreto objektą (pvz., ar tai pastatas, ar kelias?). Be to, reikia apibrėžti objekto ribas ir vietą bei pateikti objekto atributus. Atskirų objektų pavyzdžiai: žemės sklypai, šuliniai, gatvės, naftos balos, apgyvendintos vietos ir kt.



Žemės sklypai – atskiri objektai

Bet kurio tęstinio reiškinių atributų vertės erdvėje nuolat kinta. Nėra vieno objekto. Geografinių tęstinių reiškinių pavyzdžiai: oro slėgio zonos, oro temperatūra, aukštis, gyventojų tankis ir kt.



Aukštis kaip tęstinis reiškinys

6.1.1 Geografiniai ir kartografiniai matmenys

Pirmas žemėlapių sudarymo veiksmas – nustatyti, kokių tipų geografinės savybės norima pavaizduoti žemėlapyje. Tikrojo pasaulio savybės gali egzistuoti kaip taškai, linijos arba plotai. Jos gali būti apibrėžiamos kaip turinčios **geografinius matmenis**, tad tikrojo pasaulio objektai pasižymi skirtingais erdviniais matmenimis arba mastu:

- 0- arba taškinės dimensijos – toks atskiras objektas matmenų neturi ir gali būti apibrėžiamas geografinėmis ir (arba) žemėlapių koordinatėmis dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje (pvz., naftos gręžinys);
- 1- arba linijinės dimensijos – toks atskiras objektas yra tam tikro ilgio ir gali būti apibrėžiamas geografinėmis ir (arba) žemėlapių koordinatėmis dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje (pvz., riba);
- 2- arba ploto dimensijos – toks atskiras objektas yra tam tikro ilgio bei pločio ir gali būti apibrėžiamas geografinėmis ir (arba) žemėlapių koordinatėmis dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje (pvz., žemės sklypas);
- 3- arba erdvės dimensijos (trimatis) – toks atskiras objektas yra tam tikro ilgio, pločio bei aukščio (z vertė) ir gali būti apibrėžiamas geografinėmis ir (arba) žemėlapių koordinatėmis dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje (pvz., kartografinis konkrečios šalies pajamų žemėlapis (z vertės);
- 4- arba laiko dimensijos – toks atskiras objektas yra tam tikro ilgio, pločio, aukščio (z vertė) bei laiko ir gali būti apibrėžiamas geografinėmis ir (arba) žemėlapių koordinatėmis dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje (pvz., rajonų gyventojų tankio žemėlapis 1992, 2002 ir 2006 m.).

Tęstinis reiškinys gali būti trimatis arba keturmatas:

- trimatis (arba tūrinės dimensijos) – toks lauko reiškinys pasižymi tam tikru ilgiu, pločiu ir aukščiu (arba z verte) (pvz., aukštis (reljefas));
- keturmatas (arba laiko dimensijos) – toks lauko reiškinys pasižymi tam tikru ilgiu, pločiu, aukščiu (arba z verte) ir laiku (pvz., surašytų gyventojų tankis 2002 m.).

Erdvinėje duomenų bazėje tikrojo pasaulio objektai vaizduojami objektais, kurie modeliuoja tikrojo pasaulio objektus (yra tikrojo pasaulio objektų modeliai). Tikrojo pasaulio objektai žemėlapyje vaizduojami kaip simboliai. Tikrojo pasaulio objektai turi savo formą ir vietą, o simboliai gali atspindėti tik tam tikras šių savybių charakteristikas, pvz., pastato taško simbolis atspindi tik pastato vietą ir neatskleidžia tikrosios pastato formos.

GIS pateikiami trijų rūšių objektai:

- Taškai: pernelyg mažas objektas, kad būtų vaizduojamas kaip plotas, pvz., „stop“ ženklai, kavinės, nusikaltimų vietos.
- Linijos: objektas yra tam tikro ilgio, tačiau pernelyg siauras, kad būtų vaizduojamas kaip plotas, pvz., keliai, vamzdynai ir upės.
- Poligonai: objektas pasižymi dideliu ilgiu ir pločiu, pvz., provincijos, gyvenamosios teritorijos, parkai.

Įvairių matmenų simboliais žemėlapiuose vaizduojami atskiri objektai ir tęstiniai reiškiniai. **Kartografinių** arba standartinių ženklų **matmenys** gali neatitikti **geografinių konkrečių** tikrojo pasaulio objektų **matmenų**. Galinga kartografinio abstrahavimo priemonė – žemėlapius formuoti su mažesniais geografiniais matmenimis. Kartografinio modeliavimo proceso metu matmenį galima sumažinti. Pavyzdžiui, pastatą galima pavaizduoti kaip 0-dimensijų kartografinį simbolį, kuris parodytų tik pastato vietą, tačiau pastato dydžio atžvilgiu būtų bematis. Simbolio dydį galima apibrėžti, tačiau šis dydis atspindi tik kartografinę simbolio atitiktį ir nenurodo realių pastato matmenų. Kontūro linija atspindi tūrinius, o ne linijinius duomenis. Simbolių ploto išraiška gali neatitikti tikrosios jų objektų užimamos erdvės.

Egzistuoja šie kartografinių simbolių matmenys:

- 0- arba taškiniai simboliai – juos apibrėžia geografinės arba žemėlapių koordinatės dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje. Tai pernelyg mažas objektas, kad būtų vaizduojamas kaip plotas, pvz., pilkas skritulys su šešėliu gali reikšti naftos gręžinį, „stop“ ženklą, kavinę ar nusikaltimo vietą.
- 1- arba linijinis simbolis pasižymi ilgiu ir jį apibrėžia geografinės arba žemėlapių koordinatės dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje. Tam tikro ilgio objektas, kurio plotis yra pernelyg mažas, kad būtų vaizduojamas kaip plotas, žemėlapyje bus pateikiamas linijiniu simboliu, pvz., punktyrine juoda linija galima žymėti lauko kelią arba taką.
- 2- arba ploto simbolis pasižymi ilgiu bei pločiu, jį apibrėžia geografinės arba žemėlapių koordinatės dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje. Objektas yra ženklaus ilgio ir pločio, jis gali būti vaizduojamas ploto simboliu, pvz., juodas stačiakampis gali žymėti pastatą.
- 2.5- arba pseudo-tūrinis simbolis pasižymi ilgiu bei pločiu, jį apibrėžia geografinės arba žemėlapių koordinatės dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje. Aukščio arba laiko pokyčiai simuliuojami grafinėmis priemonėmis, pvz., rudos kontūro linijos su toniniais šešėliais tarp kontūrų gali atspindėti aukščio pokyčius.
- 3- arba kompiuterinės grafikos tūrinis simbolis pasižymi ilgiu, pločiu ir aukščiu, jis kontroliuoja perspektyvos pokyčius. Toks objektas apibrėžiamas geografinėmis arba

žemėlapiu koordinatėmis dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje, pvz., skrydžio simuliacija virš upės slėnio.

- 4- arba animuoti tūriniai simboliai su laiko serijos pjūviais yra tam tikro ilgio, pločio, aukščio (z vertė) bei laiko ir gali būti apibrėžiami geografinėmis ir (arba) žemėlapiu koordinatėmis dvimatėje, trimatėje arba keturmatėje erdvėje, pvz., kompiuterinė gyventojų pasiskirstymo animacija laiko atžvilgiu.

Kompiuterinėje kartografijoje ir GIS sistemoje vaizdavimo priemonės (naudojantis žemėlapiu simboliais) yra grindžiamos vektoriais ir (arba) rastriniais grafiniais objektais bei jų kartografinėmis vizualizacijomis (grafiniais kintamaisiais). Tokiu būdu atskirus objektus iliustruoja:

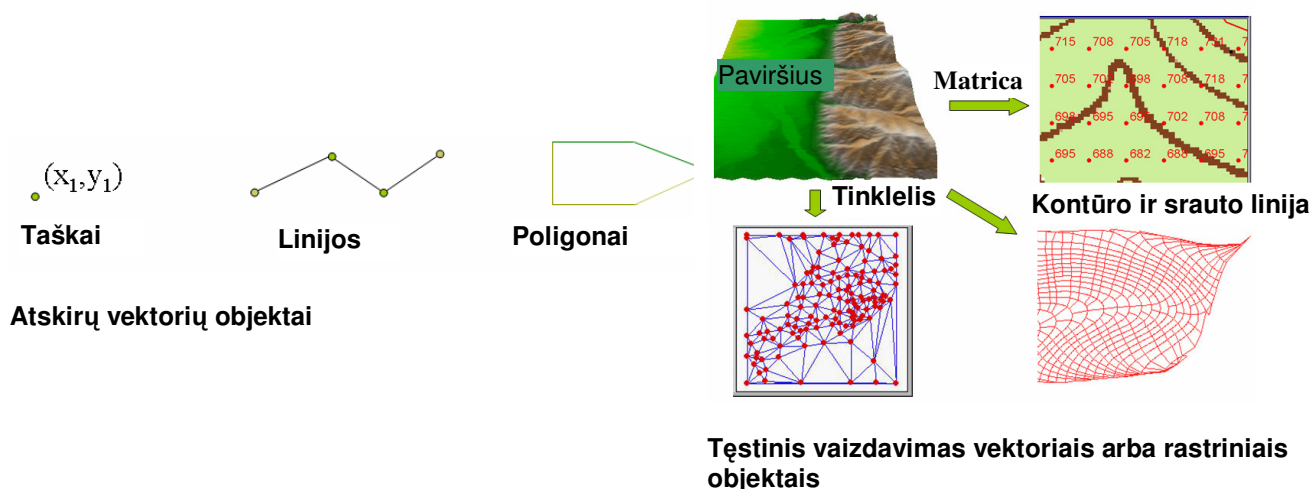
- vektoriniai objektai, pvz., taškai, linijos, poligonai arba bet kokia šių trijų elementų kombinacija;
- rastrinio tinklelio objektai, pvz., gardelių rinkinys, kuriame saugomos atskirų objektų sveikųjų skaičių vertės.

Tęstiniai reiškiniai gali būti žymimi pasitelkiant:

- rastrinės matricos objektus, pvz., gardelių rinkinį, kuriame būtų saugomos slankiosios vertės;
- trikampių netaisyklingus tinklo objektus, pvz., sujungtų taškų, kraštinių ir paviršių rinkinius.

Vektoriniai ir (arba) rastriniai grafiniai objektai erdvinėje duomenų bazėje žymi skirtingus bet kokios reiškinio savybės matmenų tipus

Ypatybė arba reiškinio tipas	Taškiniai objektai	Linijiniai objektai	Poligonų objektai	Paviršius
Vektorius	Bematis	Ilgis	Plotas	TIN, DEM taškas, kontūrų rinkiniai arba hipsometriniai poligonai
Rastras	Viena gardelė	Klasteris arba sveikųjų skaičių gardelės	Klasteris arba sveikųjų skaičių gardelės	Slankioji matrica



Vektoriniai arba rastriniai objektai gali būti simbolizuojami pagal jų atributus naudojant įvairius vaizdinius arba grafinius kintamuosius, pvz., dydį, formą, orientaciją, tekstūrą ar raštą, orientacijos raštą, atspalvį, spalvos vertę ir kt.

6.1.2 Atributų matavimo lygiai

Kitas kartografiui metamas iššūkis – nustatyti, kaip duomenys bus matuojami. Duomenis galima apibūdinti matavimo lygiu.

Skaitmeninėje kartografijoje kiekvienas grafinis objektas, atspindintis tikrojo pasaulio realybę, duomenų bazėje gali būti susiejamas su savo atributais. Šie atributų duomenys gali būti kokybiniai arba kiekybiniai. Žemėlapių sudarytojai dažniausiai dirba su keturiais lygiais: nominalas, ordinalas, intervalas ir santykis.

- **Nominalo** (kategorinis) mastelis – objektų priskyrimas kategorijoms pagal duomenų tipus arba kokybines duomenų charakteristikas (pvz., vyras arba moteris, spygliuočių ar lapuočių medžių miškas).
- **Ordinalo** (surūšiuotas arba suranguotas kontinuume) mastelis – objektų priskyrimas kategorijoms pagal rangavimą, kai duomenys pasižymi tik santykinėmis vertėmis (pvz., mažas, vidutinis, didelis; saugus, abejotinas, pavojingas).
- **Intervalo** mastelis – objektų priskyrimas kategorijoms pagal duomenų dydį arba skaitines vertes santykiname mastelyje (pvz., temperatūra 32°C, tačiau kartu lygi 0°F arba kalendoriaus datos: I, II, III). Taigi, galima matuoti skirtumą tarp dalykų bei juos rūšiuoti pagal rangus.
- **Santykio** mastelis – objektų priskyrimas kategorijoms pagal duomenų dydį arba skaitines vertes absoliutiniame mastelyje (su tikroju nuliu) (pvz., tūris, gyventojų tankis, pajamos, atstumas ir kt.). Šis mastelis pasižymi didžiausiu tikslumu iš visų keturių.

Kokybiniai matavimai yra nominalo, kiekybiniai – ordinalo, intervalo arba santykio.

	Taškas	Linija	Plotas
	Kontroliniai žemės taškai Astronominiai kontroliniai taškai Vertikali kontrolinė žyma	Geležinkelis Greitkelis Upė	Upė Krūmai Pelkė

Ordinalas	Taškas	Linija	Plotas
	Miestų rangai 1 2 3 4 5	E 67 A 12 101 1001	Smulkūs ežerai Ežerai Pagrind. ežerai
		Tarpautinis Pagrindinis Regioninis Savivaldybės	

Santykis	Taškas	Linija	Plotas
	Gyventojų klasė 5,000,000 ir daugiau 1,000,000 – 5,000,000 500,000 – 1,000,000 250,000 – 500,000	Pagrindinės upės Ilgis kilometrais 194.89058 - 1569.06949 1569.06950 - 2746.39917 2746.39918 - 4275.45000 4275.45001 - 6844.53824 6844.53825 - 9207.10494	Gyventojai 1 km ² 0.001251 - 622.0 622.1 - 2280 2281 - 5597 5598 - 11390 11400 - 18680 18690 - 86740

Taško, linijos ir ploto savybių diferenciacija, naudojant simbolius nominalo, ordinalo ir santykio matavimo masteliais

6.1.3 Vaizdiniai kintamieji (žemėlapių simbolių kalba)

Galima manipuluoti keliomis simbolio charakteristikomis. Jos paprastai vadinamos vaizdiniais kintamaisiais. Vaizdinėmis simbolio charakteristikomis galima manipuluoti, atsižvelgiant į atitinkamo objekto atributus. Egzistuoja keli grafiniai (*Bertino*) kintamieji, kuriuos, kuriant žemėlapių atvaizdą, galima vadinti žemėlapių kalbos elementais arba fundamentaliaisiais vienetais.

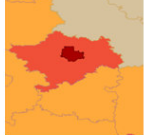
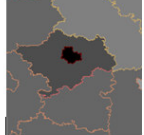
Įprastiniai statiniai vaizdiniai kintamieji: dydis, forma, orientacija, raštas (išdėstymas, tekstūra ir orientacija), atspalvis, vertė ir sotis. Skaitmeninėje kartografijoje ir GIS sistemoje naudojami vaizdiniai kintamieji – tai skaidrumas ir dinaminiai vaizdiniai kintamieji: momentas, trukmė, dažnis, tvarka, pokyčių dažnis ir sinchronizacija.

Grafinio simbolio formą apibrėžia pasirinkta figūra. Dydis apibūdina akivaizdžius geometrinius matmenis – ilgį, aukštį, plotą ir tūrį. Linijų ir ištįsusių formų kryptis apibūdina simbolio orientaciją. Spalva susideda iš trijų dėmenų: atspalvio, vertės (arba tono) ir soties (sodrumo).

Simbolio atspalvis apibūdinamas atspindėtos šviesos ilgiu. Spalvos vertė arba tonas atitinka santykinį bet kurios žymos atspalvio šviesumą arba tamsumą. Sotis apibrėžia laipsnį, kuriuo atspalvis savo „spalvingumu“ yra nutolęs nuo tos pačios vertės pilkojo tono arba atspalvio grynumo.

Raštas – tai pagrindinių grafinių elementų (žymų) pasikartojimas, atspindintis įvairias pirmiau paminėtų pirminių vaizdinių kintamųjų kombinacijas. Rašte naudojamos išdėstymo, tekstūros (tarpų) ir orientacijos charakteristikos. Išdėstymas atitinka komponentų žymų, iš kurių susideda raštas, formą ir konfigūraciją. Tekstūra atitinka komponentų žymų, iš kurių susideda raštas, dydį ir tarpus. Rašto orientacija reiškia lygiagrečių ženklų eilučių kryptinį išlygiavimą juos nustatant tam tikro rėmelio arba atskaitos taško atžvilgiu.

GIS sistemoje vaizdiniai kintamieji duomenų bazėje gali būti įrašomi kaip to objekto simbolikos atributas. Toliau pateikiamoje matricoje iliustruojama, kurie pagrindiniai vaizdiniai kintamieji yra naudingi vaizduojant įvairių tipų geografinius duomenis.

	Dydis	Forma	Raštas	Atspalvis	Vertė
Taškas					
Linija					
Plotas					

Statinių vaizdinių arba grafinių kintamųjų pavyzdžiai



Dinaminių vaizdinių arba grafinių kintamųjų pavyzdžiai – dažnis

Be to, ne visi kintamieji įvairiems duomenų tipams yra taikomi vienodai. Toliau lentelėje trumpai pristatoma, kokios vaizdinių kintamųjų simbolių rūšys turėtų būti naudojamos su kiekvienu iš duomenų tipų (matavimo mastelis). Sudarant teminius žemėlapius, pagrindinis tikslas yra pasirinkti simbolius, kurie žemėlapiu naudotojui būtų intuityvūs ir atitiktų pagrindines žemėlapių sudarymo gaires. Apie tai kalbėsime kitose dalyse.

Vaizdinių kintamųjų rūšys, kurias reikėtų naudoti su kiekvienu iš duomenų tipų

Vaizdinis kintamasis	Matavimo lygis		
	Kokybinis	Kiekybinis	
	Nominalas	Ordinalas	Intervalas / santykis
Dydis		x	x
Forma	x		
Orientacija	x		
Tekstūra (raštas)	x	x	x
Orientacija (raštas)	x		
Atspalvis (spalva)	x	x	
Vertė (spalva)		x	x

Toliau lentelėje apibendrinama, kurios geografinės bei kartografinės dimensijos ir matavimo masteliai yra naudojami, kai žemėlapiuose reikia perteikti tikrojo pasaulio savybes ir reiškinius.

Kartografinio vaizdavimo elementų santrauka

Geografiniai objektai ir reiškiniai		GIS vaizdavimas	Atributų duomenų matavimo masteliai	Žemėlapių simboliai
Atskiras	taškas	Vektorius	nominalas	taškas
Tęstinis	linija	taškas	ordinalas	linija
	plotas	linija	intervalas	plotas
	paviršiai	plotas	santykis	tūris
	laikas	TIN		animacija
		Rastras		laukelis
		sveikasis		
		slankusis		

6.2 Generalizacija

Kartografijoje ir geodezijoje minimi trys Žemės paviršiaus transformavimo procesai:

- Pagrindinis yra vadinamas pusiau geometriniu – geoido transformavimas į elipsoidą.
- Antrinis yra geometrinis (žemėlapių projekcijos) – elipsoido (sferos) transformavimas į plokščią paviršių.
- Tretinis – tai generalizacija.

Pirmieji du procesai jau buvo aptarti. Čia pristatysime generalizacijos procesą.

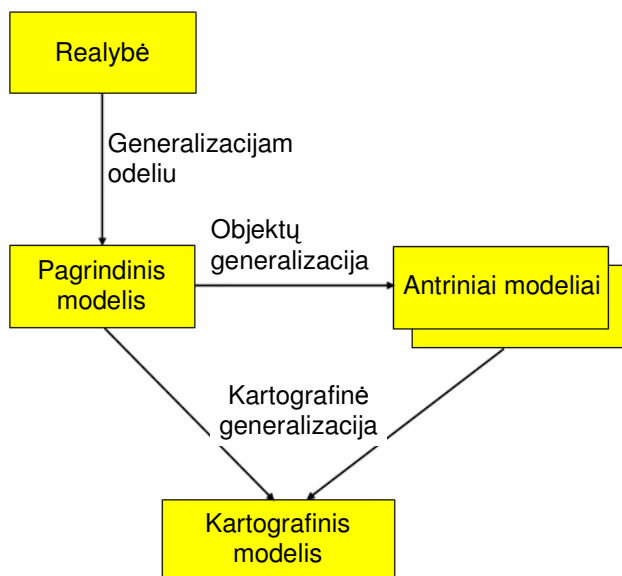
Kartografams visuomet tekdavo vizualizuoti erdvinį požiūrį susijusius reiškinius. Tinkamas mastelio tvarkymas – tai problema, kurią apsunkina faktas, kad vizualizacija vyksta braižant riboto dydžio aplinkoje.

Erdvinės informacijos kiekio mažinimas ir duomenų derinimas konkrečiam tikslui, temai ir žemėlapių masteliui vadinamas generalizacija. Šios abstrakčios transformacijos metu sumažinamas tikrovės informacijos sudėtingumas, išlaikant erdvinį ir atributų tikslumą, svarbias charakteristikas ir teritorijos topologiją bei atitinkant vartotojo tikslus ir reikalavimus. Ji apima žemėlapių (ar duomenų bazės) sudėtingumo mažinimą, pabrėžiant esminius bruožus ir praleidžiant nesvarbius, išlaikant logiką, nedviprasmiškus ryšius tarp žemėlapių objektų ir estetinę kokybę. Generalizacija – tai negrįžtamas procesas, tad jis turi būti atliekamas kruopščiai.

Geografinės informacinės sistemose ir skaitmeninėje kartografijoje generalizacijos funkcijos yra reikalingos siekiant daugelio tikslų: erdvinį duomenų bazių kūrimą ir palaikymą įvairiais masteliais, kartografinę vizualizaciją įvairiais masteliais ir duomenų apimties mažinimą.

Generalizacija kelyje nuo tikrojo pasaulio reiškinių prie jo pateikties skaitmeninio modelio vyksta trimis skirtingomis formomis. Toliau pateikiame tris generalizacijos proceso **etapus**:

1. **Generalizacija modeliu** – geometrinių tikrųjų objektų transformavimas, kad juos būtų galima atvaizduoti skaitmeninių duomenų bazėje.
2. **Objektų generalizacija** – geometrinių skaitmeninių duomenų bazių objektų transformavimas, kad juos būtų galima atvaizduoti skirtingu masteliu.
3. **Kartografinė generalizacija** – grafinės transformacijos duomenims vizualizuoti ir žemėlapiams sudaryti.



Trys generalizacijos proceso etapai

6.2.1 Generalizaciją įtakojančios veiksniai

Pagrindinės veiksmų ar valdiklių grupės, įtakančios generalizacijos procesą:

- Tikrojo pasaulio reiškinių grindžiami veiksniai, įvertinantys modeliuojamo objekto pobūdį (pvz., teritorijos ypatybės, santykiai tarp objektų ir kt.).
- Tikslu grindžiami veiksniai (pvz., vartotojo poreikiai ir tikslai, žemėlapių turinys, mastelis ir kt.).
- Grafinės terpės ir formato veiksniai (pvz., vizualizacijos paskirtis, žemėlapių kompiliavimo technologija, kartografinių objektų tipai, kartografinio pateikimo metodai, žemėlapių sudarymo metodai ir kt.).
- Skaičiavimo veiksniai (pvz., naudojamos informacinės sistemos efektyvumas).

Pirmo generalizacijos etapo metu svarbu įvertinti pirmą veiksni. Su 2 ir 4 veiksniais yra susiduriama antro (objektų) generalizacijos etapo metu. 2 ir 3 veiksniai skatina kartografinę generalizaciją. Tačiau sprendžiant kartografinės generalizacijos problemas pirmam veiksmui teikiama didžiausia reikšmė.

Siekiant įgyvendinti generalizaciją, reikalingos šios žinios:

- Struktūrinės žinios apie erdvinę ir semantinę objektų ir reiškinių struktūrą bei topologiją.
- Geometrinės žinios apie grafines pateikčių ribas.
- Procedūrinės žinios – kaip generalizacijos operacijos yra pasirenkamos ir kokia jų vykdymo seka.
- Kartografinės žinios, susijusios su žemėlapių projektavimu (pvz., estetika ir vaizdinis balansas).
- Pritaikymo poreikiai – žemėlapių tema, paskirtis ir tikslinė auditorija.

6.2.2 Generalizacijos metodai

Generalizacijos metu galima taikyti šias operacijas bei metodus:

- Viso objekto arba jo dalies šalinimas:
 - **atranka,**
 - **supaprastinimas,**
 - **sutraukimas.**
- Kategorijų arba objektų suliejimas:
 - **agregavimas,**
 - **amalgamavimas.**
- Savybės ar objekto pobūdžio tipifikavimas.
- Pateikimo operacijos:
 - **didinimas,**
 - **perslinkimas,**
 - **glodinimas,**
 - **klasifikavimas.**

Šiuos generalizacijos metodus automatizuotoje aplinkoje (pvz., GIS arba kompiuterinėje žemėlapių sudarymo programoje) galima įgyvendinti naudojant vektorinius (rastrinius) algoritmus arba šių algoritmų kombinaciją. Egzistuoja programinė įranga, sukurta specialiai erdvinių ir kartografinių žemėlapių generalizacijai (pvz., *Radius Clarity*, kurią išleido *Spatial Group Ltd. Inc.* (anksčiau vadinosi *Laser-Scan*), http://www.1spatial.com/products/radius_clarity/).

Atrankos operatoriai atrenka svarbiausias (pagal atitinkamus kriterijus) savybes ir (arba) objektus ir pašalina nelabai svarbias visumos savybes ar objektus. Šias operacijas galima atlikti pasitelkiant erdvines SQL užklausas ir sudėtingesnius algoritmus.



Sostinės, dideli, vidutiniai ir maži miestai, Europos greitkelių sistema ir pagrindiniai šalių keliai



Sostinės, dideli, vidutiniai ir maži miestai, Europos greitkelių sistema



Tik sostinės ir dideli miestai, be kelių

Atrankos ir šalinimo pavyzdžiai.

Dažniausiai naudojami kriterijai arba atrankos priemonės paprastai grindžiamos:

- Kokybinėmis, kiekybinėmis ir erdvinėmis objektų ar savybių charakteristikomis, pvz., plotas, ilgis, plotis, aukštis ir kt.
 - Pavyzdžiui, ežerai žemėlapyje bus pavaizduoti, jei žemėlapio masteliu užims daugiau nei 2 kv. mm plotą.
 - Gyvenvietės žemėlapyje bus pavaizduotos, jei jose gyvens daugiau nei 5 000 žmonių.
 - Žemėlapyje bus vaizduojami tik asfaltuoti keliai.
- Objekto svarbumu arba rangų:
 - Pavyzdžiui, žemėlapyje bus vaizduojami tik administraciniai centrai, kitos gyvenvietės nebus pateikiamos.
 - Dykumose bus vaizduojami tik vandens šuliniai.
 - Sąnaudų funkcijos, grindžiamos keliomis svarbumo charakteristikomis.
- Objektų tankiu, pagal kurį galima kontroliuoti, kiek objektų vaizduoti viename kvadratiname žemėlapio ploto vienetė:
 - Pavyzdžiui, 10 kv. cm žemėlapio plote esamu masteliu galima rodyti mažiau nei 10 geodezinių kontrolinių taškų.

Siekiant skaičiais išreikšti dviejų mastelių žemėlapių generalizacijos lygį, galima taikyti Topferio radikalinį dėsnį $n_c = n_s \cdot \sqrt{S_c / S_s}$, kur n – objektų skaičius c ir s žemėlapiuose, kurių mastelio trupmenos atitinkamai lygios S_c ir S_s . Šiuo dėsniu išmatuojamas tik objektų arba jų elementų (pvz., upės vingių) sumažinimo lygis. Jis nepateikia sprendimo, kuriuos objektus arba elementus atrankos ir supaprastinimo metu reikėtų praleisti.

Supaprastinimo operatoriai pasirinktinai mažina linijų arba savybei (objektui) pateikti reikalingų kontūrų viršūnių skaičių. Objektų linijos arba kontūrai yra supaprastinami. Egzistuoja daug supaprastinimo algoritmų ir jais paprastai įvertinama atskirų savybių klasių specifiška (pvz., siekiant supaprastinti kranto linijas, kelius ir kt., galima taikyti specifinius algoritmus). Paprastai supaprastinant naudojami vektoriniai analizės algoritmai.

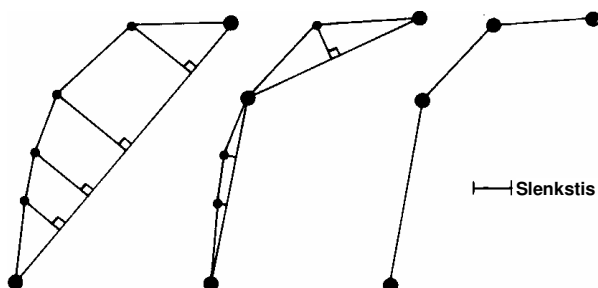
Supaprastinimo algoritmai gali veikti kaip:

- Nepriklausomi algoritmai (pvz., pašalinama kiekviena n -toji viršūnė).
- Vietiniai algoritmai, įvertinantys gretimų viršūnių pozicijas (pvz., atstumo ar kampo su gretimais kaimynais matavimas, pvz., *Jenks* algoritmas).
- Globalieji algoritmai, apdorojantys visus kontūrus (pvz., *Douglas-Peucker*).

Taigi, pasitelkiant įvairius algoritmus, galima naudotis įvairiais apribojimais ir matavimais.

Pavyzdžiui, *Jenks* algoritmas veikia taip: 1) Jei atstumas nuo 1 iki 2 taško yra mažesnis nei $\min 1$, arba 2) atstumas nuo 1 iki 3 taško yra mažesnis nei $\min 2$, 2 taškas praleidžiamas. Jei abu dydžiai yra didesni, atliekamas kampo skaičiavimas. Jei kampas yra mažesnis nei ang , 2 taškas pašalinamas.

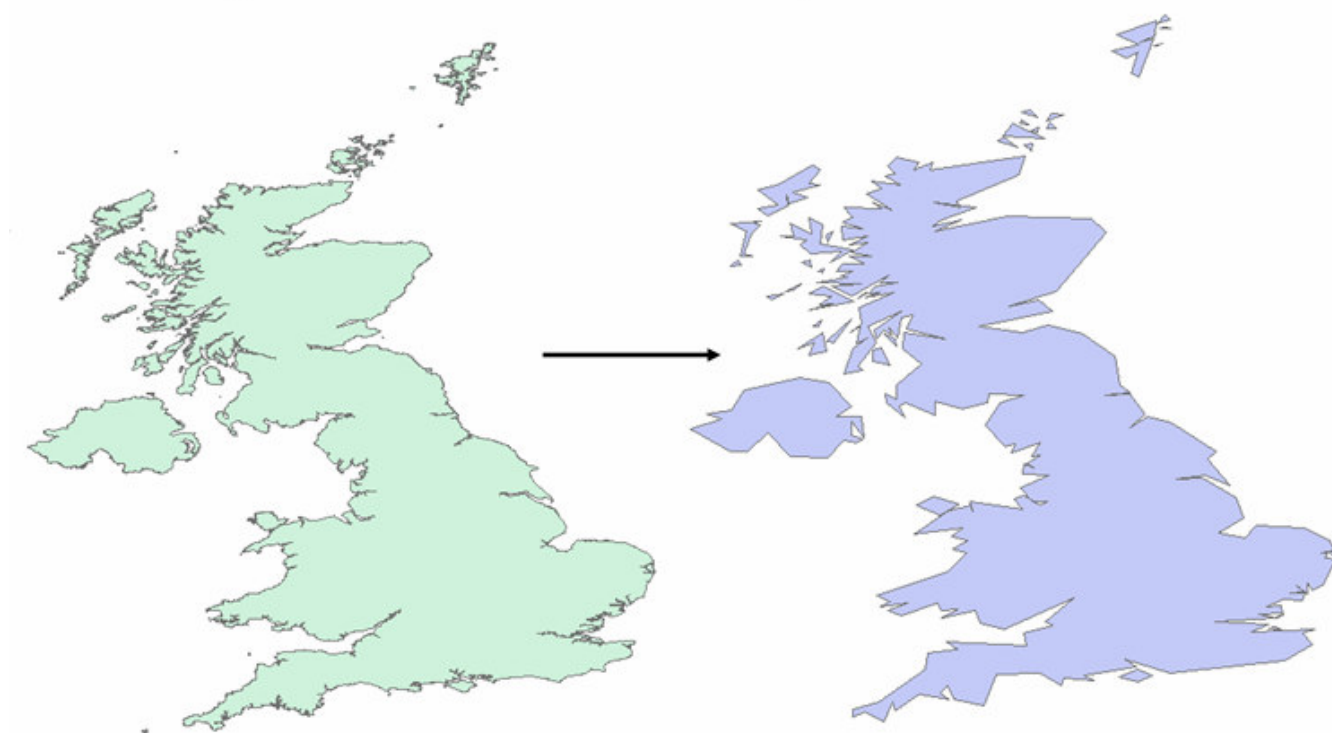
Plačiausiai žinomas globalinis algoritmas vadinamas *Douglas-Peucker*. Šis algoritmas prasideda nuo dviejų pradinės linijos galinių taškų sujungimo tiesia linija (vadinama bazine arba įtvirtinta linija). Jei visų tarpinių viršūnių statmeni atstumai patenka į slenkstinį atstumą ϵ nuo pagrindinės linijos, šios viršūnės gali būti pašalinamos ir pradinę liniją gali pakeisti pagrindinė. Tačiau jei bet kuri iš tarpinių viršūnių nepatenka į slenkstinį atstumą ϵ , linija ties tolimiausiu viršūne yra padalijama į dvi dalis ir procesas yra pakartojamas su dviem atskiromis dalimis.



***Douglas-Peucker* globalusis algoritmas**

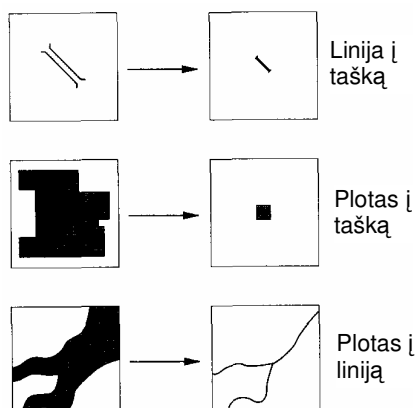
Pradinė kranto linija

Supaprastinta kranto linija



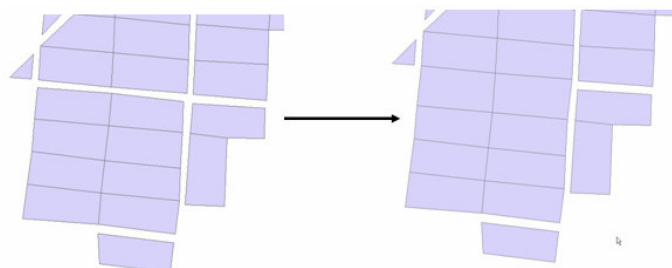
Supaprastinimo operacija

Sutraukimo operatoriai pakeičia savybės ar objekto fizinę informaciją abstrakčiais geometriniais objektais arba žemos dimensijos informacija. Objekto geometrija yra visiškai pakeičiama. Pavyzdžiui, po sutraukimo linijos ar ploto savybės sutraukiamos iki taškinių objektų arba ploto savybės – iki linijinių. Sutraukimo operacijos naudojamos, kai dėl tam tikros priežasties (pvz., svarbos arba tipinės savybės struktūros) reikia išlaikyti tam tikrus objektus ar jų detales.



Sutraukimo operacijos

Agregavimo operatoriai kelis homogeniškus objektus ar savybes sugrupuoja į vieną objektą, priklausantį tai pačiai objektų hierarchijai. Pavyzdžiui, agregavimo operatoriai gali sugrupuoti atskirus sodus vaizduojančius ploto objektus į vieną stambų vaismedžių sodą arba kelis medžius vaizduojančius taškinis objektus į vieną liniją, atitinkančią gyvatvorę.

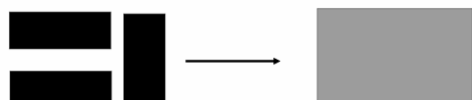


Pradiniai miesto blokai

Jungtinis miesto blokas

Agregavimo operacija

Amalgamavimo operatoriai kelis homogeniškus objektus ar savybes sugrupuoja į vieną objektą, priklausantį aukštesniam objektų hierarchijos lygiui. Pavyzdžiui, amalgamavimo operacijos metu keli pastatus vaizduojantys taškiniai objektai gali būti sugrupuojami į vieną miesto bloką arba dvi kelio juostas į vieną linijinį greitkelio objektą. Amalgamavimo ir agregavimo operacijos yra naudojamos tuomet, kai atstumas tarp dviejų gretimų objektų yra pernelyg mažas, kad būtų vaizduojamas grafiškai ir šiems objektams vaizduoti nepakanka žemėlapių erdvės.

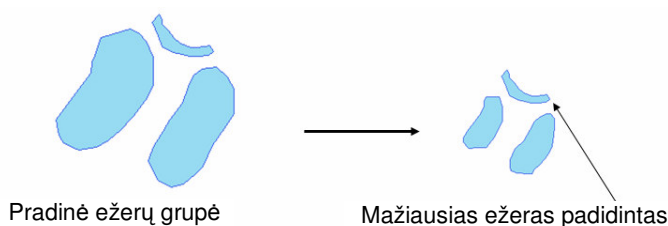


Pradiniai pastatai

Amalgamuotas blokas

Amalgamavimo operacija

Didinimo operatoriai pabrėžia (padidina) visą objektą ar tam tikrą jo dalį, neišlaikydami jo dydžio. Tai atliekama paryškinant tam tikras objekto išskiriamas formas ar detales. Operacija naudojama objektams didinti visomis kryptimis tolygiai. Gaunama forma išsaugoma, tačiau ji yra kitokio dydžio. Didinimas paprastai pritaikomas objektams, kurie yra minimalaus dydžio tačiau dėl savo svarbos vis tiek turi būti pavaizduojami žemėlapyje. Didinimas naudojamas padidinti tam tikras objektų dalis, kai objektai netenkina geometrinių apribojimų arba dėl to, kad tokios dalys yra tam tikru požiūriu įdomios.

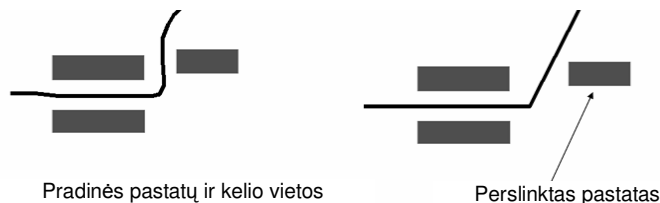


Pradinė ežerų grupė

Mažiausias ežeras padidintas

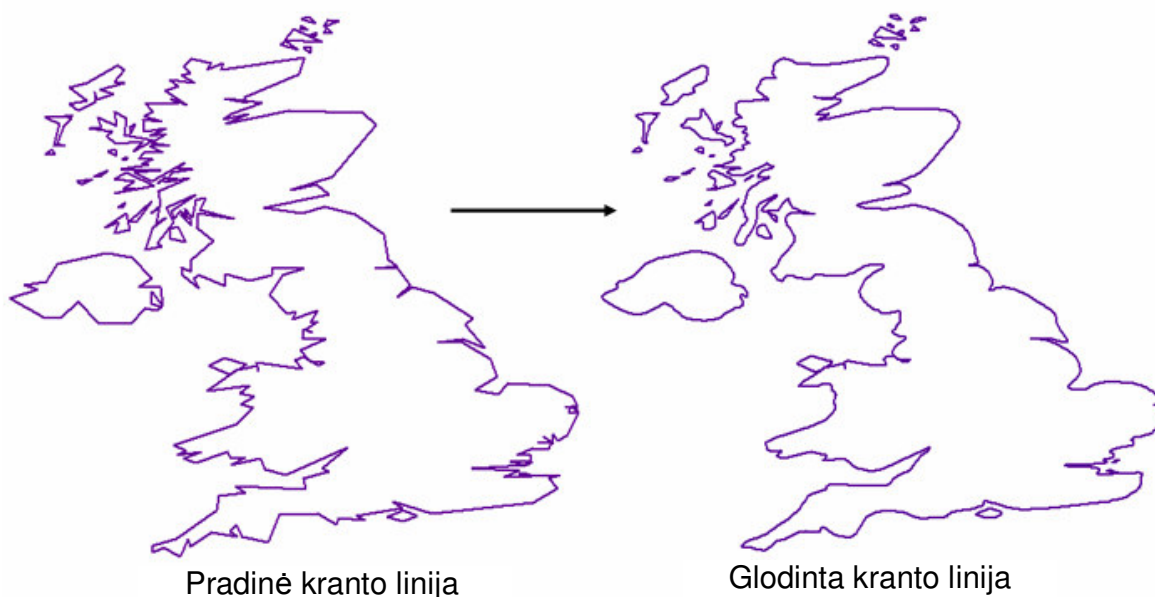
Didinimo operacija

Perslinkimo operatoriai taiko objekto (-ų) perkėlimo iš pradinės vietos metodą, siekdami išspręsti topologines problemas, kai persidengia keli objektai. Ši operacija gali būti svarbi, kai reikia išspręsti konfliktus tarp pernelyg arti vienas kito esančių objektų arba kai reikia išlaikyti svarbius kaimynystės santykius.



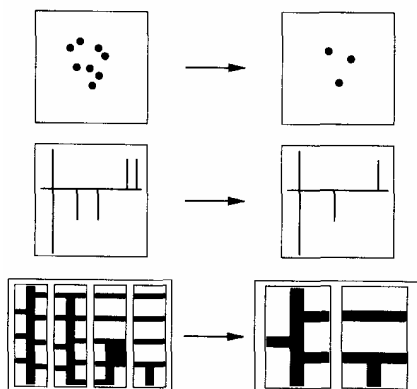
Perslinkimo operacija

Glodinimas leidžia atlikti estetinio pobūdžio apdorojimo funkciją, sumažinant linijinių objektų segmentų kampiškumą. Vykdam šią operaciją, sumažinamas glotnių formų objektų kampų aštrumas. Tai – visiškai estetinio pobūdžio kartografinės generalizacijos procesas.



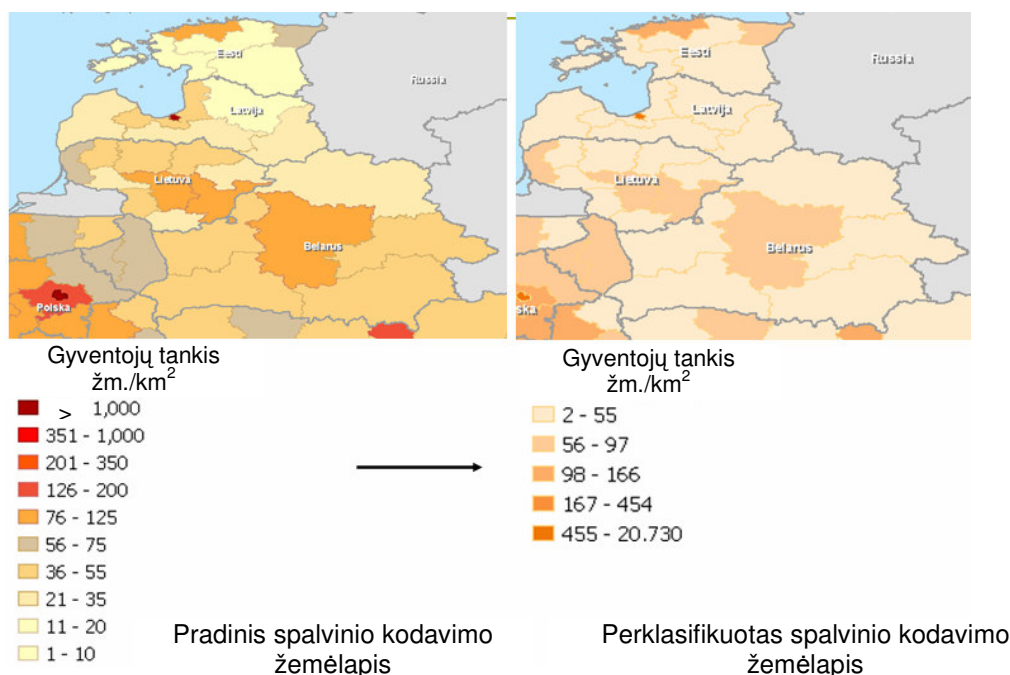
Glodinimo operacija

Tipifikavimo operatoriai dažnai objektų rinkinį apibendrina iki naujos sumažintos grupės objektų, pasižyminčių panašiomis rašto ir išdėstymo charakteristikomis (pvz., tankiu ir orientacija). Šie metodai gali būti įgyvendinti į vieną algoritmą sujungiant kelis bazinius algoritmus, pvz., atrankos, agregavimo ir supaprastinimo.



Tipifikavimo operacijos

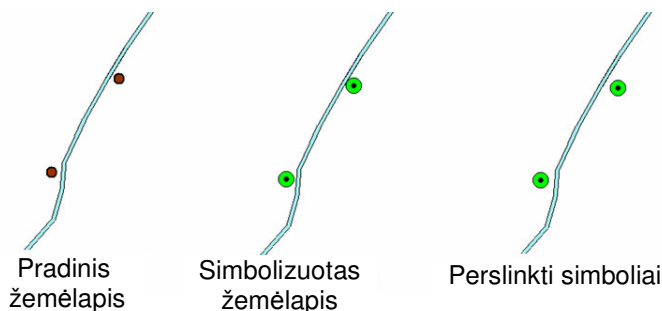
Klasifikavimo operatoriai savybes, objektus arba simbolius į naujas grupes grupuoja remdamiesi jų kiekybiniais arba kiekybiniais atributais. Šie generalizacijos metodai daugiausia grindžiami atributų vertėmis, o ne geometrija ar padėtimi. Galima atlikti atributų transformavimą, įskaitant perklasifikaciją ir teminį supaprastinimą. Pavyzdžiui, spygliuočių arba lapuočių miško tipai gali būti supaprastinami į vieną žemės tipą – mišką. Analogiškai gyvenvietės gali būti perklasifikuojamos pagal gyventojų skaičių arba administracines funkcijas. Po perklasifikavimo objektai su gretimomis ribomis gali būti suliejami į vieną „poligoną“.



Klasifikavimo operacijos

Vaizdavimas simboliais – tai procesas, kurio metu vektoriniams arba rastriniams grafiniams objektams pritaikoma tam tikra simbolika. Šiam procesui atlikti gali tecti pasitelkti

generalizaciją. Pavyzdžiui, simbolių dydis turi būti pasirinktas toks, kad atitiktų žemėlapių projektavimo principus, jų gradavimo mastelis turi būti tinkamas, kad žemėlapis būtų aiškus ir lengvai skaitomas.



Vaizdavimo simboliais generalizacija

6.2.3 Generalizacijos algoritmai

Generalizacijos algoritmai – tai formalios matematinės konstrukcijos, kuriomis išsprendžiama generalizacijos problema, pakeičiant objekto geometriją arba atributą. Algoritmų paskirtis – pateikti procedūras, kurios leistų duomenų bazę arba informacijos vaizdinį apdoroti taip, kad erdvės aspektai atitiktų žemėlapių mastelį ir specifinę temą.

Generalizacijos metodų algoritmai gali veikti vietiniu lygiu, kaimynystėje ir (arba) globaliai. Vietiniai algoritmai objektus apdoroja po vieną ir individualiai, juos įkeliant proceso pradžioje.

Kaimynystės operacijos tinka objektų grupėms. Šios grupės yra kuriamos generalizacijos proceso metu ir leidžia vykdyti kontekstines operacijas bei palaikyti kai kurias grupės ypatybes. Kaimynystės operacijos sudaro vietinių arba kaimyninių objektų grupę. Vietiniai objektai yra generalizuojami, kai jie yra nepriklausomi arba vykdo kaimyninių kontekstinių operacijų komandas (pvz., kelių ir pastatų konfliktai kyla, kai galima pritaikyti kelis generalizacijos operatorius, tačiau reikia išlaikyti topologinius ryšius tarp objektų).

Pavyzdžiui, glodinimo operatorius transformuoja tik individualius objektus, tačiau supaprastinimo operacijų metu reikia turėti omeny kaimynų padėtis, kad būtų išvengta topologinių konfliktų (pvz., persidengimo). Siekiant išspręsti topologinius konfliktus ir išlaikyti vietinę sudėtį, perslinkimo operatoriai turi galėti dirbti kaimynystėje. Atranka / šalinimas – tai globalusis metodas, kurį galima grįsti globalia objektų sudėtimi (pvz., *Topferio* radikalūs dėsnių).

Generalizacijos algoritmai naudoja matus, t. y. procedūras, skirtas matavimams atlikti, kurie naudojami kaip geografinės kategorijos charakteristikų vertinimo pagrindas ir vertina generalizacijos poreikį bei sėkmę. Matavimas gali būti grindžiamas paprasta formule arba sudėtingu algoritmu, kai atliekami pagalbinių duomenų struktūrų ar vaizdinių skaičiavimai. Pavyzdžiui, pozicija, orientacija, forma, atstumai, išlygiavimas ir topologijos charakteristikos gali padėti išsirinkti generalizacijos algoritmus bei jų parametrus ir (arba) jas galima naudoti kaip algoritmo parametrus.

Kitas generalizacijos algoritmų komponentas – **apribojimai**. Jie sumažina galimų generalizacijos rezultatų skaičių, kartu padidindami priimtinių rezultatų proporciją. Du pagrindiniai apribojimai:

- Geografiniai ir kartografiniai – jie kyla dėl duomenų charakteristikų ir žemėlapių specifikacijų.
- Proceso – kyla dėl išteklių ribotumo ir užduočių srautų specifikos.

Keli apribojimų pavyzdžiai: minimalus objektų ilgis arba plotis, objektų ir taisyklių atskiriamumas, pvz., siekiant išvengti susikirtimo.

6.2.4 Įgyvendinimo būdai

Erdvinių ir kartografinių žemėlapių generalizaciją galima atlikti:

- Rankiniu būdu, pasitelkiant kompiuterinius braižymo įrankius.
- Pasitelkiant kompiuterinius generalizacijos įrankius. Galimi du būdai:
 - Grupinis – vienas algoritmas apdoroja panašių objektų rinkinį (t. y. supaprastinamos viena upė po kitos). Kartografas arba GIS technikas gali pasirinkti konkretų algoritmą ir jo parametrus, tačiau rezultatus pamatyti ir įvertinti galima tik įvykdžius algoritmą.
 - Interaktyvioji generalizacija – kai operatoriui padėti realiu laiku pasitelkiamas kompiuteris. Operatorius gali matyti atskirų operacijų rezultatą ir šiek tiek valdyti sprendimų priėmimą. Vis dėlto šis procesas atima daug laiko.
- Automatinė generalizacija – atliekama bet kuriuo iš toliau pateikiamų būdų arba jų kombinacijų:
 - Generalizacija vienu kartu – kai vartotojas paprašo tam tikro mastelio žemėlapių konkrečiam tikslui ir sistema po duomenų iš vieno mastelio duomenų bazės apdorojimo realiu laiku pateikia rezultatą.
 - Kelių mastelių arba daugialypės informacijos duomenų bazė – gali būti iš anksto parengiamas tam tikro mastelio žemėlapis ir tada (be didelių laiko sąnaudų) realiu laiku sudaromas.
 - Galima taikyti kelių mastelių ir generalizacijos vienu kartu kombinaciją.
 - Į objektus orientuotų ir agentinių generalizacijos sistemų naudojimas – projektavimo principai, kurių tikslas – įgyvendinti visiškai automatizuotą generalizacijos procesą.

6.3 Topografinių žemėlapių sudarymas

Topografinis žemėlapis – tai vienas iš plačiausiai naudojamų žemėlapių rūšių. Topografiniai žemėlapiai paprastai vaizduoja gamtines ir kultūrines savybes. Dėl didelio kiekio informacijos, kuri gali būti pateikiama topografiniuose žemėlapiuose, jie profesionalams ir mėgėjams tampa dar naudingesni. Topografiniai žemėlapiai yra naudojami inžinerijoje, atliekant energijos išteklių tyrimus, saugant gamtinius išteklius, aplinkosaugoje, projektuojant viešuosius darbus, komercinius bei gyvenamuosius kvartalus, taip pat poilsio gamtoje mėgėjų – iškylautojų, stovyklautojų ir žvejų.

Topografijos kartografs projektuoja įvairių mastelių žemėlapius, diagramas ir planus, kurie yra klasifikuojami į žemėlapių serijas. Topografiniuose žemėlapiuose paprastai vaizduojami tikrojo pasaulio fiziniai ir kultūriniai objektai, kurių vietą būna tiksliai nustatę matavimai. Šie objektai paprastai matomi realioje pasaulyje, išskyrus tam tikrus objektus, pvz., administracinės ribos. Topografiniuose žemėlapiuose taip pat gali būti žymimos aukštumos, pastatai, keliai, gyvenvietės, hidrografiniai objektai (įlankos, upės ir ežerai) ir įvairios paskirties žemės plotai.

Topografiniai žemėlapiai – tai vieni svarbiausių sausumos darinių ir jų formavimosi procesų tyrimo priemonių. Šie žemėlapiai – tai dvimačiai sumažinti Žemės paviršiaus atvaizdai. Juose tam tikru detalumu vaizduojamas sausumos darinių ir kultūros savybių dydis, konfigūracija ir erdviniai ryšiai. Jie leidžia labai tiksliai išmatuoti aukštį ir horizontalius atstumus.

Svarbi topografinių žemėlapių charakteristika – dėmesys, skiriamas tikrojo pasaulio savybių pozicijos tikslumui, kuris pakartojamas kiekybiniu būdu: per koordinates, tinklėlius ir žymas. Topografiniai žemėlapiai priklauso bendrosios paskirties žemėlapių klasei.

Topografiniai žemėlapiai yra klasifikuojami pagal mastelį ir priskiriami atskirai žemėlapių serijai. Kiekviena šalis turi savo nacionalinę topografinių žemėlapių serijų sistemą. Profesionalūs kartografs paprastai išskiria trijų pagrindinių mastelių žemėlapius:

- **Stambaus mastelio topografiniai planai** (mastelis $\leq 1 : 2\,000$); projekcijos netaikomos; naudojami inžineriniams uždaviniams spręsti ir kadastruose.
- **Standartiniai arba topografiniai žemėlapiai** (mastelis nuo $1 : 2\,000$ iki $1 : 100\,000$).
- **Bendrieji topografiniai žemėlapiai** (mastelis nuo $1 : 200\,000$ iki $1 : 1\,000\,000$); kai kurių tradicinių kartografo laikomi nepatenkantys į topografinių žemėlapių kategoriją, nes reikia apibendrinti pernelyg daug geografinės informacijos, tad „topografinė“ pateiktis beveik netenka reikšmės.

6.3.1 Masteliai ir koordinačių sistema

Topografiniai žemėlapiai yra sudaromi serijų pagrindu – skirtingais masteliais, kurie parenkami siekiant patenkinti įvairių vartotojų poreikius ir reikalavimus. Žemėlapiai turi būti sudaromi taip, kad vienos serijos masteliai persidengtų su smulkesnio ir stambesnio mastelio žemėlapiams.

Nors atskirose šalyse naudojamos šiek tiek skirtingos mastelių serijos, toliau pateikiamos dažniausiai sutinkamos:

- 1 : 500 – Lietuvos savivaldybių lygio topografiniai planai
- 1 : 1 000 – Lietuvos savivaldybių lygio topografiniai planai
- 1 : 2 000
- 1 : 5 000
- 1 : 10 000
- 1 : 25 000
- 1 : 50 000
- 1 : 100 000
- 1 : 200 000
- 1 : 250 000
- 1 : 500 000
- 1 : 1 000 000

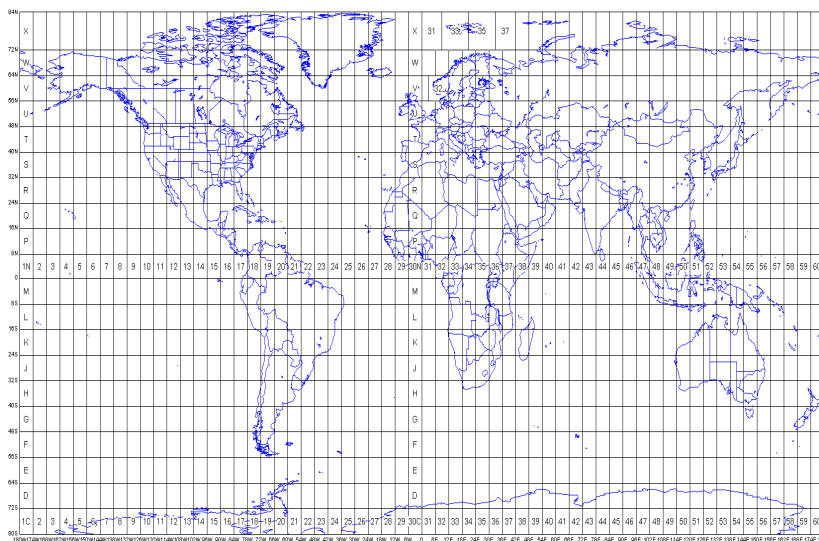
Topografiniai žemėlapiai yra klasifikuojami ir indeksuojami pagal iš anksto nustatytą hierarchinę sistemą, pradedant nuo pirminio 1 : 1 000 000 mastelio žemėlapio keturkampio. Tokie **nacionaliniai topografiniai** skirstymo principai ir indeksavimo **sistemos** (arba tinkleliai) yra labai patogios, kai reikia ieškoti ir (arba) įrašyti kartografinę informaciją.

Pirminiai keturkampiai iš 1 : 1 000 000 serijos gali būti sudaromi pagal tokias taisykles:

- Visos Žemės žemėlapis gali būti padalijamas į 4° pločio keturkampus išilgai dienovidinių ir į 6° pločio keturkampus išilgai lygiagrečių.
- Dalijimas išilgai lygiagrečių gali sutapti su 6° UTM zonų padalijimu.
- Virš $\varphi = 80^\circ\text{S}$ ir žemiau $\varphi = 80^\circ\text{P}$ kiekvienas žemėlapis gali padengti $4^\circ\varphi$ ir $12^\circ\lambda$.

Nacionalinė topografinė sistema (NTS) yra skirta valstybės bendrosios paskirties topografinių žemėlapių sudarymui. Pirminiai keturkampiai iš 1 : 1 000 000 serijos gali būti indeksuojami pagal tokias taisykles:

- Kiekvienas 1 : 1 000 000 serijos žemėlapis yra indeksuojamas dviem indeksais – dienovidinio zonos numeriu (jis gali sutapti su UTM zonos numeriu) ir anglų kalbos simboliu (didžiąja raide) lygiagrečios zonos numeriu perteikti.
- Lygiagrečios zonos numeracija gali prasidėti nuo pusiaujo abėcėlės tvarka ir negali sutapti su UTM numeracija.
- Pavyzdžiui, Lietuvoje 1 : 1 000 000 mastelio topografinis žemėlapis gali būti indeksuojamas kaip **N-34**, kur **N** yra $4^\circ\varphi$ zonos numeris, o **34** – $6^\circ\lambda$ zonos numeris (pagal UTM numeraciją).



Pasaulinė UTM zonų indeksavimo sistema

Pirmas pirminių keturkampių poskyris – jų ketvirtis – 1 : 500 000 mastelio žemėlapiai. Kiekvienas 1 : 500 000 mastelio žemėlapis gali padengti 3° λ bei 2° φ ir jis 1 : 1 000 000 mastelio keturkampyje gali būti indeksuojamas kaip A, B, C arba D (pvz., **N-34-B**).

Kiekvienas 1 : 1 000 000 keturkampis gali būti padalytas į 36 keturkampius, kurių mastelis siektų 1 : 200 000. Kiekvienas 1 : 200 000 mastelio žemėlapis gali padengti 1° λ bei $40'$ φ ir 1 : 1 000 000 keturkampyje gali būti indeksuojamas hierarchiniu principu, romėniškais skaičiais – nuo I iki XXXVI (pvz., **N-34-VIII**).

Kitas poskyris – tai 1 : 100 000 mastelio žemėlapių serija. Ši serija yra sudaroma iš 1 : 1 000 000 keturkampių, padalijant juos į 144 keturkampius. Kiekvienas 1 : 100 000 mastelio žemėlapis gali padengti $30'$ λ bei $20'$ φ ir 1 : 1 000 000 keturkampyje gali būti indeksuojamas hierarchiniu principu, skaičiais nuo 1 iki 144 (pvz., **N-34-48**).

Kitas poskyris – tai 1 : 100 000 mastelio keturkampių padalijimas į keturias dalis, gaunant 1 : 50 000 mastelio serijos žemėlapius. Kiekvienas 1 : 50 000 mastelio žemėlapis gali padengti $15'$ λ bei $10'$ φ ir 1 : 100 000 keturkampyje gali būti indeksuojamas hierarchiniu principu, didžiosiomis raidėmis nuo A iki C (pvz., **N-34-48-C**), o viename 1 : 50 000 žemėlapyje gali būti du sujungti keturkampiai (pvz., **N-34-48-CD**).

Siekiant sudaryti 1 : 25 000 mastelio serijos žemėlapi, kiekvienas 1 : 50 000 mastelio raidinių keturkampių poskyris yra dalijamas į 4 dalis. Kiekvienas 1 : 25 000 mastelio žemėlapis gali padengti $7'30''$ λ bei $5'$ φ ir 1 : 50 000 keturkampyje gali būti indeksuojamas hierarchiniu principu, mažosiomis raidėmis nuo a iki c (pvz., **N-34-48-C-a**).

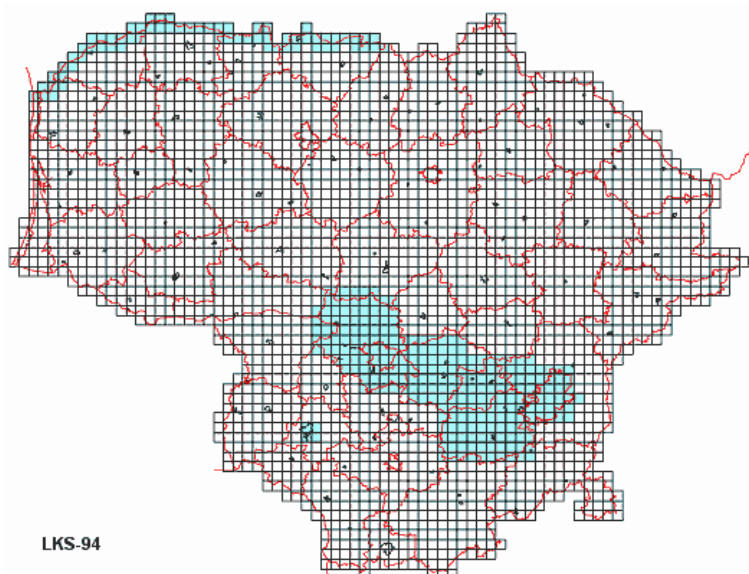
Kitas poskyris – tai 1 : 25 000 mastelio keturkampių padalijimas, gaunant 1 : 10 000 mastelio serijos žemėlapius. Kiekvienas 1 : 10 000 mastelio žemėlapis gali padengti $3'45''$ λ bei $2'30''$ φ .

φ ir 1 : 250 000 keturkampyje gali būti indeksuojamas hierarchiniu principu, skaičiais nuo 1 iki 4 (pvz., **N-34-48-C-a-2**).

1 : 10 000 mastelio žemėlapiai gali būti padalijami į 4 keturkampius, gaunant 1 : 5 000 mastelio žemėlapius. Kiekvienas 1 : 5 000 mastelio žemėlapis gali padengti 1'52,5" λ bei 1'15" φ ir 1 : 10 000 keturkampyje gali būti indeksuojamas hierarchiniu principu, skaičiais nuo 1 iki 4 (pvz., 42/56-4).

1 : 10 000 mastelio serijos žemėlapiai susideda iš 25 1 : 2 000 mastelio žemėlapių. Kiekvienas 1 : 2 000 mastelio žemėlapis padengia 37,5" λ bei 25" φ ir 1 : 10 000 mastelio keturkampyje gali būti indeksuojamas hierarchiniu principu, skaičiais nuo 1 iki 25 (pvz., 42/56-21). Žr. „Geodezinės inžinerijos tyrimai statyboms“ – GKTR 2.08.01, 2000.

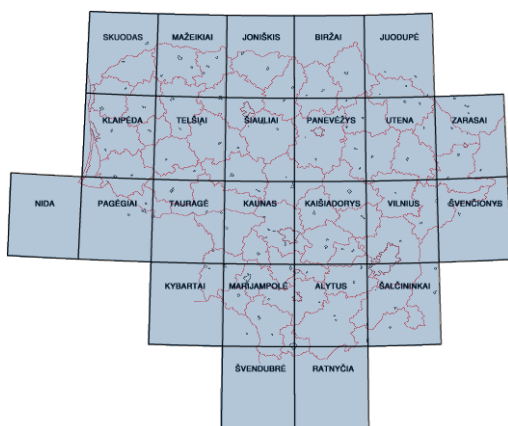
Toliau vaizduojami tipiniai nacionaliniai tinkleliai. Jie pateikiami keliomis mastelio serijomis.



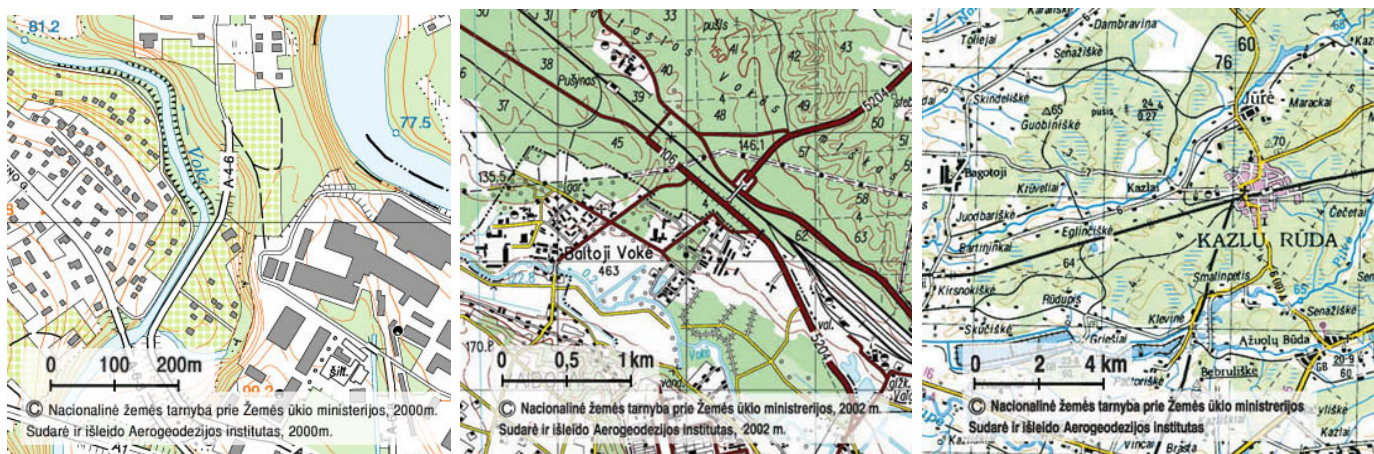
Nacionalinio Lietuvos topografinio žemėlapių tinklelis 1 : 10 000 mastelio žemėlapių serijai, LKS-94 koordinatų sistema



Nacionalinio Lietuvos TOP50LT topografinio žemėlapio tinklelis 1 : 50 000 mastelio žemėlapio serijai, LKS-94 koordinatų sistema



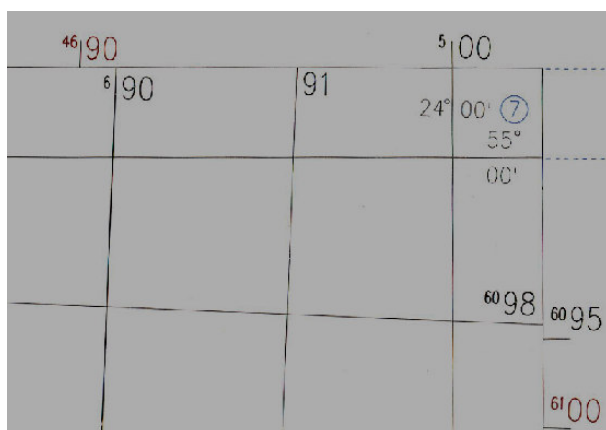
Nacionalinio Lietuvos topografinio žemėlapio tinklelis 1 : 200 000 mastelio žemėlapio serijai, (KS-1942 koordinatų sistema)



1 : 10 000, 1 : 50 000 ir 1 : 200 000 mastelio serijų Lietuvos topografinių žemėlapių pavyzdžiai

Topografiniai žemėlapiai sudaromi naudojant specifines geografines ir projektuotas koordinačių sistemas. Paprastai naudojamos UTM koordinačių sistemos. Atskirų šalių nacionaliniuose UTM tinkleliuose gali skirtis šie parametrai: zonų centrinių dienovidinių masteliai, zonų ribų sistemos ir zonų pločiai, platumos poslinkis ir ilgumos poslinkis.

Topografiniuose žemėlapiuose gali būti kontroliniai geodeziniai taškai, koordinačių tinklelio kryželiai ir geografinio tinklelio žymos, tinklelio linijos (pvz., kilometrinis UTM tinklelis), ribinės žemėlapių linijos, nacionalinės topografinės sistemos indeksai – visi šie elementai padeda dirbti su matematiniu žemėlapiu pagrindu ir atlikti matavimus.



Geografinio tinklelio žymos (UTM kilometrinis tinklelis)

Lietuvos naujuosiuose topografiniuose žemėlapiuose naudojami Lietuvos topografinės koordinačių sistemos parametrai:

- LKS-1994 Lietuvos TM:
 - Projektcija: skersinė Merkatoriaus
 - Ilgumos poslinkis: 500000,000000
 - Platumos poslinkis: 0,000000
 - Ašinis dienovidinis: 24,000000

- Ašinio dienovidinio mastelio koeficientas: $k = 0,9998$
- Pradinė platuma: 0,0000 (pusiaujas)
- Ilgio vienetas: metras
- Geografinė koordinatų sistema: GCS LKS_1994
 - Kampų matavimo vienetas: laipsnis (0,017453292519943299)
 - Pradinis dienovidinis: Grinvičo (0,0)
 - Elipsoidas: D_Lithuania_1994
 - Sferoidas: GRS_1980
 - Didžioji pusašė: 6378137,00
 - Mažoji pusašė: 6356752,31414035610
 - Atvirkštinis paplokštumas: 298,2572221010000200
 - Aukščių sistema:
 - Baltijos aukščių sistema

Ši sistema nesutampa su standartinėmis UTM zonomis.

6.3.2 Topografinio žemėlapių specifikacijos ir elementai

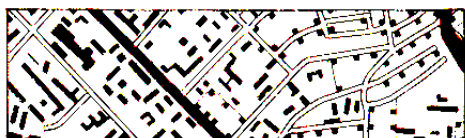
Topografinę kartografiją aiškiai apibrėžia šios specifikacijos:

- Topografiniame žemėlapyje pateikiamas elementų sąrašas.
- Šių elementų generalizacijos taisyklės.
- Simbolika, teksto žymos ir anotacijų sudarymo taisyklės (pvz., spalvų schemas, šriftų stiliai ir dydžiai ir kt.).
- Išdėstymo elementai (pvz., dydis, stilius, padėtis, paraštės ir kt.).

Pavyzdžiui, 1 : 50 000 mastelio serijos topografinių žemėlapių kompiliavimo, projektavimo ir gamybos procesų metu reikia naudotis „Lietuvos 1 : 50 000 mastelio topografinių žemėlapių specifikacijomis“.

Išsamus elementų, vaizduojamų topografiniame žemėlapyje, sąrašas priklauso nuo žemėlapių mastelio ir specifikacijų. Pavyzdžiui, Lietuvos 1 : 50 000 mastelio topografiniuose žemėlapiuose vaizduojami šių grupių žemėlapių elementai:

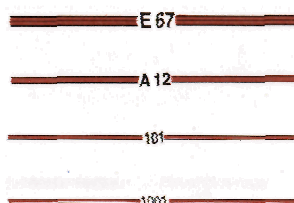
- Kontroliniai žemės taškai  91.3
- Ribos 
- Gyvenamosios vietos, pastatai ir konstrukciniai elementai



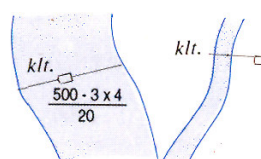
 *et.*

- Kultūriniai objektai  *chem.*

- Geležinkeliai ir susiję duomenys

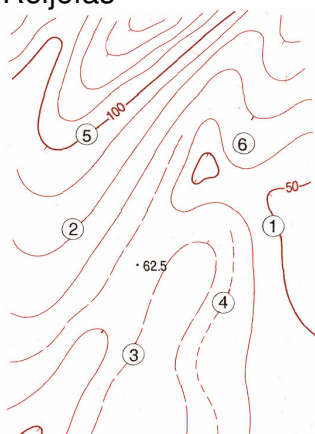


- Automobilių keliai, žvyrkeliai, takai



- Kanalizacijos ir vandens vamzdžiai

- Reljefas



Metrinio kontūrų intervalo gairės

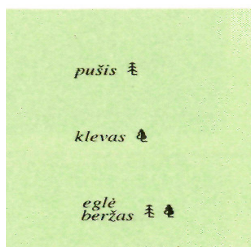
Metric Contour MAP SCALE	ŽEMĖLAPIO MASTELIS	ŽEMĖS TIPAI			Statu 40 m
		Lyguma (norm.)	TYP	Kalnuota	
1/50 000	Flat or norma.	10 m	illy	20 m	deep
	10 metres	20 metres		40 metres	

Dažniausiai pasitaikantis būdas pavaizduoti reljefą topografiniame žemėlapyje – pasitelkti *kontūro liniją*. Kontūro linija – tai tokia linija topografiniame žemėlapyje, kuri jungia vienodo aukščio taškus. Kontūrai yra brėžiami interpoliuojant tarp taškų, kurių pozicijos ir aukščiai buvo išmatuoti ir nubraižyti. Kontūrus formuojantis vertikalus atstumas tarp lygio paviršių yra vadinamas *kontūro intervalu*. Kontūro intervalo pasirinkimas priklauso nuo teritorijos, kuri vaizduojama žemėlapyje, reljefo įvairovės, žemėlapijo paskirties ir jo mastelio. Siekiant palengvinti žemėlapijo skaitymą, kas penktas arba dešimtas kontūras gali būti brėžiamas šiek tiek tamsesnis. Be to, galima papildomai nubraižyti pusinio arba ketvirtinio intervalo kontūrus, kuriais būtų vaizduojamas itin plokštuminio paviršiaus aukščio svyravimas.

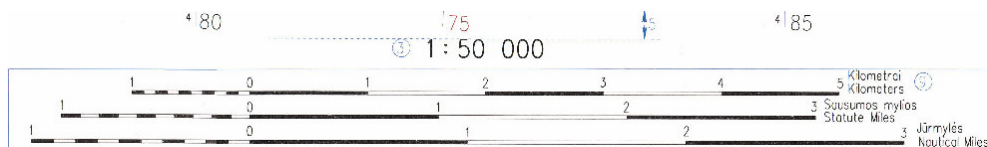
Pagrindinės kontūrų charakteristikos:

- Linijos turi būti uždaros – žemėlapyje arba už jo ribų. Jos negali tęstis be galo.
- Linijos turi būti statmenos didžiausiam šlaitui.
- Šlaitai tarp gretimų kontūro linijų yra laikomi vienodais, todėl topografinių tyrimų metu svarbu įvertinti nuolydžio pertrūkius.

- Atstumas tarp kontūrų nurodo šlaito statumą. Didelis skirtumas reiškia nestatų šlaitą, mažas skirtumas – statų, o tolygios lygiagrečios kontūro linijos byloja apie vienodą šlaitą.
- Netolygus ir nelygus žemės paviršius žemėlapyje vaizduojamas netaisyklingomis kontūro linijomis. Lygios linijos rodo tolygiai nuolaidžius šlaitus ir aukščio pokyčius.
- Didėjant aukščiui, kalnai vaizduojami koncentriškai uždariais kontūrais. Kontūras, apie žemesnę žemę formuojantis uždara kilpą, vadinamas *įdubimo kontūru*.
- Stačios uolos, sienos ir gamtiniai tiltai gali būti vaizduojami besiliečiančiomis kontūro linijomis; teoriškai kontūro linijos negali liesti viena kitos.
- Kontūrą turi sudaryti viena tęstinė linija, ji neturi atsišakoti į dvi to paties aukščio kontūro linijas.
- Kirsdamos upelį, kontūro linijos rodo prieš srovę ir formuoja „V“ raidę; o kirsdamos kalno keterą – formuoja „U“ raidę ir rodo žemyn nuo keteros.



- Augmenija ir dirvožemis
- Žemėlapių išdėstymo elementai:



- Masteliai

Kontūro intervalas 10 m

- Kontūro intervalas

Elipsoidas: WGS 84

Projekcija: universali skersinė Merkatoriaus

Horizontali koordinatų sistema: pasaulio geodezinė sistema 1984

- Koordinatų sistema

Vertikali koordinatų sistema: Baltijos

- Nacionalinio tinklelio žemėlapių indeksas

Serija N 7510 ③ N-34-48-AB
Leidimas 1-VŽGT

- Žemėlapių pavadinimas

KAUNAS

GRETIMI LAPAI ADJOINING SHEETS		
N-34-35-CD	N-34-36-CD	N-35-25-CD
N-37-47-AB	N-34-48-AB	N-35-37-AB
N-34-47-CD	N-34-48-CD	N-35-37-CD

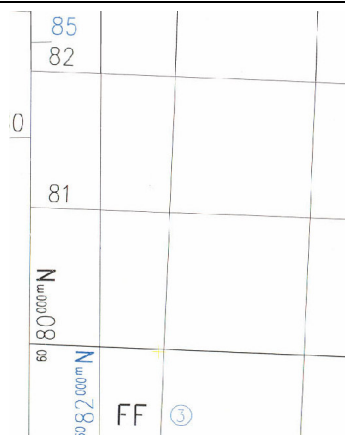
- Gretimų lapų padėtys

LEGENDA ⑥ LEGEND	
	Tankiai užstatytas miesto kvartalas; miestelis Densely built-up block; settlement
	Vienkiemis; pavieniai pastatai Farmstead; building to scale, building
	Greitkelis, 8-vienos kelio juostos dangos plotis, 2-kelio juostų skaičius, A- dangos medžiaga; skirtingų lygių sankryža Highway, 8-lanes wide, 2-divided highway, A-surface material; grade crossing
	9 Kietosios ir kapitalinės dangos kėlas: daugiau kaip 7m, 7-dangos plotis, 12- kelio plotis, C-dangos medžiaga; nuo 3 iki 7m Hard surface road: more than 7 meters wide, 7-surface width, 12-overall width, C-surface material; 3-7 meters wide
	Nerišliosios dangos kėlas: žvyrkėlis, 6-važiujamosios dalies plotis; grūntkelis Loose surface road: gravel road, 6 meters wide; track
	Lauko ir miško kėlas; pėsčiųjų ir dviračių takas Cart track; footpath and cycle track
	E 67 A12 101 1001 Valstybinių kėlių numeriai: tarptautinių; magistralinių; krašto; rajoninių Route markers: international, main, regional, municipal

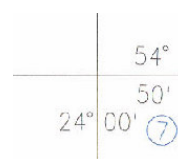
- Sutartiniai ženklai

Grid: 1000 Meter UTM Zone 34 (inside sheet)
 5000 Meter UTM Zone 35 (outside frame)
 5000 Meter LCS 94 (outside frame)
 5000 Meter System 1942 (outside frame)

- Išmatuoti įvairių sistemų koordinatėjų tinkeliai



- Metrinis UTM tinklelis



- Geografinės kvadranto koordinatės ir kontroliniai taškai

© Valstybinė žemėtvarkos ir geodezijos tarnyba SL 350
Leidimas 1-VŽGT, 1996
Žemėlapis dauginamas be leidimo draudžiamas. Dauginimas sup-
rantamas kaip pakartotinis leidimas spaudos ar kitokiu būdu
fotokopijavimas, mikrofilmavimas, skaitmeninis ar rastrinis
nuskaitymas, duomenų kaupimas kompiuterių laikmenose.
Žemėlapis sudarytas Aerogeodezijos institute pagal 1995m.
aerofotanuotrauką.
Reljefas perbraižytas iš paskutinio leidimo topografinio
žemėlapis lapų N-34-48-A ir N-34-48-B
Prepared and published by Institute of Aerial Geodesy Ltd.
9-96
⑥ MAP INFORMATION AS OF 1995

- Pagalbiniai duomenys ir informacija

6.3.3 Simbolika

Siekiant pavaizduoti specialiąsias topografines savybes ir viename lape parodyti daug informacijos, naudojami standartiniai simboliai. Toliau pateikiami keli iš daugybės simbolių, naudojamų topografinėje kartografijoje.

Topografinių žemėlapių specifikacijoje simbolika yra aiškiai apibrėžta, įskaitant:

- simbolių dydį, formą, spalvą, orientaciją, raštą;
- savybių klasifikaciją;

AUTOMOBILIŲ KELIAI, GRUNTKELIAI, TAKAI Motor Roads, Gravel Roads, Paths Greitkelis (8-vienos važiuojamosios dalies plotis metrais, 2-juostų skaičius, A-dangos medžiaga) [1] Highway (8-lanes wide, 2-divided highway, A-surface material)		Išorinė linija 0.2 Vidinė linija 0.1 Bendras plotis 1.4	Helvetica Narrow Normal 6 p.
Kietosios ir kapitalinės dangos keliai: [1] Hard surface roads: 1) dangos plotis didesnis kaip 7m (8-dangos plotis, 12-kelio plotis metrais, C-dangos medžiaga) surface width more than 7m (8-surface width, 12-overall width in meters, C-surface material) 2) dangos plotis nuo 3 iki 7m (5-dangos plotis, 8-kelio plotis, G-dangos medžiaga) surface width 3-7m (5-surface width, 8-overall width in meters, G-surface material)	 	Linija 0.15 Bendras plotis 1.0 Tarpas 0.7 Linija 0.1 Bendras plotis 0.6 Tarpas 0.4	Helvetica Narrow Normal 5 p. Helvetica Narrow Normal 5 p.
Nerišiosios dangos keliai: Loose surface road: žvyrkelis (7-važiuojamosios dalies plotis metrais) [2] gravel road (7-surface width in meters)		Linija 0.1 Bendras plotis 0.5 Tarpas 0.3	Helvetica Narrow Normal 5 p.
Gruntkelis [3] Track		Linija 0.2	
Lauko ir miško kelias [4] Cart track		Linija 0.15, atkarpų ilgis 3.0 Tarpas 0.6	

Kelių klasifikacija ir simbolika iš leidinio „Lietuvos 1 : 50 000 mastelio topografinių žemėlapių specifikacijų reguliavimo normos. Pirmoji laida“

- žymas ir anotacijų stilių, dydį ir šrifto tipą;

UŽRAŠŲ PAVYZDŽIAI EXAMPLES			Balt Helvetica
Miestų pavadinimai: [1] Names of towns:	VILNIUS	19 p.	Bold
	VILNIUS	12 p.	Normal
1) kai gyventojų daugiau kaip 500 000 first class	ŠIAULIAI	16 p.	Bold
2) nuo 100 000 iki 500 000 second class	ŠIAULIAI	11 p.	Normal
3) nuo 50 000 iki 100 000 third class	MARIJAMPOLĖ	14 p.	Bold
4) nuo 10 000 iki 50 000 fourth class	MARIJAMPOLĖ	10 p.	Normal
5) iki 10 000 fifth class	UKMERGĖ	12 p.	Bold
	UKMERGĖ	9 p.	Normal
	MOLETAI	10 p.	Bold
	MOLETAI	8 p.	Normal

Gyvenviečių žymų stiliai iš leidinio „Lietuvos 1 : 50 000 mastelio topografinių žemėlapių specifikacijų reguliavimo normos. Pirmoji laida“

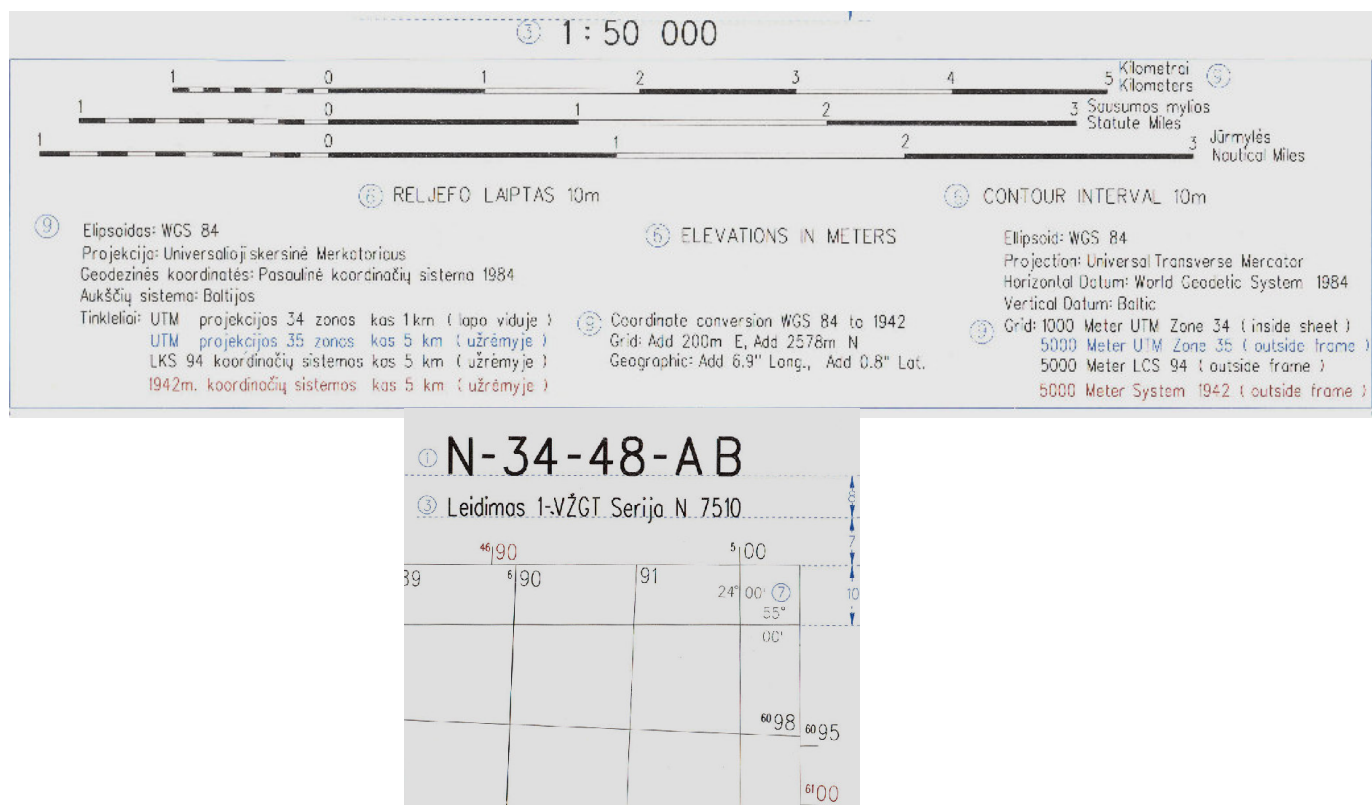
- spalvas ir spaudinių rodimus (raštus);

Geodezija ir kartografija geografinės informacijos infrastruktūros poreikiams. Mokomoji knyga

Juoda Black SPC 58600 *		tonas tone	Sutartinių ženklų kontūrai, charakteristikos, pavadinimai Symbols of features, dimensions, names
		20% 541 in./cm 21% 120 D *	Tankiai užstatytų miestų kvartalų tonas Tone of densely built-up blocks
Raudonai ruda Red-Brown SPC 61121 *		tonas tone	Greitkelių ir kietosios dangos kelių juosta ir reljefas Band of highways and hard surface roads, relief
		20% 481 in./cm 21% 120 D *	Valstybės sienos juosta Band of international boundary
Geltona Yellow SPC 57377 *		tonas tone	Žvyrkelių juosta Band of loose surface roads
Mėlyna Blue SPC 47651 *		tonas tone	Hidrografija Drainage
		20% 541 in./cm 21% 120 D *	Vandens plotai Water area
		1:2 241 in./cm LP-13 *	Valstybės saugomos teritorijos ribos juosta Band of protected area boundary
Žalia Green SPC 52813 *		40% 481 in./cm 42% 120 D *	Mišakai ir sodų tonas Forests and tone of orchards
		20% 481 in./cm 21% 120 D *	Jaunuolynų ir krūmynų tonas Tone of nurseries and scrubs

Savybių vaizdavimo topografiniame žemėlapyje spalvos ir rodiniai iš leidinio „Lietuvos 1 : 50 000 mastelio topografinių žemėlapių specifikacijų reguliavimo normos. Pirmoji laida“

- išorinius išdėstymo elementus: mastelius, sutartinius ženklus, ribines linijas, tekstą, rėmelius ir kt.



Išoriniai žemėlapių apipavidalinimo elementai

6.3.4 Generalizacija

Topografinės kartografijos specifikacijos arba reguliavimo normos irgi numato apibrėžtas generalizacijos taisykles, apribojimus ir priemones:

- Pavyzdžiui, ežerai žemėlapyje turi būti rodomi, jei jie yra didesni nei 2 kv. mm ploto esant konkrečiam masteliui, upės – nuo 1 cm ilgio.
- Jei atstumas tarp pastatų grupėje yra mažesnis nei 0,2 mm, jie yra jungiami į blokus.
- Gyvenviečių gatvės vaizduojamos, jei jų plotis viršija 0,2 mm.
- Kontūrų linijos vaizduojamos 10 metrų intervalais.
- Kontūrų linijos braižomos su minimaliu 0,2 mm atstumu tarp kontūrų.
- 10 kv. cm žemėlapių plote rodoma 10 geodezinių kontrolinių taškų.
- Vaizduojami tik pagrindiniai kranto linijos vingiai.

Reikia apibrėžti generalizacijos metodų taikymo seką. Pavyzdžiui, pirmiausia reikia apibendrinti hidrografinius elementus, po to – gyvenvietes, kelius ir t. t.

6.3.5 Technologiniai procesai

Topografinio žemėlapių sudarymas apima seką technologinių operacijų, kurias taip pat reglamentuoja kartografijos reguliavimo normos. Šios reguliavimo normos apima visus topografinio žemėlapių sudarymo proceso aspektus.

Žemėlapių sudarymo procesas susideda iš kelių procedūrų. Jas galima suskirstyti į tris plačias kategorijas: planavimas, sudarymas ir dauginimas. Šių kategorijų procesai – tai tyrimas, kompiliavimas, generalizacija, projektavimas ir išdėstymas, simbolika, kūrimas, redagavimas ir dauginimas. Faktiniame žemėlapių gamybos procese šios veiklos yra glaudžiai susijusios.

Technologiniai žemėlapių gamybos procesai apima šias operacijų grupes:

- Leidybos-parengiamieji darbai – apima duomenų rinkimą (vietovėje, iš statistinių šaltinių, iš kitų žemėlapių, vaizdų ir kt.), medžiagas ir specifikacijas, žemėlapių vietovės tyrimą, plano rengimą, kuriame numatomi kompiliavimo etapai ir skaitmeninimo, kodavimo, generalizacijos, redagavimo, duomenų valymo, simbolikos bei kt. taisyklės.
- Kompiliavimo ir projektavimo etapais kartografas arba GIS technikas pagal šiuolaikines žymėjimo specifikacijas, žemėlapių sudarymo reguliavimo normas ir redaktoriaus instrukcijas topografiniam žemėlapiui paruošia simbolikos lapus (čia gali būti įtrauktas ir generalizacijos veiksmas).
- Kitas etapas – tai žemėlapių redagavimas ir redaktoriaus atliekamas koregavimas.
- Paskutinis etapas – dauginimas. Šiuo etapu numatytas pasirengimas spausdinti žemėlapius ir faktinė žemėlapių dauginimo poligrafija. Kartografas gali būti ir neįtraukiamas į faktinius spausdintų žemėlapių gamybos procesus, tačiau kadangi dauginimas yra susijęs su visais kitais žemėlapių sudarymo proceso etapais, jie turi būti susipažinę su dauginimo metodais. Žemėlapiams gaminti vis dažniau naudojant kompiuterius, kartografas dažniausiai įtraukiami į visus minėtus etapus.

Panašūs etapai naudojami ir kai reikia atnaujinti esamus topografinius žemėlapius.

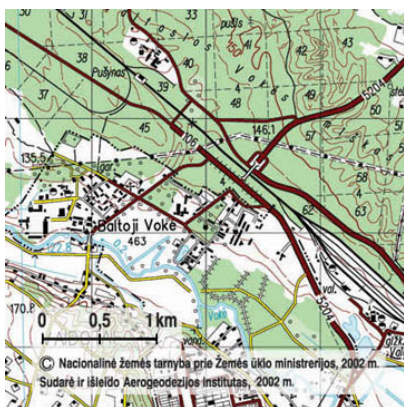
Naujos technologijos keičia tradicinių žemėlapių gamybą ir naudojimą. Toliau pateikiami keli šiuolaikiniai technologiniai topografinių žemėlapių gamybos metodai:

- Stambaus mastelio topografiniai žemėlapiai gali būti kuriami naudojant antžeminio arba lauko topografinio tyrimo duomenis.
 - Topografinių žemėlapių kūrimui naudojami keli antžeminiai metodai (pvz., žvalgymas iš lėktuvo, totalinės stotys ir kt.).
 - Šiais tyrimo metodais gauti duomenys naudojami kuriant atitinkamo mastelio topografinius žemėlapius.
 - Tyrimo duomenys gali būti braižomi kaip taškai, linijos ir poligonai, įrašomi į topografinių duomenų bazę bei vėliau naudojami sudarant topografinius žemėlapius.



1 : 500 mastelio savivaldybės topografinis žemėlapis

- Sudarant stambaus ir vidutinio mastelio žemėlapius, galima naudoti aeronuotraukas ir (arba) palydovų vaizdus.
 - Fotogrametriniai ir nuotolinio nuskaitymo metodai gali būti naudojami vaizdų korekcijai ir informacijos apie aukštį gavimui (pvz., automatinis stereo-sudarymas), skaitmeninimo metodai yra naudojami gauti vektorinius plokštuminius topografinius duomenis. Visi duomenys gali būti laikomi topografinėje duomenų bazėje ir panaudojami vėliau topografiniams žemėlapiams sudaryti.
 - Šis metodas taip pat yra naudojamas naujinant topografinius žemėlapius.
 - Taigi, Lietuvos 1 : 50 000 mastelio baziniams topografiniams žemėlapiams sudaryti buvo naudojami palydovų nufotografuoti vaizdai. Visam Lietuvos plotui padengti pakanka 133 žemėlapių.



1 : 50 000 mastelio Lietuvos topografinis žemėlapis

- Erdvinių ir atributų duomenų gavimui vidutinio ir stambaus mastelio topografiniams žemėlapiams sudaryti galima naudoti esamų topografinių skaitmeninių erdvinių duomenų rinkinius arba duomenų bases.
 - Daugelis skaitmeninių erdvinių duomenų yra renkami iš esamų topografinių žemėlapių skaitmeninimo būdu.
 - Duomenys iš skaitmeninių žemėlapių gali būti naudojami:

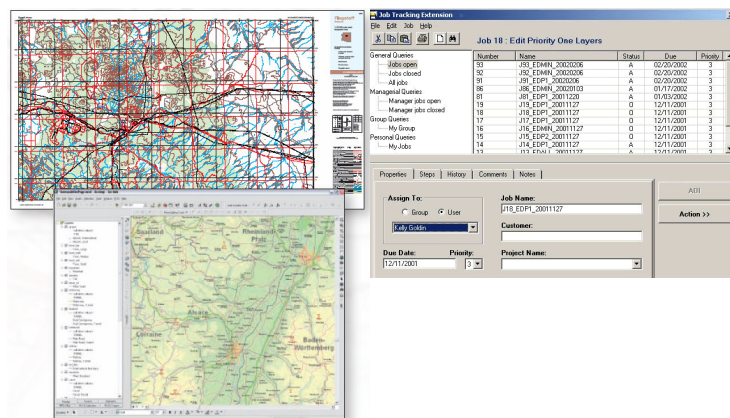
- Jei skaitmeninio duomenų rinkinio erdvinė skiriamoji geba (detalumo lygis) yra artima žemėlapiio masteliui, tuomet nereikės atlikti daug kartografinės generalizacijos procedūrų.
- Jei šaltinio detalumo lygis neatitinka sukompiliuoto topografinio žemėlapiio mastelio, gali tekti atlikti daug generalizacijos darbų ir tai gali ilgai užtrukti. Šis žemėlapiio sudarymo procesas yra naudojamas imant stambaus mastelio duomenis ir sudarant smulkaus mastelio žemėlapius.
- Erdvinius duomenis taip pat galima gauti iš skaitmeninių duomenų bazių, kuriose laikomi žemės tyrimo ir (arba) fotogrametrinių metodų duomenys.
 - Šiuos duomenis taip pat galima naudoti smulkesnio mastelio nei originalių duomenų šaltinių topografinių žemėlapių sudarymui.
- Be to, topografiniams žemėlapiams sudaryti galima taikyti pirmiau pateiktų metodų kombinaciją.

Paprastai taikoma taisyklė, kad smulkesnio mastelio (arba mažesnio detalumo) topografiniam žemėlapiui sudaryti turi būti naudojami detalesni stambesnio mastelio duomenų šaltiniai. Pavyzdžiui, 1 : 8 000 mastelio aeronuotraukos gali būti naudojamos 1 : 10 000 mastelio žemėlapiams atnaujinti.

Skaitmeninių žemėlapių kompiliavimo ir spausdinimo procesams, kurie gali apimti tam tikrą operacijų seką, vykdyti naudojama GIS, nuotolinio nuskaitymo, tyrimo, braižymo (pvz., *Survey Analyst*), žemėlapių spausdinimo ir žymų išdėstymo programinė įranga. Šios operacijos gali būti iš anksto apibrėžiamos žemėlapiio redagavimo instrukcijose ir jas gali iš anksto suprogramuoti GIS analitikas.

Pavyzdžiui, technologiniams žemėlapiio kompiliavimo duomenų srauto veiksams atlikti žemėlapiio redaktoriaus gali naudoti *PLTS tools for ArcGIS*. Šios programos modulis *Mapping Agency Solution* pateikia priemones, leidžiančias per nuoseklų procesą (duomenų kontrolę, žemėlapių valdymas, užduočių srautų sekimas ir kt.) racionalizuoti žemėlapių produktus. Modulio *Mapping Agency Solution* funkcijos:

- Skaitmeninių ir spausdintų žemėlapių generavimas.
- Automatinis žemėlapių valdymas.
- Duomenų baze grindžiamas patvirtinimas ir simbolika.
- Taisyklėmis grindžiamas žemėlapiio aplinkos išdėstymas.
- Simbolių rinkinio valdymas ir redagavimas.
- Žemėlapiio projekcijos generavimas ir valdymas.



Production Line Tool Set (PLTS), ESRI

Dalies klausimai savarankiškam darbui:

1. Kas yra vaizdiniai projektavimo kintamieji?
2. Kurie iš jų yra susiję su nominalo duomenimis?
3. Kokios yra trys spalvos sudedamosios dalys?
4. Ką reiškia ryškiai raudonos spalvos naudojimas bet kurių elementų atžvilgiu?
5. Kokie objektai (be vandenynų) topografiniame žemėlapyje yra paprastai vaizduojamos mėlynais raštais?
6. Kodėl kontūrų linijos niekada negali susikirsti, susilieti ar išsiskirti?
7. Koks pagrindinis kontūrų intervalas naudojamas 1 : 50 000 mastelio topografiniuose Lietuvos žemėlapiuose ir kokiais vienetais jis išreikštas?
8. Kas yra *kontūro intervalas*?

Privaloma literatūra

1. **The Cartographer's Palette: The Semiotics of Cartography**, The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado, http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/cartocom/cartocom_f.html
2. **Integration of Cartographic Generalization and Multi-Scale Databases for Enhanced Web Mapping**, Alessandro Cecconi, http://e-collection.ethbib.ethz.ch/ecol-pool/extdiss/extdiss_6.pdf
3. **Topographic Mapping**, USGS, <http://erg.usgs.gov/isb/pubs/booklets/topo/topo.html>
4. **Chapter 2: How maps inform**, Modeling Our World, Zeiler, M., ESRI Digital Library, 1999.
5. **Canadian Topographic Maps Chapters**, Centre for Topographic Information, http://maps.nrcan.gc.ca/index_e.php

ESRI virtualusis kursas

- **1 dalis. Didelės nuotraukos projektavimas**
- **2 dalis. Pagrindinis tipas**, žemėlapių projektavimas naudojant ArcGIS 9

Užduotis

- **6 užduotis:** Topografinio žemėlapių sudarymas GIS

Literatūra

- [1] Thematic Cartography and Geographic Visualization, Terry A. Slocum, Robert B. McMaster, Fritz C. Kessler, Hugh H. Howard, 2nd ed., 2004.
- [2] Elements of Cartography, Arthur H. Robinson, Joel L. Morrison, Phillip C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, Stephen C. Guptill, 6th ed., NY: John Wiley & Sons Inc., 1995.
- [3] The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado, <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/notes.html>

Vartojami terminai

▪ <i>Nominal scale</i>	– nominalo skalė
▪ <i>Ordinal scale</i>	– ordinalo skalė
▪ <i>Interval scale</i>	– intervalo skalė
▪ <i>Ratio scale</i>	– santykio skalė
▪ <i>Visual variable</i>	– vaizdinis kintamasis
▪ <i>Model-based generalization</i>	– generalizacija modeliu
▪ <i>Object-based generalization</i>	– objektų generalizacija
▪ <i>Cartographic generalization</i>	– kartografinė generalizacija
▪ <i>Controls of generalization</i>	– generalizacijos valdikliai
▪ <i>Selection</i>	– atranka
▪ <i>Simplification</i>	– supaprastinimas
▪ <i>Collapse</i>	– sutraukimas
▪ <i>Aggregation</i>	– agregavimas
▪ <i>Amalgamation</i>	– amalgamavimas
▪ <i>Typification</i>	– tipifikavimas
▪ <i>Exaggeration</i>	– didinimas
▪ <i>Displacement</i>	– perslinkimas
▪ <i>Smoothing</i>	– glodinimas
▪ <i>Classification</i>	– klasifikavimas
▪ <i>Measure</i>	– priemonė
▪ <i>Constrain</i>	– apribojimas
▪ <i>National topographic system</i>	– nacionalinė topografinė sistema
▪ <i>Scale series</i>	– masteliai
▪ <i>Topographic map index</i>	– topografinio žemėlapių indeksas

7 Teminiai žemėlapiai

Šioje dalyje aprašomi ir aptariami teminės kartografijos ypatumai. Nagrinėjama teminių žemėlapių sandara ir elementai, žemėlapių simboliai (ankstesnės dalies tęsinys) ir skaitinių duomenų klasifikavimo metodai. Apžvelgiamos taškinės, linijinės ir plotinės teminių simbolių konstrukcijos bei statistinių paviršių ir reljefo vaizdavimas teminiuose žemėlapiuose.

Dalies turinys

1 tema. TEMINĖ KARTOGRAFIJA

- Teminių žemėlapių elementai
- Pagrindo ir teminės komponentės
- Skaitinių duomenų klasifikavimas

2 tema. TEMINIO SIMBOLIZAVIMO METODAI

- Taškinių elementų simboliai
- Linijinių elementų simboliai
- Plotinių elementų simboliai
- Statistiniai paviršiai
- Reljefo vaizdavimas

7.1 Teminiai žemėlapiai

Kaip jau minėjome pirmojoje šio kurso dalyje, žemėlapiai pagal paskirtį klasifikuojami į bendros paskirties (pvz., bendrieji geografiniai žemėlapiai ir topografiniai žemėlapiai) ir teminius (pvz., klimato, laiko zonų, meteorologiniai, augmenijos ir kiti žemėlapiai). Bendruosius geografinius ir topografinius žemėlapius aptarėme ankstesnėje dalyje. Geografiniuose žemėlapiuose paprastai vaizduojami gamtiniai ir kultūriniai tikrojo pasaulio objektai. Šiuose žemėlapiuose svarbiausia kuo tiksliau nurodyti objektų vietą ir išsidėstymą ir atvaizduoti pasaulio ar kurios nors jo dalies objektų įvairovę.

Kita didelė žemėlapių grupė yra teminiai žemėlapiai. **Teminė kartografija** – tai fizinių ir kultūrinių reiškinių arba jų abstrakcijų vaizdavimas žemėlapiuose. Teminiai žemėlapiai kartais vadinami specialios paskirties, statistiniais, pasiskirstymo, parametriniais ir planimetriniais žemėlapiais. Apskaičiuota, kas apie 85 proc. visų šiomis dienomis gaminamų žemėlapių yra teminiai. Dabartinis teminių žemėlapių gamybos ir naudojimo augimas tikriausiai susijęs su kompiuterinės kartografijos sistemų atsiradimu, kuriomis galima greitai kurti įvairiausių temų žemėlapius.

Bet kokios temos žemėlapis kuriamas vienu ar dviem pagrindiniais tikslais:

1. suteikti informaciją apie tai, kokie reiškiniai ir koku mastu vyksta įvairiose vietose – taigi, sukurti *duomenų saugojimo* mechanizmą;
2. atvaizduoti geografinių reiškinių charakteristikas žemėlapyje, kad atsiskleistų jų erdvinė tvarka ir struktūra – taigi, parodyti *erdvinius ryšius*.

7.1.1 Teminių žemėlapių elementai

Teminių žemėlapių paskirtis – atvaizduoti tam tikrus geografinius objektus ar sąvokas. Pagrindinis visų teminių žemėlapių tikslas – pavaizduoti „*tam tikro geografinio pasiskirstymo struktūrines charakteristikas*“. Teminiuose žemėlapiuose vaizduojamos tokios geografinės sąvokos kaip tankis, pasiskirstymas, santykiniai dydžiai, gradientai, erdviniai ryšiai ir srautai.

Teminiai žemėlapiai rodo su viena ar keliomis temomis (arba nagrinėjamais klausimais ar dalykais) susijusių atributų **erdvinį pasiskirstymą**. Vieną atributą vaizduojantys žemėlapiai vadinami „vienmačiais žemėlapiais“ (pvz., dirvožemio tipo, augmenijos, geologiniai, žemės naudmenų, žemės nuosavybės ir pan.). Kelis atributus vaizduojantys žemėlapiai vadinami „daugiamačiais žemėlapiais“ (pvz., demografinių struktūrų, prekių pasiskirstymo, ekonominių charakteristikų ir pan.).

Kiekvieną teminių žemėlapių sudaro dvi dalys:

- geografinis arba **bazinis žemėlapis** ir
- **temos** komponentė.

Geografinis **bazinis žemėlapis** suteikia temai atskaitos sistemą. Baziniame žemėlapyje pavaizduoti ir topografiniai elementai, todėl pagal jį galima įsivaizduoti tikrąją temos objektų vietą ir orientaciją. Baziniame žemėlapyje reikia rodyti tik tą informaciją, kuri padėtų išreikšti temos turinį. Teminių žemėlapių pagrindu naudojami topografiniai žemėlapiai dažnai būna labai supaprastinti – paprastai iki minimalaus lygio, kurio pakanka teminiam žemėlapiui interpretuoti. Baziniai temų žemėlapiai dažnai daromi iš aeronuotraukų, palydovinių vaizdų ar fotografinių žemėlapių. Paprastai darbui geriau naudoti stambaus mastelio bazinius

žemėlapius, o galutiniams teminiams žemėlapiams – smulkesnio mastelio žemėlapius ir jų pradinius duomenis.

Baziniuose žemėlapiuose pateikiami šie pagrindiniai topografiniai elementai (aptarti ankstesnėse dalyse):

- geografinių arba stačiakampių koordinačių tinklelis;
- hidrografiniai elementai;
- reljefas;
- gyvenvietės;
- transporto tinklai;
- administraciniai vienetai;
- geografiniai pavadinimai.

Nors skirtingiems teminiams žemėlapiams gali geriau tikti vienos ar kitos geografinės projekcijos, nėra jokių vyraujančių standartų ar specifikacijų, nurodančių, kurią žemėlapių projekciją reikia rinktis konkrečiu atveju. Kuri projekcija geriausiai tiks teminiam žemėlapiui, priklausys nuo:

- žemėlapių paskirties;
- žemėlapių mastelio;
- vaizduojamos srities vietos, formos ir dydžio.

Reikia nuspręsti, kurias savybes teminiame žemėlapyje atvaizduoti svarbiausia. Pavyzdžiui, vaizduojant pasiskirstymą tam tikrame plote, reikia lygiaplotės projekcijos, o navigacinėms schemoms reikia lygiakampės projekcijos. Žemėlapių projekcijos ypač svarbios kuriant smulkus mastelio teminius žemėlapius.

Teminius žemėlapius galima klasifikuoti pagal kelis požymius. Pagal turinį teminius žemėlapius galima suskirstyti į dvi dideles grupes:

- fizinio pasaulio žemėlapius,
- žmonių pasiskirstymo ir veiklos žemėlapius.

Be to, teminius žemėlapius galima toliau skirstyti į dvi grupes pagal temos duomenų matavimo **skalę**:

- *Kokybiniai* teminiai žemėlapiai rodo erdvinį rūšinių (nominalinių) duomenų pasiskirstymą. Pavyzdys – kalbų grupių pasiskirstymo žemėlapis.
- *Kiekybiniai* teminiai žemėlapiai parodo kategorinių ir skaitinių duomenų – ranginių (rikiuotų tam tikra tvarka), intervalinių bei santykinių (kiek skiriasi) – erdvinius aspektus. Pavyzdžiui, pasirenkamas vienas kintamasis (javai, temperatūra, žmonės, pajamos ir pan.), ir žemėlapyje vaizduojamos jo vertės įvairiose vietose.

Objektų savybėms arba reiškiniams teminiuose žemėlapiuose vaizduoti naudojami simboliai ir jų grafiniai (regimi) kintamieji. Kiekvienam duomenų tipui reikia parinkti tinkamus grafinius kintamuosius. Matavimų skales ir grafinius kintamuosius aptarėme ankstesnėje dalyje. Lentelėje nurodyta, kurie grafiniai kintamieji tinka vaizduoti kokybinius ar kiekybinius įvairių skalių teminius duomenis.

Grafinis kintamasis	Matavimo skalė		
	Kokybinis	Kiekybinis	
	Nominalinis	Ranginis	Intervalas / santykis
Dydis			
Forma			
Orientacija			
Tekstūra			
Orientacija (tekstūra)			
Atspalvis (spalva)			
Vertė (spalva)			

	– patogus
	– tinkamas
	– netinkamas

Grafinių kintamųjų tinkamumas įvairių skalių duomenims vaizduoti

7.1.2 Duomenų klasifikacija

Kokybinius nominalinės skalės duomenis galima vaizduoti **unikaliais** simboliais ir tinkamais grafiniais kintamaisiais. Pavyzdžiui, politinės ar administracinės sritis žemėlapyje galima vaizduoti skirtingomis spalvomis (reikia bent keturių atspalvių – keturių spalvų teorema).

Ranginius duomenis galima vaizduoti **graduotais** simboliais. Pavyzdžiui, skirtingi raudonos spalvos tonai (šviesio lygiai) gali atitikti skirtingus ranginius nusikalstamumo intervalus (pavojinga, mažiau pavojinga arba rami situacija).

Skaitinių verčių intervalus ir santykius galima vaizduoti:

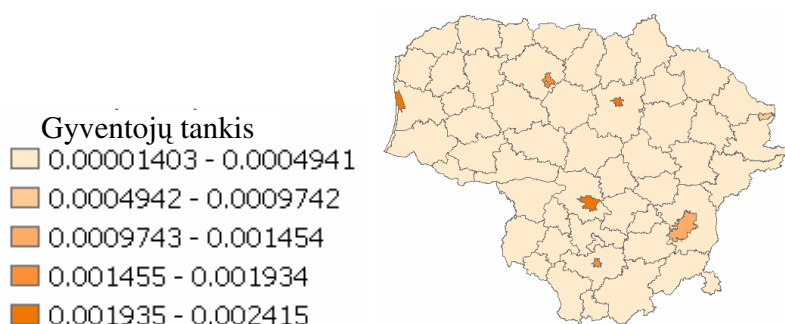
- **proporciniais** simboliais – simbolių dydis proporcingas vaizduojamam kiekiui;
- **graduotais** simboliais – simboliai atitinka atskiras absoliučias vertes, gautas perklasifikavus santykių arba intervalų skalę į ranginę.

Kad skaitinius duomenis būtų galima pavaizduoti graduotais simboliais, juos reikia suskirstyti į klases tam tikrais skaitiniais intervalais. Graduotų simbolių klasių intervalus galima nustatyti įvairiai. Populiariausi intervalų pasirinkimo metodai yra:

- lygių intervalų;
- lygių plotų;
- standartinio nuokrypio;
- kvantilių;
- natūralių ribų;
- aritmetinės progresijos;

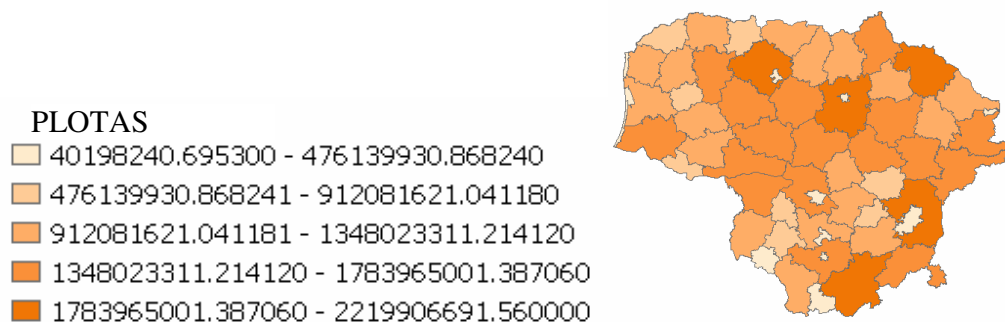
- geometrinės progresijos.

Skirstant duomenis *lygių intervalų* metodu, visas atributų diapazonas padalinamas iš klasių skaičiaus, ir gaunamas intervalo dydis (skirtumas tarp intervalų). Klasių ribos nustatomos taip: prie mažiausios vertės pridėjus intervalo dydį, gaunama viršutinė pirmosios klasės riba; prie pastarosios pridėjus intervalo dydį, gaunama viršutinė antrosios klasės riba, ir taip toliau, kol pasiekama viso diapazono viršutinioji riba. Lygių intervalų metodas tinka tada, kai svarbiausia pavaizduoti atributo vertės ryšį su kita atributo verte (pvz., reikia parodyti, kad tam tikra savivaldybė pagal gyventojų tankį patenka tarp paskutiniųjų 20 proc. savivaldybių). Šis metodas netinka, jei reikia perteikti nedidelius panašių verčių skirtumus.



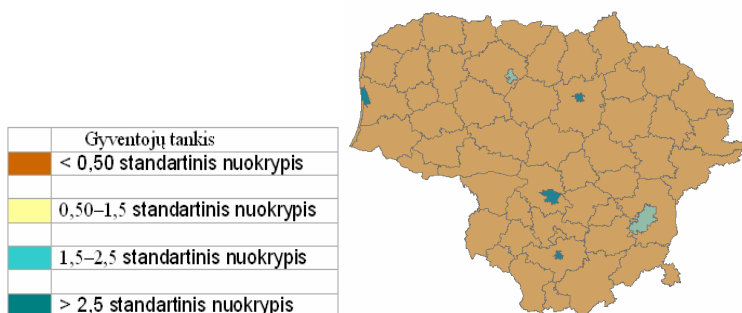
Lygių intervalų metodas

Lygių plotų metodu klasifikuojami poligonai – randamos tokios atributų intervalų ribos, kad kiekvienos klasės poligonų plotų suma būtų beveik vienoda. Jei yra labai didelių poligonų, paprastai prasčiau matomi gyventojų skaičiaus skirtumai mažesnėse geografinėse srityse.



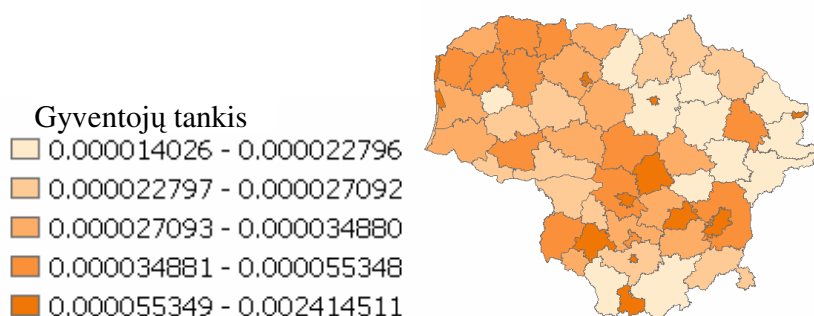
Lygių plotų metodas

Standartinio nuokrypio metodas tinka vaizduoti atributų verčių skirtumams nuo visų verčių vidurkio. Pirmiausia nustatomas verčių skirstinio vidurkis ir standartinis nuokrypis, tada klasių ribos sužymimos į abi puses nuo vidurkio kas 1, 0,5 arba 0,25 standartinio nuokrypio. Šis metodas efektyviausias tada, kai skirstinys atitinka normalųjį skirstinį (varpo formos kreivė). Standartinis nuokrypis yra verčių sklaidos matas. Jei visos skirstinio vertės vienodos, sklaidos nėra.



Standartinio nuokrypio metodas

Kvantiliai – tai klasės, turinčios maždaug po lygiai elementų. Gali būti, kad aukščiau ar žemiau klasės ribų esančių elementų vertės bus beveik tokios pačios – todėl šis metodas geriausiai tinka duomenų rinkiniams, kuriuose nėra daug elementų su panašiomis vertėmis. Jei nagrinėjamų sričių plotai labai skiriasi, kvantilių būdu gauta gali būti apgaulinga, ypač jei norima gauti vienodą kiekvienos klasės plotą.

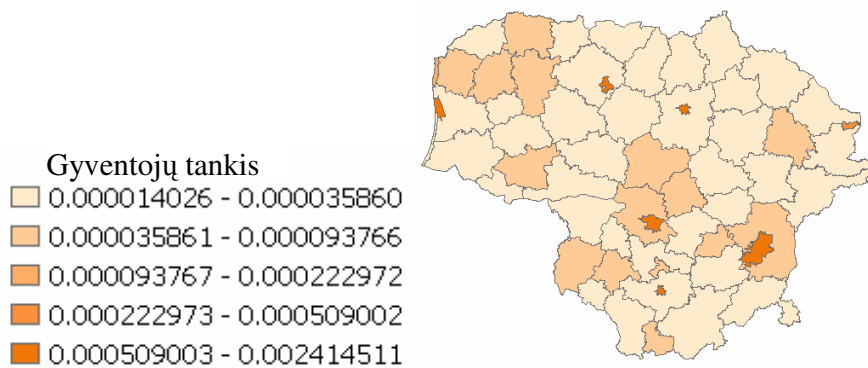


Kvantilių metodas

Natūralių ribų metodu ribos nustatomos pagal duomenų rinkiniui būdingas grupes ir išsidėstymus. Šiuo metodu panašios vertės suskirstomos į natūralias grupes. Natūralias ribas galima gauti įvairiais būdais. Pavyzdžiui:

- kategorijas galima nustatyti grafiškai – iš histogramos pagal dažnio ribas arba grafiko statumo pokyčius;
- iteraciniais algoritmais galima surasti tinkamiausią natūralių ribų klasifikaciją ir kiekybiškai įvertinti jos tinkamumą.

Jei reikia vaizduoti verčių pasiskirstymą, šiuo metodu galima gauti kategorijas, gana tiksliai atitinkančias bazinį duomenų modelį.



Natūralių ribų metodas

Kompiuterinės sistemos leidžia kartografams keisti teminių duomenų pateiktį pagal savo poreikius. Dauguma GIS ir kompiuterinių žemėlapių sudarymo programų turi priemonės intervalų ir santykių duomenims vaizduoti graduotais simboliais.

7.2 Teminio simbolizavimo metodai

Galima manyti, kad geografiniai arba erdviniai reiškiniai egzistuoja taškuose, linijose, plotuose arba tūriuose. Praeitoje dalyje minėjome, kad tikrojo pasaulio objektus ir reiškinius žemėlapyje galima vaizduoti taškiniais, linijiniais, ploto ir tūriniais simboliais. Kartu su šiais simboliais galima pateikti tekstą (anotacijas). Tūriniais simboliais vaizduojamas erdvinio reiškinio vertikalus arba matmuo arba intensyvumas. Žymos ir tekstas skirti pavadinimams, kryptims, atstumams ir panašiai informacijai nurodyti. Tačiau rūpintis reikia tuo, ką simbolis vaizduoja, o ne kaip jis atrodo. Pavyzdžiui, taškinis simbolis gali vaizduoti miestą – plotą turintį objektą, o kontūro linija gali vaizduoti sritį, kuri gali būti ir tam tikras tūris.

Kodėl reikia simbolių? Aišku, žemėlapyje viską galėtume surašyti ir tekstu, bet teksto kiekis greitai taptų milžiniškas. Simboliai yra patogus būdas pavaizduoti svarbiausius elementų atributus. Juos lengva suprasti ir įsiminti, jie gali būti (bet nebūtinai yra) intuityvūs, jie užima nedaug vietos.

Pavertus atributus simboliais:

- greičiau suprantami erdviniai ryšiai;
- geriau palyginami atributai;
- galima vienu metu perteikti erdvinę ir atributų informaciją.

Simboliai nieko nereiškia be konteksto – daugumą šių simbolių mes suprantame tik todėl, kad bendraujame kalba ir gyvename technologinėje visuomenėje. Mūsų visuomenę sudaro daugybė labai skirtingų profesinių grupių: geografs, sunkvežimio vairuotojai, padavėjai ir kt. Todėl kartografas turi aiškiai žinoti savo auditoriją.

Jis turi išspręsti dvi užduotis: simbolių pasirinkimo ir simbolių dizaino. Simbolių *pasirinkimas* – tai nustatymas, kuris simbolių tipas pagal kartografo turimą reiškinio koncepciją geriausiai tinka tam tikrai diskrečiai savybei vaizduoti. Kuriant simbolių *dizainą*, reikia įvertinti reiškinio charakteristikas, pasirinkti tinkamus simbolio grafinius kintamuosius bei nustatyti duomenų matavimo skalę ir kokybę, kad žemėlapis kuo geriau atitiktų konkrečių paskirtį ir auditoriją.

Pagrindiniai simbolių pasirinkimo principai yra aiškumas ir tinkamumas.

- Reikia pasirinkti aiškius ir lengvai atpažįstamus simbolius.
- Simboliai turi atitikti žemėlapio paskirtį ir auditoriją.
- Renkantis simbolius, reikia atsižvelgti į geografinio reiškinio koncepciją, nustatyti pagrindinius reiškinio atributus, apibrėžti žemėlapio paskirtį arba temą, įvertinti duomenų kokybę, pobūdį ir matavimo skalę, žemėlapio naudotojų sugebėjimus, kartografinės konvencijos ir simbolių suderinamumą.

Žemėlapių simbolių **klasifikacijos** pagrįstos įvairiais požymiais. Dažnai tam naudojamas simbolių **dydis**.

Žemėlapyje simbolis nurodo reiškinio vietą, pobūdį ir kartais vertę. Simbolio vieta žemėlapyje tam tikru tikslumu atitinka tikrąją objekto vietą. Kadangi žemėlapiai dvimačiai, tai, griežtai kalbant, duomenis vaizduoti įmanoma tik trijų tipų žymenimis:

- taškais,
- linijomis,

- plotais.

Tai yra trys pagrindiniai žemėlapių simboliai. Trimačius ir keturmačius simbolius ant popieriaus ar kompiuterio ekrane galima tik imituoti.

Kaip jau minėjome, svarbu prisiminti, kad taškais vaizduojami ne tik taškiniai reiškiniai – jais galima vaizduoti ir plotinius reiškinius (pvz., miestą). Taip pat ir linijiniai simboliai (kontūrų linijos) gali vaizduoti tūrius.

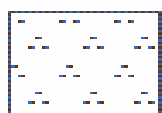
Kitas simbolių klasifikavimo būdas – pagal **erdvinių savybių pabrėžimą**. Tai yra, pagal tai, kuriuos elementus žemėlapyje reikia akcentuoti. Tokiose klasifikacijose taškinų, linijinių ir plotinių elementų erdvinės charakteristikos atspindintys simboliai naudojami daugiausiai.

Grafiniai kintamieji leidžia diferencijuoti žemėlapių simbolius pagal vaizduojamas savybes ar vertes. Pavyzdžiui, simbolius galima klasifikuoti pagal formą arba tekstūrą:

- abstraktūs, laisvai pasirenkami arba geometriniai
 - simbolio forma nesusijusi su vaizduojamo objekto forma.
- asociatyvūs (arba semimimeziniai)
 - simbolio forma yra tam tikra užuomina į vaizduojamą objektą, pavyzdžiui, kryžius simbolizuoja ligoninę, o taisyklingai išdėstyti taškai – kupstais augančią žolę.
- iliustruoti, replikaciniai arba mimeziniai
 - forma atitinka vaizduojamą objektą.



Abstraktūs
simboliai



Asociatyvūs
simboliai



Iliustruoti
simboliai

Žemėlapių simbolių klasifikavimas pagal formą arba tekstūrą

Formos ir *tekstūros* kintamieji naudojami nominaliniams duomenims vaizduoti. Linijinio simbolio forma – tai linijos stilius (pvz., linija gali būti vientisa, brūkšninė, taškinė ir pan.). Forma nėra plotinių simbolių grafinis kintamasis, tačiau šiuos simbolius galima sudaryti iš įvairių mažesnių formų ir tekstūrų turinčių žymenų.

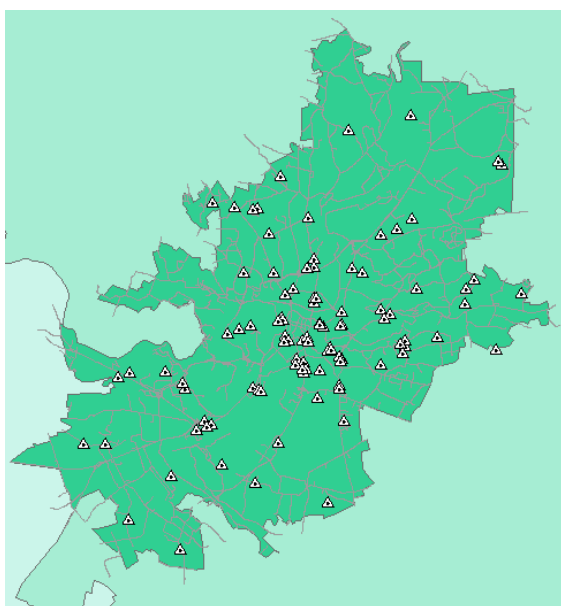
Paprastai ranginių, intervalinių ir santykinų duomenų vertės dydis vaizduojamas simbolio *dydžiu*. Jei miestai vaizduojami taškais, taško dydį galima keisti atsižvelgiant į gyventojų skaičių mieste. Jei objektai vaizduojami linijiniais simboliais, santykinę svarbą arba tikrąją savybės vertę galima pavaizduoti skirtingu ilgiu ir linijos pločiu. Plotinių simbolių dydis simbolizavimo prasme nėra grafinis kintamasis.

7.2.1 Taškinių elementų simboliai

Galimi taškinių simbolizavimo būdai:

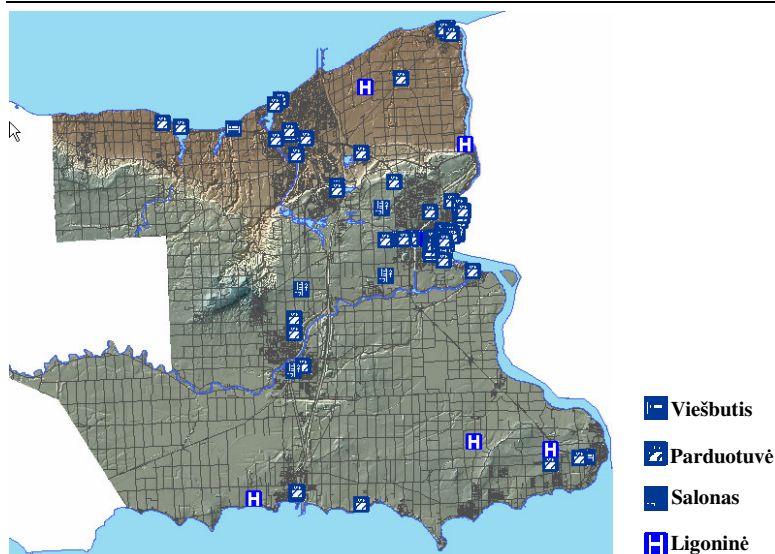
- vienas taškinis simbolis visiems taškams;
- kokybiniai taškiniai simboliai – skirtingi simboliai skirtingoms vertėms;
- kiekybiniai taškiniai simboliai – simbolių dydis priklauso nuo atributo vertės:
 - proporciniai simboliai,
 - graduoti simboliai.

Vieninteliu taškiniu simboliu vaizduojamos vienos temos (vienos nominalinės vertės) duomenų vietos ir duomenų pasiskirstymas. Taigi, visų simbolių grafinių kintamųjų vertės tos pačios. Šiuos simbolius reikia pasirinkti kruopščiai, atsižvelgiant į auditoriją.



Žemėlapis su vieninteliu taškiniu simboliu (pirmos klasės geodeziniai punktai Vilniuje)

Kokybiniai taškiniai simboliai – tai nominaliniai simboliai, kurie skiriasi forma, orientacija ir spalva. Kokybinių taškinių simbolių dydžio ar tono keisti nederėtų, nes šie grafiniai kintamieji simbolizuoja verčių ar kiekio skirtumus (išimtis – šių simbolių dydis gali būti skirtingas, jei jie priklauso ir kiekybinių žemėlapių simbolių klasei). Šiuos simbolius reikia pasirinkti kruopščiai, atsižvelgiant į auditoriją.

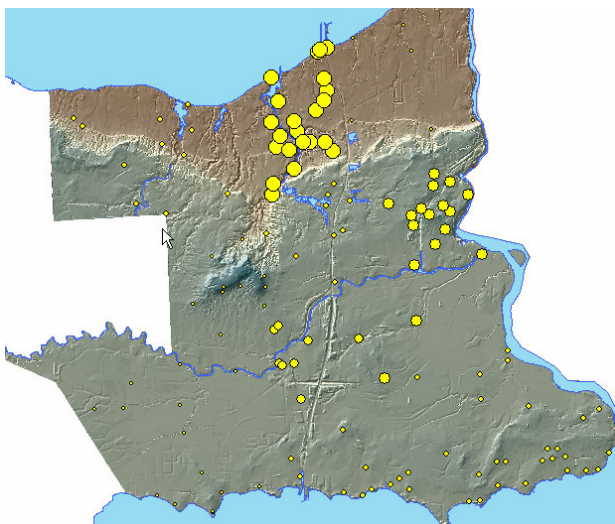


Žemėlapis su kokybiniais taškiniais simboliais (turizmo paslaugos Niagaros rajone)

Kiekybiniai taškiniai simboliai gali skirtis dydžiu arba tonu – šie parametrai priklauso nuo vaizduojamos vertės. Šiais simboliais vaizduojami ranginės, santykinės arba intervalinės matavimo skalės duomenys. Galimi šie vaizdavimo būdai:

- simboliai su vertės žyma
 - kiekybinė informacija pateikiama skaičiumi šalia kokybinio taškinio simbolio;
- kartojimo principas
 - vienas kokybinis taškinis simbolis atitinka tam tikrą vaizduojamos savybės vienetą. Jei tam tikroje vietoje šios savybės vertė yra n vienetų, atidedama n taškų;
 - simboliai žemėlapyje išdėstomi taisyklingai;
- proporciniai simboliai;
- graduoti simboliai.

Proporciniai taškiniai simboliai skiriasi dydžiu – dydis atitinka vaizduojamą kiekį. Tiksliai proporcingų simbolių plotas proporcingas vaizduojamam kiekiui. Pavyzdžiui, jei gyventojų skaičius mieste vaizduojamas proporciniu skrituliu, skritulio spindulys bus proporcingas kvadratinei šakniai iš gyventojų skaičiaus. Tikslios kiekio vertės vaizduojamos simbolių dydžiu. Todėl naudojami kintamo dydžio simboliai.

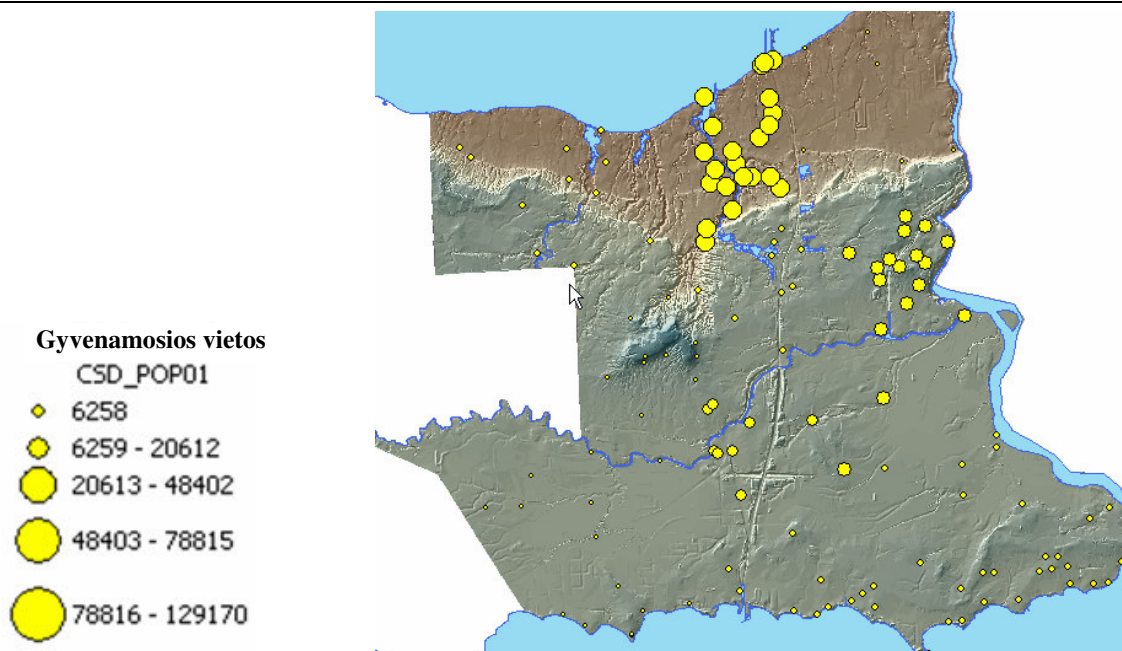


Žemėlapis su proporciniais taškiniais simboliais

Graduotais taškais arba intervaliniais simboliais vaizduojami iš intervalų ar santykių skalės į ranginę skalę perklasifikuoti duomenys. Graduotais simboliais vaizduojamos diskretinės absoliučios vertės. Graduoti taškiniai simboliai gali skirtis dydžiu arba tonu (kai kuriais atvejais galima keisti ir formą). Intervaliniais simboliais vaizduojami duomenys, suskirstyti į klases pirmiau minėtais būdais (pvz., natūraliomis ribomis). Pavyzdžiui, simbolių dydžiai žemėlapyje gali būti proporcingi klasių verčių intervalams.

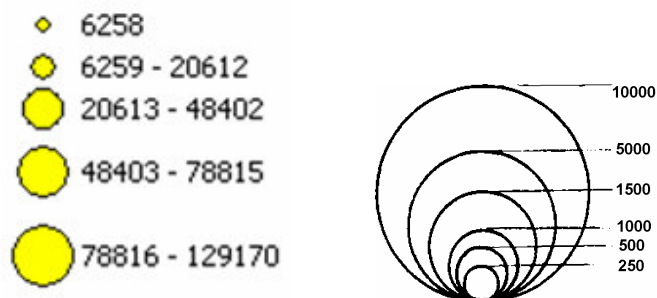
Gera praktika yra simbolius parinkti taip, kad jų plotas (pvz., skritulio plotas) būtų proporcingas vaizduojamos klasės ar kategorijos intervalo vidutinei vertei. Kartais kiekvienos kategorijos simbolių dydis pasirenkamas laisvai – taip, kad aiškiai matytųsi kategorijų skirtumas.

Graduoti simboliai būna įvairių formų – dažniausiai tai skrituliai, bet būna ir kvadratai bei trikampiai. Manoma, kad skritulys yra geriausia graduotų simbolių forma (pvz., jo nereikia orientuoti). Galima naudoti ir trimačius simbolius (pvz., sferas ir kubus), stulpelius ir diagramas bei kitas sudėtingas formas.



Žemėlapis su graduotais taškiniais simboliais

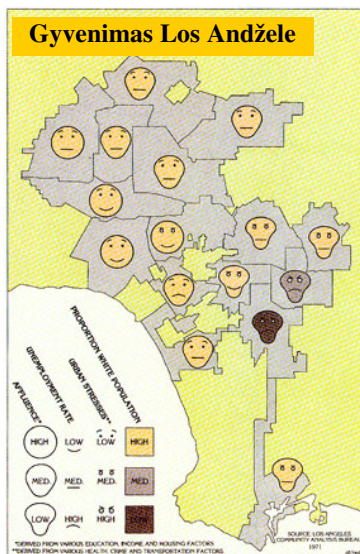
Kad būtų įmanoma suprasti, ką reiškia graduoti simboliai, reikia gerai sudaryti legendą. Simboliai žemėlapyje ir legendoje turi tiksliai sutapti. Kad žemėlapi būtų lengva skaityti, legenda turi būti suprantama be papildomų paaiškinimų. Pavyzdžiui, ant žemėlapi reikėtų užrašyti, kad skritulio dydis proporcingas vaizduojamai vertei. Reikėtų parodyti daugiau negu vieną simbolį ir kokią nors skalę, pagal kurią žemėlapi skaitytojas galėtų įvertinti legendoje nepavaizduotų simbolių dydį.



Graduotų simbolių legenda

Daugiamačiais simboliais vaizduojamos kelios su taškiniu ar plotiniu elementu susijusios vertės. Šis vaizdavimo būdas leidžia sutalpinti kelis kintamuosius į vieną simbolį. Pavyzdžiui, dviejų kintamųjų simboliais galima vaizduoti ūkių: dydis proporcingas darbininkų skaičiui, o elipsės forma atitinka ūkio pajamų lygį. Plona horizontali elipsė reiškia, kad ūkis laikosi gana gerai, stačios elipsės, priešingai, reiškia menkas pajamas.

Segmentuotais proporciniais simboliais (pvz., skrituliais arba *žiedinėmis diagramomis*) galima vaizduoti daugiau negu vieną graduotą taškų žemėlapi temą (pvz., pasėlių rūšis ir visą pasėlių plotą arba bendrą užregistruotų balsuotojų skaičių ir partijas, už kurias jie balsavo). Kurti daugiamačius simbolius galima įvairiais nestandartiniais būdais.



Daugiamačiai simboliai

Kartografiniams tikslams tinka ir įvairūs **grafikai** bei **diagramos**. Žemėlapiuose (arba intarpuose) grafikais ir diagramomis galima pateikti kiekybinę informaciją apie taškinius ir plotinius duomenis. Štai keli tipiški žemėlapių grafikų ir diagramų pavyzdžiai:

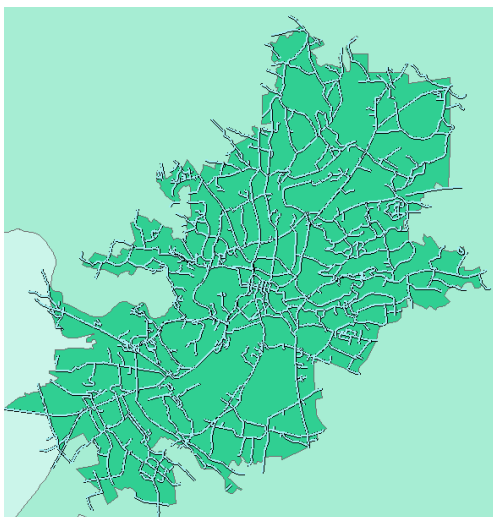
- linijiniai grafikai;
 - kelių linijų;
 - sudėtiniai;
- stulpelinės diagramos;
 - piramidės;
 - histogramos;
- skritulinės diagramos;
 - lentelės;
 - padalinti skrituliai;
 - ratai.

7.2.2 Linijinių elementų simboliai

Kartografijoje ir GIS plačiai naudojami šie linijinių elementų simbolizavimo būdai:

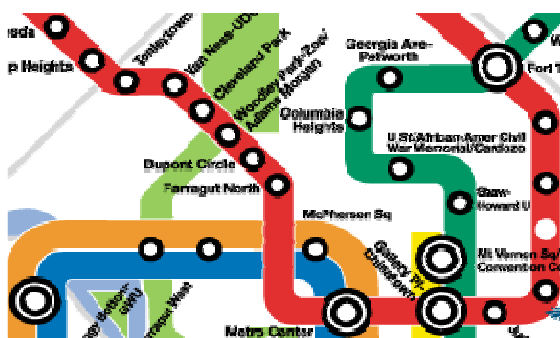
- vienintelis linijinis simbolis;
- kokybiniai linijiniai simboliai – skirtingų rūšių elementai vaizduojami skirtingų formų ir stilių simboliais;
- kiekybiniai linijiniai simboliai – skirtingos vertės vaizduojamos skirtingo pločio linijomis;
 - proporciniai linijiniai simboliai;
 - graduoti linijiniai simboliai;
- srauto linijiniai simboliai;
- rodyklių simboliai.

Vieninteliu linijiniu simboliu galima vaizduoti vienos temos (vienos nominalinės vertės) duomenų vietas ir pasiskirstymą. Visos teminio žemėlapių linijos vaizduojamos vienodai (pvz., visos upės vaizduojamos mėlynomis linijomis). Visų simbolių grafinių kintamųjų vertės yra tos pačios. Šiuos simbolius reikia pasirinkti kruopščiai, atsižvelgiant į auditoriją.



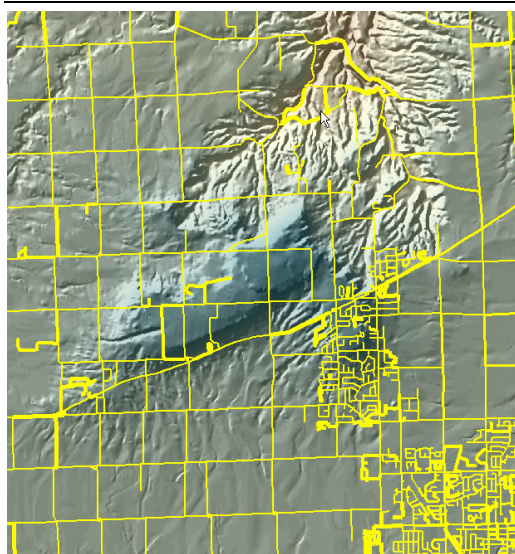
Žemėlapis su vieninteliu linijiniu simboliu (pagrindiniai Vilniaus keliai)

Kokybiniai arba **nominaliniai linijiniai simboliai** skiriasi linijos forma ir (ar) atspalviu. Nominalinės linijos naudojamos labai dažnai; jomis vaizduojamos įvairios tikros linijos, pavyzdžiui, gatvės, upės, ribos ir kt. Kokybinių linijinių simbolių dydžio ar tono keisti nederėtų, nes šie grafiniai kintamieji simbolizuoja verčių ar kiekio skirtumus (išimtis – šių simbolių plotis gali būti skirtingas, jei jie priklauso ir kiekybinių žemėlapių simbolių klasei). Šie simboliai kartais sudaro tam tikrą hierarchiją, pavyzdžiui, viengubos linijos vaizduoja apskritųjų ribas, dvigubos – valstybių sienas. Tokiu atveju šiuos simbolius galima priskirti ir kiekybinei kategorijai. Šiuos simbolius reikia pasirinkti kruopščiai, atsižvelgiant į auditoriją.



Žemėlapis su kokybiniais linijiniais simboliais

Graduoti linijiniai simboliai gali skirtis linijos pločiu arba tonu. Pavyzdžiui, linijų pločiai žemėlapyje gali būti proporcingi linijinių elementų klasių verčių intervalams (pvz. atitikti eismo srautui arba pervežamų prekių kainai).



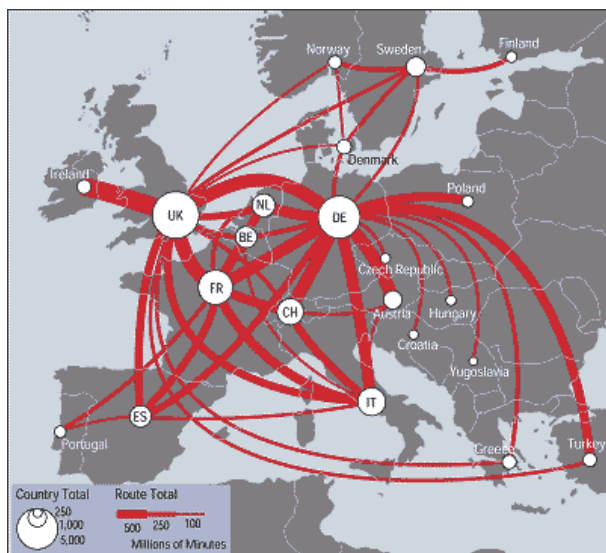
Metinis eismo intensyvumas

- 2384336 - 2384737
- 2484092 - 2488993
- 2488994 - 2494030
- 2495630 - 2504216
- 3617655 - 5783890

Žemėlapis su graduotais linijiniais simboliais

Srautų linijiniai simboliai paprastai neatitinka jokių realių linijų – jie vaizduoja tik ryšius tarp taškų. Todėl šios linijos daug lygesnės už kitas. Jomis vaizduojami pakankamai sudėtingi srautai, todėl šios linijos dažnai net kompiuterio ekrane brėžiamos ranka.

Graduotais linijiniais simboliais galima vaizduoti bet kokių srautų vertes. Pavyzdžiui, oro eismą tarp oro uostų ir keleivių skaičių žemėlapyje galima vaizduoti srautų linijomis.

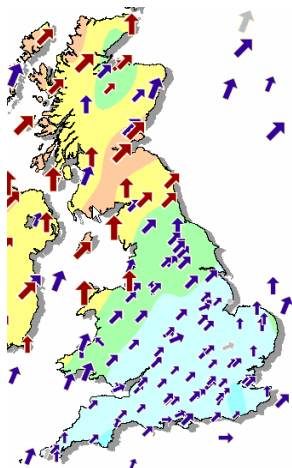


Srautų žemėlapis

Rodyklių simboliai – tiesiog rodyklės, kuriomis vaizduojama kiekybinė linijinių duomenų informacija. Rodyklė nurodo judėjimo kryptį, o jos storis – kiekybinė srauto vertė. Paprastai duomenys suskirstomi į klases ir vaizduojami graduotais simboliais. Kiekviena verčių klasė žymima rodykle, kurią lengva atpažinti ir nereikia matuoti.

Plačiai žinomas šio metodo taikymas yra oro judėjimo (vėjo) matavimai. Kiekvienas linijinis simbolis su rodyklės smaigaliu (rodyklė) atitinka tam tikrą vėjo greitį ir kryptį.

Šiuose žemėlapiuose rodyklės vaizduoja kiekį; tikroji trajektorija neaktuali. Rodyklės tiesiog nurodo kryptį.



Rodyklinis žemėlapis

7.2.3 Plotinių elementų simboliai

Galimi plotų vaizdavimo simboliais būdai:

- vienas simbolis visiems plotams (poligonams);
 - kokybiniai ploto simboliai;
 - statistinių žemėlapių simboliai (stulpeliai ar grafikai);
 - kartogramų ir dazimetrinių žemėlapių simboliai;
3. taškinių žemėlapių simboliai.

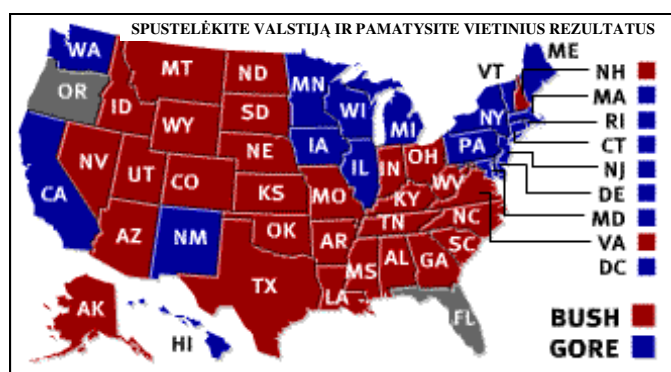
Žemėlapiai su **vieninteliu ploto simboliu** vaizduoja vienos temos (vienos nominalinės vertės) duomenų vietas ir pasiskirstymą. Visų teminio žemėlapių poligonų vizualinio kintamojo vertė ta pati (pvz., miškas vaizduojamas tik žalia spalva).



Žemėlapiai su vieninteliu ploto simboliu

Kokybiniai arba **nominaliniai ploto simboliai** skiriasi spalva, tekstūra ir tekstūros orientacija. Žemėlapiai, kuriuose naudojamos skirtingos spalvos, kartais vadinami chorochromatiniais (daugiaspalviais) arba mozaikiniais žemėlapiiais. Kokybinių ploto simbolių tonas ar intensyvumas neturėtų skirtis. Tonai ar atspalviai yra užuomina į rangines klases – šie grafiniai kintamieji paprastai simbolizuoja dydžio, kiekio ar svarbos skirtumus. Spalvas reikia rinktis atidžiai, nes skirtingos to paties grynio ir šviesio spalvos gali sudaryti skirtingo spalvų intensyvumo įspūdį, o tai ypač nepageidautina.

Žemės naudmenų, nuotolinių tyrimų ir panaši informacija dažnai vaizduojama vienos spalvos, intensyvumo ar tekstūros (pvz., brūkšniuotais) poligonais. Žemėlapiuose dažnai vaizduojamos klasės ir poklasiai – tai lengva padaryti spalvų ir tekstūros deriniais. Pagrindines kategorijas galima vaizduoti skirtingomis spalvomis, o smulkesnes – skirtinga tekstūra. Pavyzdžiui, visus miškus galima vaizduoti žalia spalva, o miško tipus – įvairiomis tekstūromis.



Kokybinis plotų žemėlapis

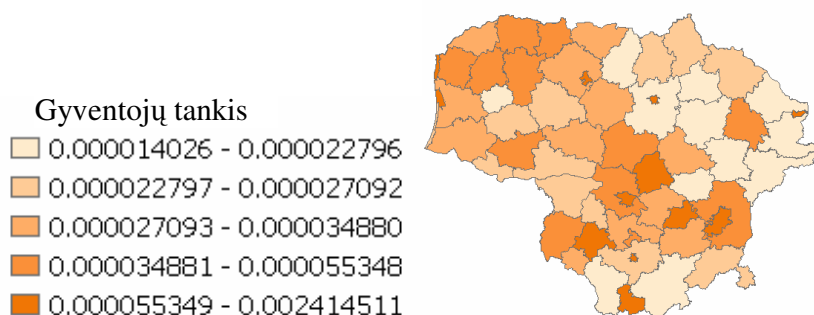
Kartogramose (choropletinuose žemėlapiuose) vaizduojamos tankio (proporcinės) vertės; jos vaizduojamos skirtingais spalvų tonais ir (arba) skirtingu gyniu arba skirtingu tekstūros intensyvumu. Paprastai tamsesnis atspalvis arba spalvos tonas atitinka didesnę vertę.

Paprastai daugiausia dėmesio skiriama spalvų šviesiui ir (kiek mažiau) grynui. Terminas „choropletė“ kilęs iš graikiško žodžio „plethos“, reiškiančio „dydį“.

Kartogramose plotų simboliai dažnai atitinka administracinius vienetus (pvz., vaizduojamas gyventojų tankis tam tikroje savivaldybėje). Kartogramos labai populiarios ir naudojamos statistiniams duomenims vaizduoti, o ypač socialiniuose moksluose, kuriuose labai plačiai naudojami proporciniai duomenys. Kartogramas kurti paprastai lengviau negu kitus žemėlapius.

Kartogramos kūrimą sudaro keturi pagrindiniai veiksmai:

- sąrašo elementų ribų braižymas;
- sąrašo elementų santykinių ar procentinių verčių apskaičiavimas pagal statistiką;
- tinkamų klasių intervalų pasirinkimas;
- kiekių pavaizdavimas graduotais atspalviais arba spalvomis (tonu ir (ar) grynui).



Kartograma

Kartogramas galima pagerinti vietoje įprastinių netaisyklingos formos ir skirtingo dydžio administracinių vienetų imant natūralias geografines sritis arba smulkesnius administracinius vienetus. **Dezimetriniai žemėlapiai** tankį atvaizduoja geriau negu kartogramos – ypač nevienodai administracinėje srityje pasiskirsčiusių reiškinių tankį.

Pavyzdžiui, gyventojų pasiskirstymui turi įtakos administracinėse srityse esantys vandens telkiniai (pvz., ežerai). Todėl plotui su ežeru apskaičiuotas gyventojų tankis skiriasi nuo plotui be ežero apskaičiuoto tankio. Skaičiuojant tankį dezimetriniu metodu, ežeras į plotą neįskaičiuojamas.

Tankį srityse galima apskaičiuoti pagal Raito (J. K. Wright) formulę:

$$D_n = \frac{D}{1 - A_m} - \frac{D_m * A_m}{1 - A_m}$$

kur

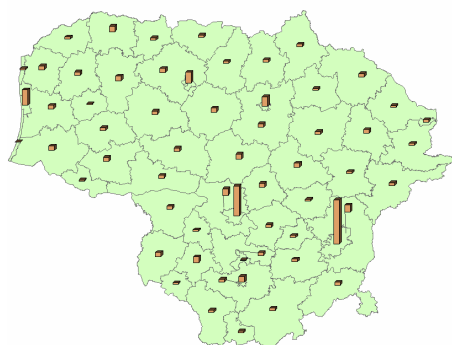
D_n – tankis procentais srityje n ;

D_m – apytikslis tankis procentais srityje m ;

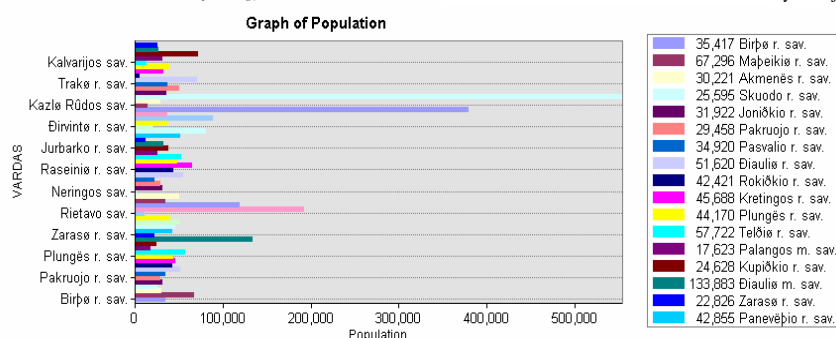
D – tankis procentais visoje srityje $(m + n)$;

A_m – m sričiai tenkanti visos srities ploto dalis.

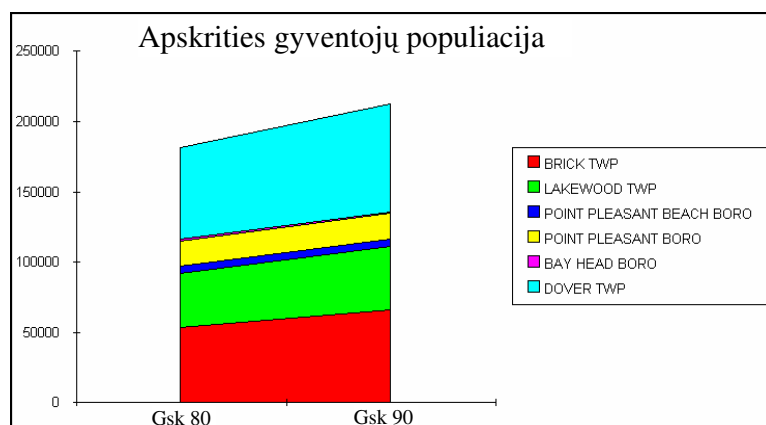
Statistiniuose žemėlapiuose sričių vertės vaizduojamos grafikais arba diagramomis. Simbolio (diagramos ar grafiko) vieta žemėlapyje nebūtinai atitinka tikrąją reiškinio vietą – simbolis atitinka visą sritį. Panašiomis diagramomis ar grafikais žemėlapyje galima vaizduoti ir taškinius objektus. Apskritai diagramomis efektyviai pateikiama sudėtinga lentelių pavidalo informacija, poveikį jos padaro iškart, o joms suprasti reikia mažiau laiko. Jomis galima papildyti arba kitaip parodyti žemėlapio informaciją, o taip pat pateikti papildomą informaciją apie žemėlapyje vaizduojamus elementus.



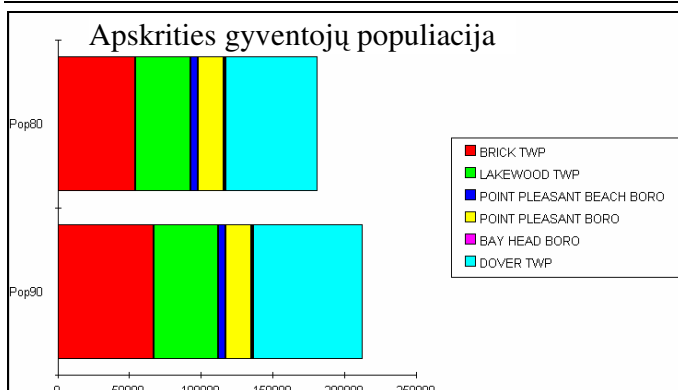
Gyventojų skaičiaus diagrama



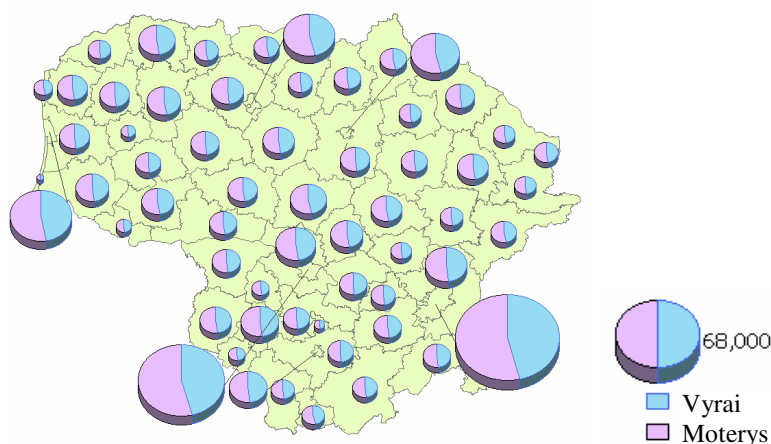
Juostinės ir stulpelinės diagramos puikiai tinka vertėms palyginti ir tendencijoms pavaizduoti (gyventojų tankis Lietuvos miestų ir rajonų savivaldybėse)



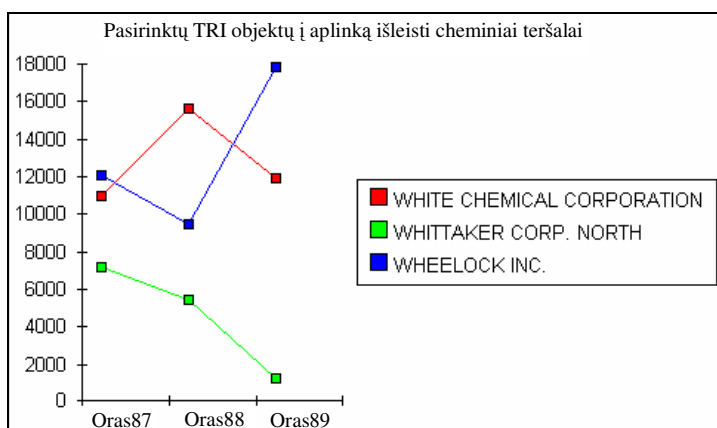
Plotų diagrama tinka ir visai vertei, ir atskirų kategorijų vertėms vaizduoti



Juostinėje augimo diagramoje sujungtos juostinės ir ploto diagramos savybės



Skritulinėse diagramose matyti dalių ir visumos santykiai, jos ypač gerai tinka proporcijoms ir santykiams vaizduoti (vyrų ir moterų skaičiaus santykis Lietuvos rajonuose)



Linijinis grafikas parodo kitimo spartą ir ypač tinka laikinėms tendencijoms vaizduoti

Taškiniai žemėlapiai gerai atspindi santykinio reiškinių tankio skirtumus. Šiuose žemėlapiuose kiekybinė informacija vaizduojama taškais. Kiekvienas taškas atitinka tam tikrą

vaizduojamos savybės vieneta (pvz., 1 taškas vaizduoja 10 avių). Absoliučią kiekybinę informaciją galima sužinoti iš taškų skaičiaus tam tikroje srityje. Norint apskaičiuoti tankį, reikia padalinti taškų skaičių iš vaizduojamos srities ploto. Taškiniais žemėlapiams galima vaizduoti, pavyzdžiui, gyventojų, karvių ar kviečių pasėlių pasiskirstymą. Taškinis vaizdavimas dažnai naudojamas žemės ūkio žemėlapiuose.

Prieš kuriant taškinį žemėlapi, reikia atsakyti į šiuos klausimus:

- Kokia bus taško vertė?
- Koks bus taško dydis?
- Kur taškas bus padėtas?

Skaitant žemėlapi taško dydis ir vertė yra labai svarbūs. Jei taškais vaizduojami plotai, galbūt galima atidėti tikroviško dydžio taškus. Pavyzdžiui, jei 1 taškas atitinka 10 ha, tai taško dydis nustatomas taip, kad žemėlapi skaitytojas galėtų susidaryti tikrovišką įspūdį apie konkretaus elemento užimamą žemės plotą.

Šis dydis skaičiuojamas pagal formulę:

$$R = \frac{\sqrt{D}}{S * \sqrt{\pi}}$$

kur:

D – taško plotas ant tikrojo paviršiaus, ha;

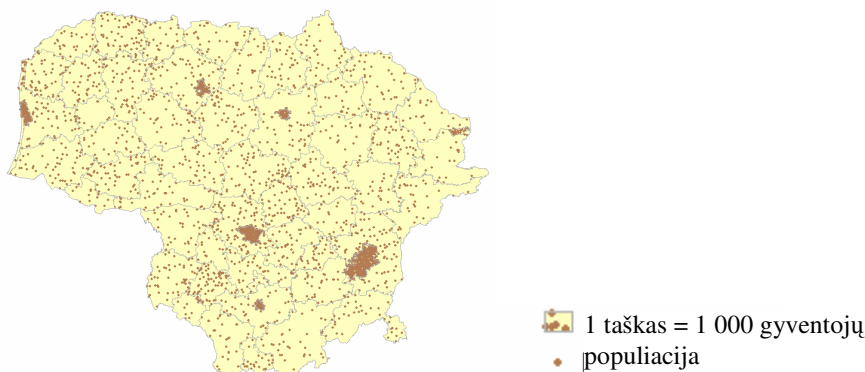
S – žemėlapi mastelis (kilometrų ir milimetrų santykis);

R – taško spindulys (jei taškas yra skritulys), mm.

Jei taškas 1:100 000 mastelio žemėlapyje atitinka 1 ha, tada taško plotas turėtų būti 1 mm² (1 ha 1:100 000 mastelio žemėlapyje užima 1 mm²). Tada $\pi R^2 = 1 \text{ mm}^2$ ir $R = 1/\sqrt{\pi} = 0,564 \text{ mm}$.

Paprasčiausias taškų išdėstymo žemėlapyje būdas – išdėstyti juos atsitiktinai kiekvienoje srityje, kurios duomenis jie vaizduoja. Taškų vietą galima nustatyti ir atsižvelgiant į tam tikrus geografinius veiksnus. Taškiniais žemėlapiams tinka ir dažimetrinių žemėlapių sudarymo metodai.

Kuriant žemėlapi pažymėtas taškais vaizduojamų erdvinių sričių ribas reikia pašalinti.



Taškinis žemėlapis

Keli GIS ir kompiuterizuoto žemėlapių kūrimo programų paketai turi automatines taškinių žemėlapių kūrimo procedūras.

7.2.4 Tolydžių verčių vaizdavimas simboliais

Kol kas mes aptarėme, kaip vaizduoti diskrečias vertes taškiniais, linijiniais ir ploto simboliais. Paviršiaus simbolizavimo metodais žemėlapyje galima atvaizduoti trimatę kiekybinę informaciją dvimačiu paviršiumi. Statistinę informaciją atvaizduojantys paviršiai dažnai vadinami *statistiniais paviršiais*.

Iš kiekybinių duomenų gautą statistinių paviršių pasiskirstymą galima pavaizduoti:

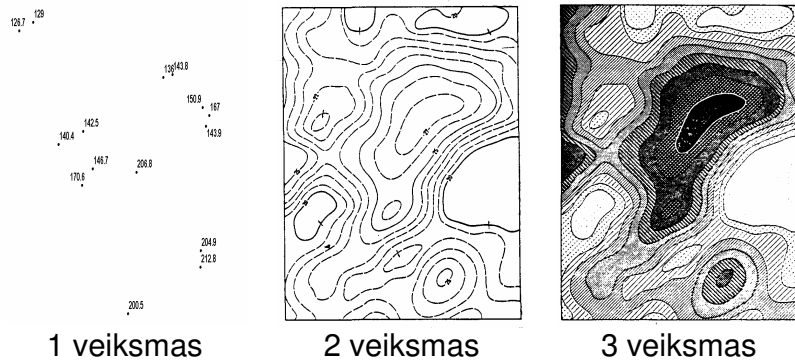
- kartogramomis – vaizduojami kiekiai tam tikrose teritorijose;
- dažimetriniais žemėlapiais – daugiausia vaizduojamos vienodo kiekio sritys, neatsižvelgiant į teritorijų ribas;
- izoritminiais ir izolinijų žemėlapiais – parodomi patys kiekiai, kiekio gradientai ir kiekio pasiskirstymas.

Izopletos ir izolinijos – tai tam tikras skaitinės vertės turinčių linijų rinkiniai, vaizduojantys absoliučią ir santykinę padėtį bei tam tikrų elementų vietą ir gradientą. *Izolinijomis* vaizduojamas absoliučių verčių skaitinis pasiskirstymas. Šiomis linijomis vaizduojamos vertės gali iš tikro egzistuoti bet kuriame linijos taške (pvz., vienodos altitudės, vienodos temperatūros, vienodo slėgio, vienodo kritulių kiekio ir pan. linijos). Terminas *izopleta* kilęs iš graikiško žodžio „plethos“, reiškiančio „daugybė arba minia“; šios linijos vaizduoja santykinės vertės (pvz., tankį). Šiomis linijomis vaizduojamos vertės linijų taškuose tikrovėje egzistuoti negali.

Izolinijų vertės dažniausiai nustatomos taškų matavimais (pvz., lauko matavimais). Tai yra vaizduojami kontroliniuose taškuose išmatuoti arba nustatyti kiekiai. Pagrindiniai izolinijų braižymo veiksmai:

- kontrolinių taškų atidėjimas stačiakampėje koordinačių sistemoje;
- klasių intervalų nustatymas (pvz., aukščio kontūrų intervalo);
- izolinijų interpoliavimas;
- žemėlapių dizaino sukūrimas (pvz. kokiomis spalvomis ar atspalviais vaizduoti tarpus tarp izolinijų).

Pagrindiniai izopletų braižymo veiksmai tie patys kaip izolinijų. Pagrindinės izolinijų ir izopletų savybės buvo aptartos aptarėme ankstesnėje „Topografinių žemėlapių“ dalyje.



Izolinijų braižymo veiksmai

Yra be galo daug įvairiausių linijų, kurių pavadinimas prasideda „izo-“. Pavyzdžiui, izobara – vienodo oro slėgio linija, izobata – vienodo gylio linija, izogona – vienodo magnetinio nuokrypio linija, isohalina – vienodo vandenyno druskingumo linija, ir pan.

7.2.5 Reljefo vaizdavimas

Pageidautina, kad reljefo atvaizdis atitiktų tris reikalavimus:

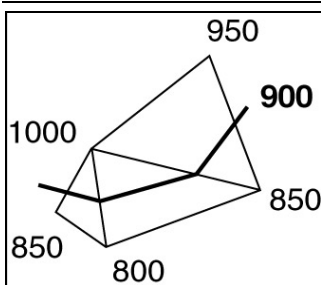
- gražiai atrodytų;
- būtų korektiškas planimetrijos požiūriu;
- iš jo būtų galima nustatyti aukščius ir nuolydžius.

Yra įvairiausių reljefo vaizdavimo būdų – izolinijos arba kontūrai, hipsometrinis spalvinimas, reljefo šešėliai, perspektyviniai vaizdai, vertikalūs profiliai ir kt. Šiais būdais gaunami vaizdai gali būti ortografiniai arba perspektyviniai.

Ortografiniai vaizdai yra vertikalūs paviršiaus arba plokštumos vaizdai – viena iš plačiausiai naudojamų perspektyvų. Ortografiniai vaizdai geri tuo, kad juose galima išmatuoti x ir y koordinatas ir nustatyti z koordinatę.

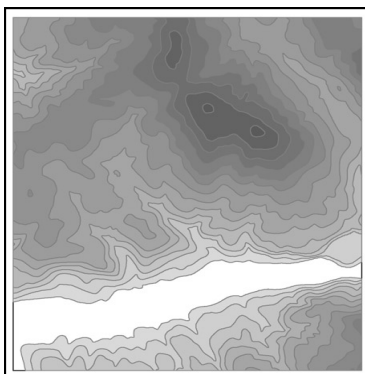
Populiariausias ortografinis vaizdas – izolinijos (**kontūrai** arba izoritmos). Kontūrų linijos jungia vienodos altitudės taškus. Kontūrų intervalas yra vertikalus atstumas tarp gretimų kontūrų linijų. Atstumas tarp kontūrų linijų yra aukščių skirtumas, o ne horizontalios padėties skirtumas. Bazinė kontūro linija – tai linija, nuo kurios pradedami žymėti kontūrai. Kontūrų linijų išsidėstymas ir forma atspindi paviršiaus ypatumus – artimos linijos atitinka stačius šlaitus, tolimos – nedidelį nuolydį.

GIS aplinkoje kontūrų linijos per rastrą ar trikampių tinklą brėžiamos interpoliavimo būdu. Pavyzdžiui, paveikslėlyje kontūro linija „900“ jungia trikampių kraštinių taškus, kurių interpoliuotos vertės yra 900.



Tiesiškai interpoliuotos kontūrų linijos

Hipsometrinuose žemėlapiuose tarp kontūrų esančios skirtingo aukščio zonos nuspalvinamos skirtingomis spalvomis arba tekstūros atspalviais. Žemės masių ploto priklausomybę nuo altitudės vaizduojantį žemėlapij gali sudaryti daug spalvinių sluoksnių. Iš žodžių „hipsometrinis“ ir „altitudė“ galima spręsti, kad tai spalvos arba tonai, kuriais kontūrinis žemėlapis nuspalvintas tam, kad sudarytų reljefo įspūdį. Dažnai žemumos spalvinamos ryškiai žaliomis spalvomis, vidutinio aukščio sritys – gelsvai rudomis, o aukštumos – rusvai raudonomis. Kartografsai gali pasirinkti įvairias spalvų paletes.



Hipsometrinis žemėlapis – skirtingo aukščio zonos pavaizduotos skirtingais pilkumo tonais

Šešėliniai reljefo žemėlapiai imituoja saulės šviesos ir paviršiaus elementų sąveiką. Į saulę atsukti šlaitai atrodo apšviesti, nuo saulės užstotos sritys atrodo esančios šešėlyje. Šio metodo tikslas – išryškinti reljefo struktūrą. Reljefo šešėlius galima naudoti atskirai arba kartu su kitais metodais, pavyzdžiui, kartu su kontūrais ar hipsometrinio spalvinimu.

Šie šešėliai vadinami „saulės“ šešėliais, nes reljefas vaizduojamas taip, tarsi apšviestas saulės iš skirtingų vietų (saulės padėtis nurodoma azimutu, posūkiu nuo šiaurės ir aukščiu virš horizonto). Saulės apšviestas sluoksnis paprastai formuojamas kaip intensyvumo sluoksnis, kad jį būtų galima sujungti su pseudospalviniu sluoksniu ir gauti spalvinį vaizdą. Šiame vaizde teritorijos nuolydžiai ir orientacija sujungta su saulės azimutu ir altitute.



Reljefo šešėlių žemėlapis: Fidži kurortinės salos prieš potvynį ir po jo

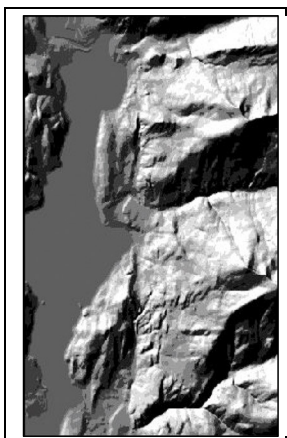
Šešėlių regimajį efektą lemia keturi veiksniai:

- saulės azimutas;
- saulės altitudė;



- šlaito nuolydis;
- šlaito orientacija.

Azimutas – tai krypties į saulę kampas, matuojamas laipsniais nuo 0 iki 360. 90 laipsnių azimutas reiškia rytus. Numatytoji vertė yra 315 (ŠV). Altitudė – tai šviesos šaltinio kampas virš horizonto. Ji matuojama laipsniais nuo 0 (ant horizonto) iki 90 (virš galvos). Numatytoji vertė yra 45 laipsniai.



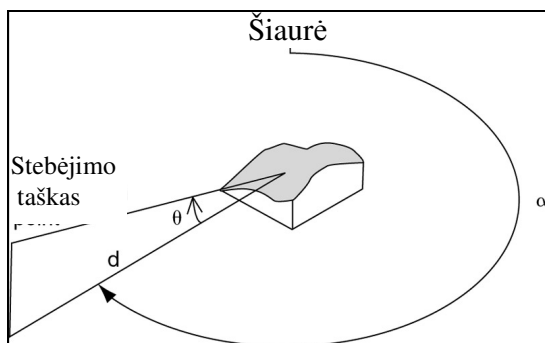
Reljefo šešėlių pavyzdys: saulės azimutas 315° (ŠV), altitudė 45°

Perspektyviniai vaizdai – tai įstrižieji vaizdai, panašūs į vaizdą iš lėktuvo. Perspektyvinių vaizdų regimajį efektą lemia keturi veiksniai:

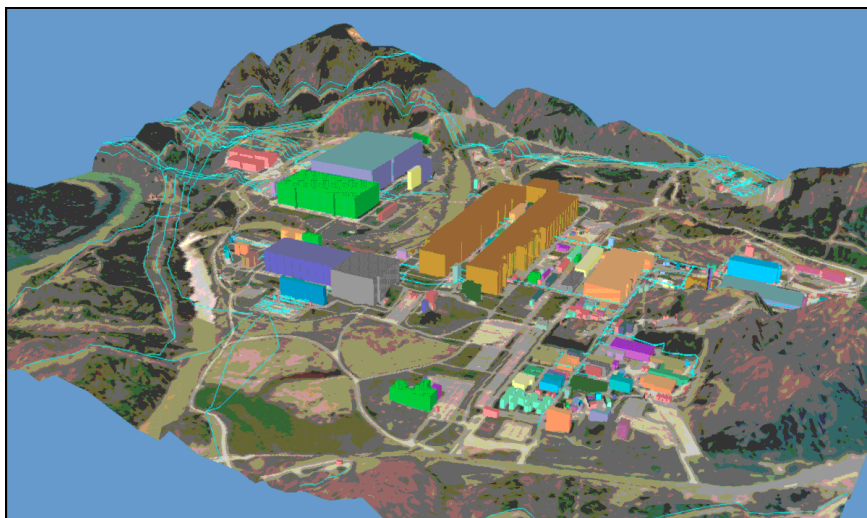
- c. stebėjimo azimutas;

- d. stebėjimo kampas;
- e. stebėjimo atstumas;
- f. z ašies mastelis.

Stebėjimo azimutas – tai kryptis iš stebėjimo taško į stebimą tašką. Stebėjimo kampas – tai kampas tarp horizonto ir stebėtojo altitudės. Stebėjimo atstumas – tai atstumas nuo stebėtojo iki stebimo paviršiaus. Z ašies mastelis – tai vertikalios ir horizontalios mastelio santykis.



Pagrindiniai trimačio vaizdo išvaizdą lemiantys parametrai: stebėjimo azimutas α matuojamas nuo šiaurės pagal laikrodžio rodyklę, stebėjimo kampas θ matuojamas nuo horizonto, stebėjimo atstumas d matuojamas nuo stebėjimo taško iki trimačio paviršiaus



Perspektyvinis vaizdas, sujungtas su vektoriniais elementais



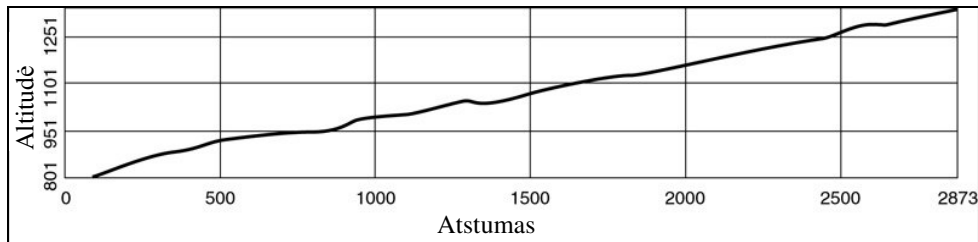
Perspektyvinis Fidži salos ir Vilniaus miesto vaizdas

Vertikalūs profiliai – tai grafikas, parodantis altitudės kitimą kintant horizontaliai padėčiai. Šie profiliai gali būti sudaromi išilgai takų, kelių arba upių.

Profilį lengva gauti iš kontūrų žemėlapiu šiais veiksmais:

- nubrėžti žemėlapyje profilio liniją;
- pažymėti kontūrų ir profilio linijų sankirtos taškus ir užrašyti jų altitudes;
- atidėti kiekvieną sankirtos tašką altitudėi proporcingame aukštyje;
- nubrėžti vertikalų profilį sujungiant atidėtus taškus.

Dauguma GIS paketų gali sudaryti profilius, naudodami iš kontūrų informacijos gautą skaitmeninį aukščių modelį arba netaisyklingųjų trikampių tinklą.



Vertikalus profilis

Daugumą šioje dalyje aptartų simbolizavimo metodų galima įgyvendinti GIS arba kompiuterinėmis žemėlapių kūrimo programomis. Pavyzdžiui, su ESRI *ArcMap* programa galima kurti daugumos tipų teminius žemėlapius. Lentelėje surašyti teminių žemėlapių tipai, kuriuos galima sukurti *ArcMap* simbolizavimo priemonėmis. Kai kuriuos teminių žemėlapių tipus (pvz., rodyklių ir srautų žemėlapius) galima sukurti *ArcMap* programa rankiniu būdu.

Tradiciniai ir ESRI teminių žemėlapių kūrimo metodai

Tradiciniai žemėlapių kūrimo metodai	ArcMap žemėlapių tipai
Vienintelis taškinis simbolis Kokybiniai taškiniai simboliai Graduoti taškiniai simboliai Proporciniai taškiniai simboliai	Vienintelis simbolis Unikalios vertės, daug laukų Graduoti simboliai Proporciniai simboliai
Diagramos ir grafikai	Diagramos (juostinės, skritulinės, stulpelinės)
Rodykliniai simboliniai žemėlapiai	Nėra
Vienintelis linijinis simbolis kokybiniai linijiniai simboliai Graduoti linijiniai simboliai Srautų žemėlapiai Proporciniai linijiniai simboliai	Vienintelis simbolis Unikalios vertės Unikalios vertės, daug laukų Graduoti simboliai Nėra Proporciniai simboliai
Kokybiniai plotų duomenys Proporciniai plotų simboliai	Unikalios vertės Unikalios vertės, daug laukų Proporciniai simboliai
Taškinis žemėlapis	Taškų tankis
Kartograma Dezimetrinis žemėlapis	Graduotos spalvos Graduotos spalvos
Daugiamačiai žemėlapiai	Daugiamačiai
Izolinijų žemėlapiai	Kontūrai

7.2.6 Išvados

Žemėlapių turinio perteikimas priklauso nuo žemėlapių tipo, duomenų ir simbolių. Žemėlapių tipas, duomenys ir simboliai priklauso nuo žemėlapių turinio.

Dalies klausimai savarankiškam darbui:

1. Kokius grafinius kintamuosius naudosite šalims vaizduoti pasaulio žemėlapyje?
2. Kokius grafinius kintamuosius naudosite žemės naudmenų / žemės dangos žemėlapiuose?
3. Kokius grafinius kintamuosius naudosite rinkimų žemėlapiui sudaryti?
4. Kokio tipo teminiu žemėlapiu vaizduosite gintarų žvalgymo vietas?
5. Kokio tipo teminiu žemėlapiu vaizduosite kviečių auginimą savo šalyje?

Privaloma literatūra:

- **Issues of Statistical Generalization**, The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado,
http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/cartocom/cartocom_f.html
- **Chapter 2: How maps inform**, Modeling Our World, Zeiler, M., ESRI Digital Library, 1999.
- **Thematic Maps, Lecture 14-15**, UNBC Lecture Notes,
<http://www.gis.unbc.ca/courses/geog205/lectures/>
- **Mapping Quantitative Data ir Terrain Representation**, Introduction to Cartography and Remote Sensing, <http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/quantmap.htm> and
<http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/termmap.htm>
- **Visualisation of data**, David Briggs and Linda Beale,
http://nceph.anu.edu.au/Envir_Collab/Short_Courses/SC5_CBR_Spatial/PDFs%20of%20final%20ppt%20pres/Beale_TuesD_Visualisation_of_data%5B5a%5DNOTES.pdf

ESRI virtualusis kursas:

- **3 dalis: „Effective Type in Map Design“ ir 6 dalis: „Creating Custom Symbols“**, „Cartographic Design Using ArcGIS 9“.

Užduotis:

1. **7 užduotis.** Teminių žemėlapių kūrimas naudojant GIS

Literatūra

- [1] Thematic Cartography and Geographic Visualization, Terry A. Slocum, Robert B. McMaster, Fritz C. Kessler, Hugh H. Howard, 2nd ed., 2004
- [2] Elements of Cartography, Arthur H. Robinson, Joel L. Morrison, Phillip C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, Stephen C. Guptill, 6th ed., NY: John Wiley & Sons Inc., 1995

Vartojami terminai

▪ <i>Thematic maps</i> ▪ <i>Base map</i> ▪ <i>Equal steps or interval</i> ▪ <i>Equal area</i> ▪ <i>Standard deviation</i> ▪ <i>Quantile</i> ▪ <i>Natural break</i> ▪ <i>Abstract symbol</i> ▪ <i>Associative symbol</i> ▪ <i>Pictorial symbol</i> ▪ <i>Proportional symbol</i> ▪ <i>Graduated symbol</i> ▪ <i>Flow line map</i> ▪ <i>Arrow map</i> ▪ <i>Cartogram</i> ▪ <i>Choropleth map and dasymetric map</i> ▪ <i>Dot map</i> ▪ <i>Isopleths and</i> ▪ <i>Isolines</i> ▪ <i>Hypsometric tinting</i> ▪ <i>Hill shading</i>	– teminiai žemėlapiai – bazinis žemėlapis – lygių intervalų metodas – lygių plotų metodas – standartinis nuokrypis – kvantilis – natūrali riba – abstraktus simbolis – asociatyvus simbolis – iliustruotas simbolis – proporcinis simbolis – graduotas simbolis – srauto linijų žemėlapis – rodyklinis žemėlapis – statistinis žemėlapis – kartograma ir dazimetrinis žemėlapis – taškinis žemėlapis – izopletos ir – izolinijos – hipsometrinis spalvinimas – reljefo šešėliai
---	---

8 Žemėlapių projektavimas

Šioje dalyje apžvelgiamas žemėlapių projektavimo procesas, proceso etapai ir aptariami procesą lemiantys veiksniai. Taip pat aptariami pagrindiniai projektavimo elementai, pavyzdžiui, kaip pasirinkti simboliką, tekstą ir spalvas, bei apibrėžiama, kaip juos geriausiai pateikti žemėlapyje. Atsižvelgiant į funkcionalumą ir projektavimo principus išvardyti ir aptariami žemėlapių kompozicijos elementai. Pabrėžiami kai kurie žemėlapių simbolikos projektavimo principai. Taip pat pateikti pagrindiniai principai, kaip išdėstyti, pasirinkti ir projektuoti žemėlapių elementų arba žemėlapyje vaizduojamų objektų tekstą. Skyrius baigiamas spalvų teorijos pagrindinių charakteristikų apžvalga ir nurodymais, kaip pasirinkti spalvas ir projektuoti bendrą žemėlapių išvaizdą.

Kurso dalies turinys

- Žemėlapių projektavimo procesas
- Žemėlapių projektavimo principai
- Žemėlapių kompozicija
- Žemėlapių simbolika
- Žemėlapių užrašai
- Spalvos žemėlapyje

8.1 Žemėlapių projektavimo procesas

Žemėlapių, ypač teminių, projektavimas susijęs su geografinės informacijos **grafiniu pateikimu** kartografinė forma. Tai apima pačią informacijos pateiktį žemėlapyje bei visą žemėlapių pakraščių ir rėmelių informaciją.

Žemėlapių projektas svarbus, nes žemėlapiai yra sinoptinė informacijos perdavimo forma. Žemėlapių skaitytojas iškart mato visą grafinį vaizdą. Žemėlapių kūrėjas neturi daug galimybių valdyti, kaip žemėlapių naudotojas žiūrės ir interpretuos žemėlapi. Tačiau kūrėjas yra atsakingas, kad žemėlapis būtų suprojektuotas taip, jog žemėlapių naudotojas suprastų žemėlapių ketinamą perteikti mintį.

Projekto sprendimas labai priklauso nuo žemėlapių tikslo ir žemėlapių rengimo tipo. Topografiniams žemėlapiams arba hidrografiniams jūrlapiams yra nustatyti kartografiniai standartai. Kad būtų laikomasi standartinio formato, rengiant topografinius žemėlapius turi būti naudojama standartinė simbolika ir išdėstymas. Kita vertus, teminiams žemėlapiams leistini kūrybiškesni metodai, tai apima simbolikos naujoves ir bendrą žemėlapių išvaizdą. Rengiant teminį žemėlapių koordinatų sistema bei žemėlapių dydis ir forma gali būti įvairūs, nelygu koks yra žemėlapių rengėjo sumanymas.

Tarp žemėlapių kompozicijos elementų, kuriuos konkrečiai reikia apsvarstyti projektuojant, yra:

- bazinio ir teminio žemėlapių simbolikos pasirinkimas ir projektas;
- žemėlapių išdėstymo ir pakraščių informacijos kompozicija ir projektas;
- raidžių ir skaičių projektiniai parametrai ir išdėstymas;
- naudojamos spalvos ir raštai.

Žemėlapių projektavimo procesas prasideda apibrėžiant ir išanalizuojant išorinius veiksniai, kurie turės įtakos projektavimo procesui. Žemėlapių projektavimo procesas apima sprendimus dėl to, kokie geografiniai elementai ar atributai turi būti vaizduojami žemėlapyje, atitinkamos žemėlapių projekcijos (atsižvelgiant į žemėlapių paskirtį) pasirinkimą, nagrinėjamą geografinę sritį, tinkamo mastelio pasirinkimą atsižvelgiant į žemėlapių naudotojų poreikius, žemėlapyje vaizduojamų elementų ir atributų apibendrinimą, atitinkamos simbolikos pasirinkimą bei bendrojo žemėlapių maketo projektą.

Projektavimą lemiantys veiksniai yra:

- Žemėlapių paskirtis ir tema:
 - Koks žemėlapių rengimo motyvas, ketinimas ar tikslas? Pavyzdžiui, ar žemėlapių ketinama parodyti tikslas reiškinių vietas, ar tik pasiskirstymo schemą arba struktūrą? Tokie svarstymai lems tai, kaip turi būti vaizduojama informacija, t. y. koks turi būti žemėlapis – tikslus ar apytikslis?
 - Kokia informacija turi būti išryškinta ir kas turi likti fone arba išvis neparodyta?
 - Projekcijos pasirinkimas – paprastai žemėlapyje siekiama išsaugoti santykinės formas arba plotus.
- Žemėlapių auditorija ir žemėlapių skaitymo sugebėjimai:
 - Kas skaitys žemėlapių?

- Kaip žemėlapis bus naudojamas? Ar tai atskiras žemėlapis, žemėlapis ataskaita ar tiesiog žemėlapis pasižiūrėti?
- Pradinės mokyklos mokiniams suprojektuotas žemėlapis turės turėti stambius piktografinius simbolius, nedidelį detalumą ir gerą perteikimą.
- Profesionalai gali gauti daugiau informacijos iš tankesnio pateikimo naudojant abstrakčius simbolius.
- Kokios žemėlapio naudojimo sąlygos? Tai sieninis žemėlapis ar turistinis, kokio tipo bus apšvietimas?
- Projektavimo kultūra:
 - Įvairiose šalyse žmonės skirtingai renkasi spalvas, pavyzdžiui, kai kuriose kultūrose raudona siejama su prievarta ir jos naudojimas nepriimtinas.
 - Efektyvus pateikimas priklauso nuo:
 - supratimo, kokio tipo informacijos pageidauja žemėlapio skaitytojas;
 - supratimo, kaip bet kuris nagrinėjamas žemėlapio skaitytojas interpretuos informaciją iš siūlomo žemėlapio;
 - supratimo, kaip potenciali žemėlapio auditorija tą žemėlapį naudos;
 - auditorijos, kuriai skirtas žemėlapis, žemėlapių skaitymo įgūdžių.
- Žemėlapio mastelis, dydis ir formatas:
 - Apibendrinimo klausimai.
 - Žemėlapio mastelis lems detalių kiekį ir simbolikos pasirinkimą (pvz., simbolių dydį).
 - Žemėlapio lapo dydis taip pat gali lemti galimų žemėlapyje parodyti detalių kiekį ir tokiu būdu turėti įtakos simbolikos pasirinkimui.
 - Žemėlapis gali būti parengtas juodu ir baltu arba spalvotu formatu, tokie reikalavimai gali turėti didelės įtakos simbolikos pasirinkimui.
- Laikmena:
 - Žemėlapio pateikimui naudojama laikmena lemia, kokius spalvinius variantus pasirinks žemėlapio rengėjas. Pavyzdžiui, rengiant kompiuterinį žemėlapį ir spausdintą žemėlapį gali būti naudojamos skirtingos spalvos, nes atspalviai kompiuterio ekrane paprastai būna ryškesni negu spausdintame žemėlapyje.
- Turimi duomenys:
 - Duomenų apimtis ir duomenų kokybė gali turėti įtakos tam, kokia bus naudojama simbolizavimo metodika. Jei duomenys surinkti pagal administracinius vienetų, turėtų būti naudojamas spalvinio kodavimo (*choropleth*) vaizdavimas žemėlapyje. Tankesniems matavimams pageidautinas izolinijų išdėstymo simbolikos metodas.
 - Duomenų turi būti pakankamai, kad jais būtų galima naudotis pagal žemėlapio paskirtį. Be to, žemėlapio paskirtį turi atitikti padėties tikslumas ir chronologiškumas.
- Techniniai apribojimai:
 - Reikia atsižvelgti į žemėlapių gamybos ir dauginimo metodus. Pavyzdžiui, 0,1 mm pločio linija negali būti atspausdinta 100 dpi skiriamąja geba.

Šie veiksniai turi įtakos galimų perteikti žinių sudėtingumui, taip pat galimybei pateikti papildomą informaciją, teksto ir simbolių pasirinkimui bei spalvų pasirinkimui.

Žemėlapių projektavimas yra grafinės komunikacijos pavyzdys. Pagrindinis grafinės komunikacijos tikslas yra žiūrovo mintyse sukelti žemėlapių paskirtį ir kartografo sumanymą atitinkantį vaizdinį. Yra daug grafinių būdų pateikti geografinius duomenis, sąvokas ir sąryšius. Paprastai tai gali būti atliekama pasirenkant savitus simbolius, kurie turi atitinkamą reikšmę, be to, svarbus šių simbolių išdėstymas žemėlapyje, kad būtų sukurta prasminga kompozicija. Šie du projektavimo etapai nėra atskiri, ir gali būti iteraciniai – naudojant pasirinktus simbolius kuriamas žemėlapis ir, jei simboliai nėra išraiškingi, jie gali būti pakeisti, kad pagerintų bendrą žemėlapių suvokimą ir aiškumą.

Žemėlapių projektavimas – sudėtinga užduotis. Yra daug vizualiai skirtingų variantų arba žemėlapių sudarymo pasirinkčių, kartu su simbolių išdėstymo ir sutvarkymo žemėlapyje pasirinkimu. Žemėlapių projekto pasirinkimas apima intuicijos ir racionalumo derinį. Paprastai galutinis projektinis sprendimas yra kompromisas.

Kartografinis projektavimas remiasi bendraisiais grafinės komunikacijos principais, kuriems ypač svarbi gera vaizdinė kompozicija, pavyzdžiui, sintaksė, aprašas, sutvarkymas ir formulavimas. Be to, gyvybiškai svarbūs pagrindiniai žemėlapių komunikacijos principai, pavyzdžiui, topologinių lokalaus ir globalaus lygmens sąryšių išsaugojimas, žemėlapių simbolių susitarimai ir standartai, žemėlapių išdėstymo organizavimas ir kt.

Žemėlapiai projektuojami keliais etapais:

- Pirmiausia turi būti priimtas sprendimas apie rengiamo žemėlapių tipą, jo erdvinį formatą (dydį ir formą), bazinį išdėstymą, kokie duomenys bus pateikiami, kartografavimo metodai ir t. t. Materialioje laikmenoje arba mintyse gali būti sukurtas žemėlapių eskizas arba keletas žemėlapių eskizų. Projektavimo procesas visų pirma remiasi vaizduote ir kūrybiškumu, taip pat dizainerio-kartografo meniniais įgūdžiais.
- Antra, lyginant įvairias alternatyvas parengiamas tam tikras grafinis planas. Turi būti priimti sprendimai dėl naudojamų simbolių rūšių, pasitelkiamų vaizdinių kintamųjų, vaizduojamų reiškinių klasių skaičiaus ir klasių ribų, tipografinių sąryšių ir skirtingų žemėlapyje rodomų elementų simbolinio organizavimo hierarchijos.
- Trečiojo etapo metu konkrečioms žemėlapių sudarymo metodams parengiamos išsamios žemėlapių kompiliavimo specifikacijos. Šios specifikacijos gali aprėpti išsamų kiekvienos žemėlapių rengimo etapo dalies aprašymą, pradedant skaitmeninimu ir baigiant viso žemėlapių gamybą.
- Skaitmeninės technologijos, patobulindamos žemėlapių projektavimą, suteikia lankstumo, leisdamas išmėginti keletą projekto prototipų.

8.2 Žemėlapių projektavimo principai

Nėra galutinių projektavimo taisyklių, kurios reglamentuotų žemėlapių projektavimą. Tačiau yra kartografinio projektavimo **principai**, kurie apibrėžia tam tikras projektavimo ypatybes. Svarbiausi iš šių principų yra vizualusis kontrastas, įskaitomumas, figūros ir pagrindo bei hierarchinis organizavimas. Jie gali būti taikomi skirtingai.

Panagrinėkime šias bendrąsias projektavimo nuostatas arba rekomendacijas.

- Vizualusis kontrastas
 - Kiekvienas žemėlapių objektas (simbolis ir jo elementas, tekstas) turi būti pakankamai didelis, kad būtų įskaitomas, ir kontrastingas fono ir gretimų ženklų atžvilgiu.
 - Joks kitas grafinis veiksnys nėra toks svarbus kaip kontrastas.
 - Kontrasto lygis gali perteikti simbolio svarbą.
 - Kontrastas gali būti išgautas besiskiriančia ženklo ir jo elementų spalva, forma dydžiu ir storiu.
 - Kontrastas gali būti pasiektas keičiant ženklo elementus arba ženklo sudėtingumą.
- Įskaitomumas
 - Grafiniai simboliai turi būti nesunkiai skaitomi ir suprantami.
 - Simbolių tarpusavio skirtumai turi būti vizualiai aiškūs ir skirti juos vieną nuo kito. Pavyzdžiui, eilinis žmogus gali nesunkiai atskirti tik nuo penkių iki šešių toninių laipsnių, 1 mm dydžio simboliai gali būti matomi, tačiau sunkiai atskiriami vienas nuo kito.
- Turinys
 - Turi būti kruopščiai apibrėžtos žemėlapių temos ir apibendrinimo laipsniai. Pavyzdžiui, būtina vengti viename žemėlapyje rodyti dvi tolydžias temas kaip ploto simbolius.
 - Teminiame žemėlapyje turi būti parodyti tik būtini bazinio žemėlapių elementai.
 - Kuo mažiau žemėlapyje objektų, tuo lengviau žemėlapių suprojektuoti.
- Figūros ir pagrindo organizavimas
 - Žemėlapių naudotojai turi turėti galimybę atskirti teminius žemėlapių objektus nuo žemėlapių fono (pvz., teminiai elementai turi būti atskirti nuo bazinių elementų, taip pat viena nuo kito turi būti atskirta sausuma ir vanduo).
 - Figūros, palyginti su fonu, paprastai turi nedaug detalių, yra kompaktiškesnės, mažesnio dydžio, su aiškiais kontūrais, uždarų formų, vizualiai homogeniškos.
 - Esant vienodiems dalykams figūromis linkstama laikyti tamsesnius plotus.



Figūros ir pagrindo organizavimas. Kas čia yra kas? Nenuspalvinus vandens gali būti sudėtinga atpažinti, kad čia Vidurio Europos žemėlapis.

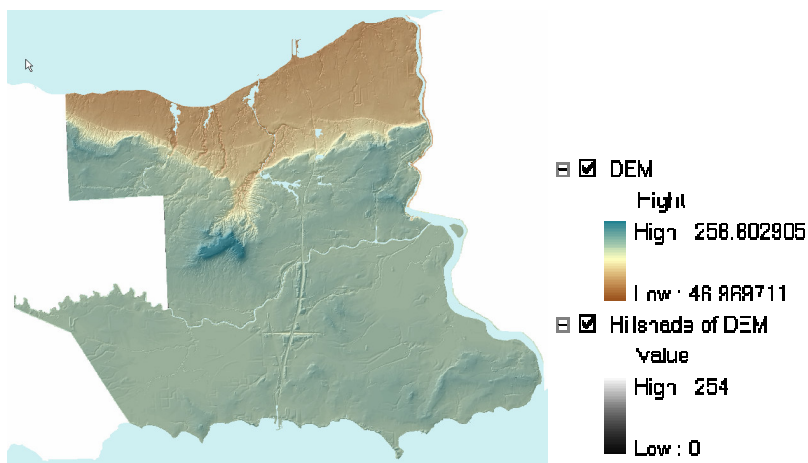
- **Balansas**
 - Balansas reiškia vaizdinę žemėlapių elementų ir žemėlapių kompozicijos elementų pusiausvyrą.
 - Kiekvienas žemėlapių elementas ir žemėlapių kompozicija yra atitinkamos svarbos.
 - Šių elementų dydis ir vizualus kontrastas turi atitikti elementų svarbą.
- **Aiškumas**
 - Žemėlapių informacija turi būti pateikta aiškiai ir nedviprasmiškai.
 - Aiškumas pasiekiamas atidžiai išnagrinėjus žemėlapių tikslus ir pabrėžus svarbius punktus.
 - Bet kas, kas nepabrėžia žemėlapių teikiamos žinios, turi būti pašalinta.
 - Žemėlapis turi būti neperkrautas informacija.
- **Tvarka**
 - Tvarka reiškia loginį žemėlapių organizavimą.
 - Žemėlapių pakraščiu elementai turi papildyti žemėlapyje vaizduojamas temas ir per daug neatitraukti dėmesio.
 - Elementų dydis turi atitikti jų svarbą.
 - Kontūrų orientacija puslapyje gali sudaryti ašis, kurios suteikia skaitymo kryptį; pavyzdžiui, vertikalios linijos traukia akis žemėlapiu aukštyn ir žemyn, horizontalios linijos veda žvilgsnį kairėn ir dešinėn.
- **Vieningumas**
 - Vieningumas žymi žemėlapių tarpusavio sąryšius.
 - Visų žemėlapių elementų užrašų ir grafinio dizaino stiliai turi būti vienodi.
 - Žemėlapis turi atrodyti vieningas, o ne nesusijusių skiaučių ir gabaliukų rinkinys.
- **Harmonija ir bendra išvaizda**
 - Visi žemėlapių elementai turi veikti kartu.
 - Raidžių ir simbolių stiliai turi papildyti vienas kitą.
 - Simbolių išvaizda turi derėti tarpusavyje.
 - Pasirinktas šablonas turi sudaryti malonią išvaizdą ir netrikdyti žvilgsnio.
- **Hierarchinis organizavimas**
 - Teminiai elementai turi būti vizualiai išreikšti ryškiau, negu baziniai duomenys, kurių atžvilgiu elementai rodomi.

- Teminiai elementai gali būti grafiškai struktūrizuoti. Pavyzdžiui, skirtingos spalvos kelių klasės arba dirvožemio ar augmenijos tipai gali būti suskirstyti grupėmis.
- Naudojant skirtingus vaizdinių kintamųjų derinius gali būti pasiektas vizualus žemėlapyje vaizduojamų elementų išdėstymas sluoksniais. Pavyzdžiui, vizualieji atspalvio kintamieji gali būti panaudoti atskirti įvairius dirvožemio tipus, o skirtingo rašto panaudojimas gali skirti dirvožemio potipius.
- Bendra išvaizda
 - Kartografo turi apgalvoti bendrą žemėlapių išvaizdą.
 - Žemėlapiai neturi būti perkrauti ar turėti per daug projektinių elementų, tačiau tuo pat metu jie neturi atrodyti tušti.

8.2.1 Žemėlapių projektavimo principai naudojant GIS

Rengiant teminius žemėlapius galutinis tikslas – pasirinkti žemėlapių skaitytojui intuityviai suprantamus simbolius, kurie atitinka pagrindinius įprastinės ir kompiuterinės žemėlapių projektavimo grafikos principus (nurodymus). Kai kurie tradicinio simbolių dizaino principai remiasi vizualaus kontrasto, standartų ir susitarimų, simbolių dydžio, paprastumo, figūros ir pagrindo organizavimo, duomenų klasifikavimo metodų, klasių skaičiaus ir kt. kontrole. Visa tai gali būti nesunkiai pritaikyta kompiuteriniam žemėlapių projektavimui. Pavyzdžiui, šie žemėlapių projektavimo principai tinka ir kompiuteriniams žemėlapiams: fonas visuomet turi būti pakankamai kontrastingas figūrų atžvilgiu – šviesus tamsiems žemėlapių elementams, tamsus šviesiems elementams.

Tačiau pradėjus sudarinėti GIS žemėlapius atsirado nauji principai, ir jie susiję su dinaminių vaizdinių kintamųjų panaudojimu, RGB arba HSI spalvų schemomis, ekrano dydžio ribojimu, ekrano nustatymais ir kt. „Standartiniai“ ekrano nustatymai gali būti netinkami ir labai klaidinantys.



Skaidrumas ir vaizdo gylis projektuojant žemėlapius GIS

8.3 Žemėlapių kompozicija

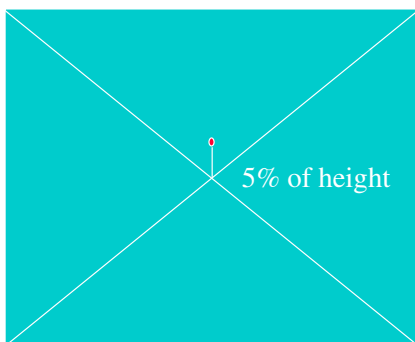
Žemėlapius sudaro tokie elementai kaip žemėlapių laukas, pavadinimas, legenda, intarpai, mastelis ir krypties rodyklės. Tai standartiniai elementai arba žemėlapių kompozicijos komponentai. Žemėlapių kompozicijos elementai suteikia kontekstą žemėlapyje vaizduojamiems duomenims. Jie nurodo vietą, temą, simboliką, orientaciją ir kt.

Harmonijos, vieningumo, tvarkos ir bendros išvaizdos dizaino principai taikomi projektuojant atskirus žemėlapių komponentus ir visą žemėlapi. Štai keletas svarbių klausimų, į kuriuos reikia atsakyti projektuojant žemėlapi:

- Ar tinkamai atrodo tuščias žemėlapių plotas, užpildytas žemėlapių komponentais?
- Kaip išdėstyti pasirinktus komponentus, kad jie sudarytų patrauklų ir suprantamą žemėlapių maketą?
- Koks bus santykinis naudojamų komponentų dydis, ir ar jie tinkamai išdėstyti?

Pagrindiniai žemėlapių maketo komponentai yra:

- Vaizdavimo sritis
 - Žemėlapyje vaizdavimo sritis yra svarbiausias žemėlapyje matomas elementas.
 - Žemėlapyje vaizdavimo sritis turi būti vizualiai žemėlapių maketo centre ir užimti didžiausią plotą.
 - Vaizdinis maketo centras yra tiesiai virš žemėlapių lapo geometrinio centro.
 - Paprastai patraukliausiai atrodantis formatas yra stačiakampis, kurio kraštinių proporcijos apytiksliai lygios trijų ir penkių santykiui.

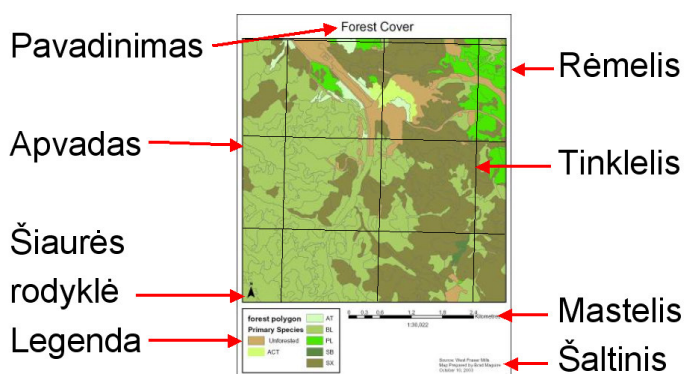


Vaizdinis maketo centras yra tiesiai virš žemėlapių lapo geometrinio centro

- Pavadinimas
 - Pasako, apie ką yra žemėlapis.
 - Pavadinimas turi atspindėti žemėlapių paskirtį.
 - Pavadinimas turi atspindėti rodomą tematiką.
 - Nėra nustatytos standartinės vietos.
 - Pavadinimas rašomas ten, kur sukuria geriausią balansą bendroje žemėlapių lapo kompozicijoje.

- Šrifto dydis ir stilius turi būti subalansuotas su tema.
- Pavadinimas turi būti kiek galima trumpesnis.
- Gali būti organizuotas hierarchiškai.
 - **ANTRAŠTĖ** nurodo temą ir yra didesnio, svaresnio tipo, pastorintu šriftu arba visomis didžiosiomis raidėmis; **Paantraštė** būna užrašyta mažesniu, šviesesniu šriftu ir nurodo žemėlapyje vaizduojamos srities geografiją.
 - Abu antraščių tipai turėtų būti centruoti pagal konstrukcinę liniją.
 - Tarp eilučių turi būti palikti tarpai.
- Legenda
 - Rodo, ką vaizduoja simboliai, raštai ir spalvos.
 - Bet koks žemėlapyje panaudotas simbolis, kuris nėra savaime aiškus, turi būti parodytas legendoje.
 - Simboliai legendoje turi atrodyti visiškai taip pat, kaip ir žemėlapyje, ir visame žemėlapyje turi būti visiškai vienodi.
 - Skaitytojas neturėtų būti verčiamas nuolat žvilgčioti į legendą.
 - Turi būti įtaikyta žemėlapio maketė, turėtų būti atidėta tuščioje vietoje ir prisidėti prie gero vizualaus žemėlapio lapo balanso.
 - Turi atrodyti aiškiai ir tvarkingai.
 - Dažnai legenda turi antraštę, kuri išplėtoja pavadinimą.
 - Skirtingos spalvų, rašto ir dydžių gradacijos simbolių serija turi būti išdėstyta vertikaliai, su mažiausiomis reikšmėmis apačioje.
 - Jei naudojamas apvadas, jis turi būti paprastas.
- Mastelis
 - Nurodo žemėlapio atstumus.
 - Vaizdinėje hierarchijoje turėtų turėti didžiausią prioritetą.
 - Linijiniai masteliai yra pranašesni už skaitmenines trupmenas arba tekstinį mastelį, nes nepraradami reikšmės gali būti sumažinti arba padidinti kartu su žemėlapiu.
 - Skaitmeninis trupmeninis mastelis turi būti parodytas žemėlapio lauke, kad padauginus būtų žinomas tikslus mastelis.
 - Linijinis mastelis turi derėti su žemėlapio tema.
- Orientacija
 - Nurodo tikrosios ir (ar) magnetinės šiaurės kryptį, ypač svarbi, jei naudojama netradicinė orientacija (šiaurė nėra viršuje).
 - Turi derėti su žemėlapio tema ir kitų elementų, pavyzdžiui, mastelio, dizainu.
 - Gali būti parodyta rodykle, tinklelio linijomis arba žymomis.
 - Rodyklės dydis lyginant su kitais žemėlapio elementais turi būti santykinai nedidelis.
- Apvadas, rėmelis ir koordinačių tinklelis
 - Apvadas aprėmina žemėlapio duomenis ir atskiria juos nuo likusių susijusių žemėlapio elementų.
 - Jis gali būti koordinačių tinklelio linija arba tinklelio dalis.

- Rėmelis padeda nustatyti žemėlapių fono ribas.
 - Kai žemėlapių detalių dalis nusidriekia už žemėlapių rėmelio, toks žemėlapis vadinamas žemėlapiu su užspausdintu pakraščiu (*bleeding the map*).
- Rėmeliai suteikia dizainui stabilumo.
- Tinklelis rodo, kokia sritis vaizduojama žemėlapyje.
- Įterptiniai žemėlapiai
 - Turėtų būti išdėstyti, kad užpildytų tuščias vietas.
 - Naudojami pateikti studijų srities dalį tikslesniu masteliu arba parodyti platesnę žemėlapyje vaizduojamos srities apžvalgą.
- Šaltinis
 - Nurodo žemėlapyje parodytų duomenų kilmę.



Žemėlapių kompozicijos elementai

8.3.1 Žemėlapių maketas

Žemėlapių maketo projektavimas pradedamas nuo geografinės srities, kurią reikia pavaizduoti žemėlapyje, nagrinėjimo. Prieš pradedant šį procesą reikia atsakyti į keletą klausimų. Kaip galima įtalpinti žemėlapyje vaizduojamą sritį į popieriaus lapą? Ar gali maketas tilpti į kvadratą? Ar jis pailgas? Kokios orientacijos turėtų būti žemėlapis? Dėl to turi būti apgalvoti specialūs reproduktivimo reikalavimai. Turi būti išnarinėti atitinkami apribojimai, susiję su spausdinto lapo dydžiu ir popieriaus kaina. Labiausiai pageidautinas formatas yra stačiakampis, kurio kraštinių proporcija yra apytiksliai trys ir penki. Keleto laipsnių posūkis nuo šiaurės krypties gali būti priimtinas, tačiau pageidautina, kad šiaurė būtų apytiksliai žemėlapių viršuje.

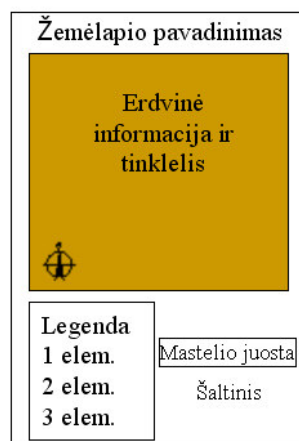
Papildomi klausimai susiję su tuo, kur ir kaip elementai bus išdėstyti arba subalansuoti žemėlapių makete. Pavyzdžiui, kur turėtų būti atidėta legenda ir kiti žemėlapių elementai? Visi žemėlapių elementai žemėlapių rėmelyje turėtų būti paskirstyti tolygiai. Norint, kad žemėlapių maketas neatrodytų neproporcingas, reikia apgalvoti kiekvieno elemento svarbą. Kad padėtų suteikti žemėlapių lapui pusiausvyrą, elementai gali būti šiek tiek padidinti arba sumažinti. Balansavimas turi būti atliekamas atsižvelgiant į jų svarbą (hierarchiją), vaizdinę elementų

tarpusavio topologiją, vizualų žemėlapio centravimą ir bendrą išvaizdą. Visi žemėlapio elementai turėtų būti subalansuoti apie vizualųjį centrą.

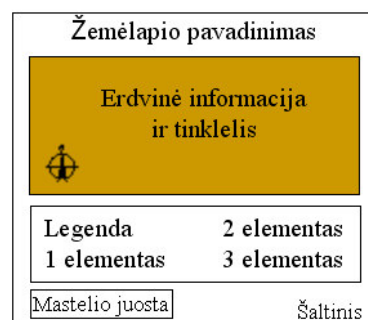
Visų žemėlapio elementų dydžiai turėtų būti atidžiai išnagrinėti. Svarbiausi komponentai žemėlapyje turėtų būti parodyti ryškiausiai. Norint pabrėžti tai, kas svarbu, naudojamas dydis, spalva ir šrifto stilius. Pavyzdžiui, papildomi duomenys, įskaitant tokius aiškinamuosius žemėlapio elementus, kaip šiaurės rodyklė, turi būti vertinami kaip antraeiliai. Panašiai, užsakovo emblemos žemėlapyje turėtų būti didesnės ir labiau pastebimos, negu žemėlapį rengusios kompanijos.



Žemėlapis pagal formatą per mažas



Gerai išnaudota erdvė



Žemėlapis pagal formatą per siauras

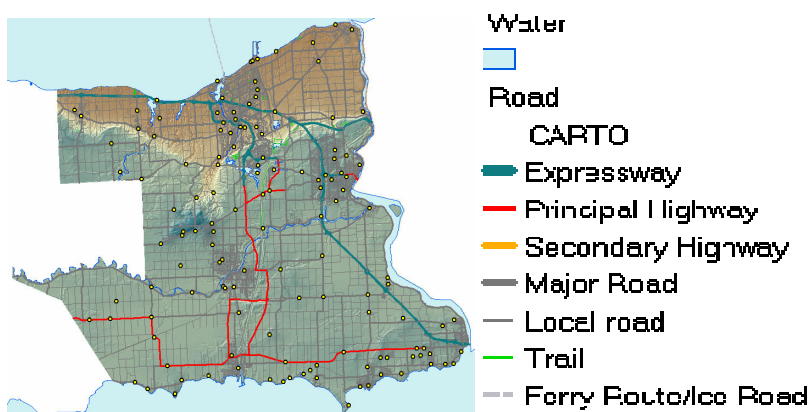
Žemėlapių maketų pavyzdžiai

8.4 Žemėlapių simbolika

Stambesnieji teminio žemėlapių komponentai – pavadinimas, legenda ir mastelis – yra sudaryti iš smulkesnių elementų: simbolių, užrašų, tonavimo, spalvų ir raštų. Žemėlapių simboliai yra grafinės komunikacijos kalba.

Pasirenkant simbolius gali būti atsižvelgta į keletą aplinkybių:

- Geografinių reiškinių pobūdis: jų matmenys, geografinė vieta ir topologija.
- Žemėlapių paskirtis arba tema.
- Duomenų kokybė, pobūdis ir matavimų lygis.
- Simbolių kartografiniai susitarimai ir standartai.
- Žemėlapių naudotojų įgūdžiai.
- Kartografo, kartografinės programinės įrangos ir dauginimo technologijos projektavimo galimybės.
- Susitarimai dėl spalvų, dydžių, formų ir raštų:
 - mėlyna įprasta vandeniu;
 - kelių sluoksnio simboliai remiasi linijinių elementų temos standartinių transporto simbolių rinkiniu – pagal išvardijamąsias duomenų reikšmes.



Standartinis kelio tipų simbolių rinkinys (išsaugotas ir platinamas kaip *ArcView* *avl* failas)

Turėtų būti laikomasi tokių pagrindinių bendrojo simbolių dizaino idėjų:

- Simboliai turi būti aiškiai suprantami – jie turi būti nesunkiai atpažįstami pagal legendą.
- Simboliai turi atitikti paskirtį ir auditoriją, kuriai skiriami.
- Simboliai turi būti kontrastingi gretimų simbolių ir fono atžvilgiu.
- Simboliai turi būti organizuoti į nuoseklias kategorijas, ir kiekvienoje kategorijoje turi būti nustatyta atitinkama tvarka.
 - Pavyzdžiui, visos upės bus vaizduojamos mėlynai, tačiau jos skirstomos pagal dydį naudojant skirtingo pločio linijas.
- Simboliams ir paviršiams naudokite elementarius arba atpažįstamus kontūrus ir spalvas.
- Kur tik galima mažinkite linijinių vaizdų kiekį:
 - Venkite viename žemėlapyje naudoti du paviršius arba dvi persiklojančias plotų temas.

- Venkite naudoti du raštus persiklojančių plotų temoms.
- Tušti žemėlapių plotai gali būti efektyviai išnaudoti perduoti svarbius informacinius pranešimus.
- Svarbioms temoms pabrėžti gali būti naudojamos išsiskiriančios spalvos, dydžiai ir linijų storiai.
- Simbolių projektavimas yra iteratyvus procesas, ir turėtų būti patikrintas visų galimų simbolių kombinacijų ir išdėstymų atžvilgiu.
 - Vienas simbolių rinkinys turi įtakos kitam.

8.5 Žemėlapių užrašai

Daugelyje žemėlapių siekiant perteikti žemėlapių informaciją būna nemažai teksto:

- Pavadinimai
 - Pavyzdžiui, prie gyvenamųjų vietovių simbolių užrašyti tų vietovių pavadinimai.
- Simbolika
 - Pavyzdžiui, pavadinimas gali rodyti kalnagūbrio padėtį.
- Paaiškinimas
 - Pavyzdžiui, toks paaiškinimas legendoje, kaip „1 taškas reiškia 1000 gyventojų“.
- Kryptys
 - Prie transporto simbolių užrašyta kryptis ir atstumas iki vietos.
- Hierarchijos nustatymas
 - Pavyzdžiui, šrifto dydis gali rodyti gyventojų skaičiaus skirtumus.
- Rodomas dydis
 - Pavyzdžiui, prie gamyklų simbolių gali būti įrašyti skaičiai, rodantys gamybos apimtį.

Žemėlapyje naudojamas tekstas perteikia įvairaus tipo informaciją:

- Tekstas įrašytas pavadinimuose ir legendose.
 - Žemėlapių legendose yra aiškinamasis tekstas.
- Šaltiniai ir kita aiškinamoji medžiaga yra grynas tekstas.
- Simbolių pavadinimai yra pagrindinis žemėlapių teksto dizaino klausimas:
 - Pavadinimai apima prie mastelio, simbolių pridėjus užrašus ir vietovardžius žemėlapyje.
 - Pavadinimai gali būti naudojami kaip atskiri simboliai – **lokatyvieji (locative)** simboliai.
 - Pavyzdžiui, kalnų virtinės pavadinimas gali rodyti vaizduojamo kalno padėtį.
 - **Nominalios** bet kurio elemento reikšmės gali būti parodytos prie elemento simbolio pridėtomis įvairiomis vizualiomis tekstinėmis žymomis.

Hidrografijos objektų pavadinimai: [2]
Drainage names:

1) jūros
sea

BALTIJOS JŪRA
BALTIJOS JŪRA

17 p.
11 p.

Balt New Cent Sch.
Italic Normal
Balt New Cent Sch.
Italic Normal

Nominalūs tekstiniai simboliai – mėlyna spalva skirta hidrografijai

- **Ordinalieji** vaizdiniai elementų pavadinimų kintamieji rodo geografinių reiškinių hierarchiją.

UŽRAŠŲ PAVYZDŽIAI EXAMPLES			Balt Helvetica
Miestų pavadinimai: [1] Names of towns:	VILNIUS	19 p.	Bold
1) kai gyventojų daugiau kaip 500 000 first class	VILNIUS	12 p.	Normal
2) nuo 100 000 iki 500 000 second class	ŠIAULIAI	16 p.	Bold
3) nuo 50 000 iki 100 000 third class	ŠIAULIAI	11 p.	Normal
4) nuo 10 000 iki 50 000 fourth class	MARIJAMPOLĖ	14 p.	Bold
5) iki 10 000 fifth class	MARIJAMPOLĖ	10 p.	Normal
	UKMERGĖ	12 p.	Bold
	UKMERGĖ	9 p.	Normal
	MOLETAI	10 p.	Bold
	MOLETAI	8 p.	Normal

Ordinalieji teksto simboliai – teksto dydis rodo gyventojų skaičiaus reikšmę

8.5.1 Rekomendacijos dėl žemėlapių elementų išdėstymo

Bendrosios pavadinimų dėstymo taisyklės:

- Pagrindinis reikalavimas – teksto aiškumas ir įskaitomumas.
- Užrašai neturi kirstis su kitu žemėlapių tekstu ir simboliais.
 - Persiklojančių pavadinimų reikia vengti, juos paslenkant arba naudojant rodyklių linijas (kaip kraštutinę priemonę).
 - Kai pavadinimai ir sričių simboliai persikloja, turi būti paslinkti pavadinimai, bet ne simboliai.
- Užrašai paprastai turėtų būti orientuoti taip, kad atitiktų žemėlapių orientacijos struktūrą.
 - Pavyzdžiui, išilgai apvadų arba tinklėlio linijų.
- Pageidautina horizontalaus arba artimo horizontaliam formato užrašų orientacija – taip lengviau skaityti.
- Venkite lenktų užrašų, nebent jie būtų būtini.
 - Pavyzdžiui, tai gali vizualiai iškraipyti elementų orientaciją.
- Pavadinimai neturi būti per daug išsiplėtę, ir užrašai turi būti išdėstyti taip, kad tinkamiausioje vietoje rodytų taškinį arba linijinį elementą.
- Niekada neturėtų būti naudojami apversti užrašai.

Pavadinimų išdėstymas priklauso nuo simbolio matmenų ir įvairių taškų, linijinių elementų ir plotų ženklavimo nurodymų rinkinių.

Pagrindinės taisyklės **taškiniams** simboliams:

- Galimas bet koks užrašų išdėstymo elemento vietos atžvilgiu variantų skaičius.
 - Variantai gali būti išrikiuoti mažėjančio pranašumo tvarka.
 - Labiausiai pageidautina užrašo padėtis yra viršuje ir į dešinę nuo elemento vietos.
 - Pageidautinoje vietoje gali kilti konfliktų su kitais užrašais arba žemėlapių simboliais, tada pavadinimus reikės perkelti į tolesnę pagal pirmumą pasirinktą vietą.
 - Pavadinimų dėstymas gali būti iteracinis procesas.

☛ Offset label horizontally around the point

2	2	1
3		2
3	3	2

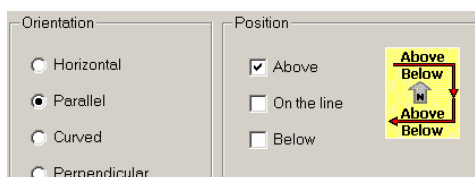
Prefer Top Right, all allowed

Taškinio simbolio pavadinimo valdymo elementai *ArcMap* programoje

- Kad būtų paprasčiau interpretuoti, pavadinimo užrašas turi būti vizualiai susijęs su ženklinamu simboliu.
 - Vienoje upės arba kontūro pusėje išdėstytų vietų pavadinimai turi būti išdėstyti toje pačioje pusėje.
 - Prie didelių vandens telkinių kranto linijos esančių vietų pavadinimai turi būti visiškai sausumoje arba visiškai vandenyje.
 - Tarpai tarp raidžių pavadinimuose turi būti siauri.

Pagrindinės taisyklės **linijiniams** simboliams:

- Užrašai turi būti išdėstyti šalia ir lygiagrečiai linijinių elementų, kuriuos žymi.
- Pavadinimą geriau atidėti virš linijinio elemento, o ne po juo.



Linijinio simbolio pavadinimo valdymo elementai *ArcMap* programoje

- Užrašų nuo linijinio elemento neturi skirti kitas simbolis ar užrašas, ilgiems elementams jie gali būti protarpiais kartojami (pvz., kas 10 cm pagal žemėlapių mastelį).
- Jei linijinis elementas lenktas, užrašas turėtų būti šiek tiek išlenktas, kad atkartotų elemento formą; reikia vengti pavadinimų dėstymo vertikaliai (ypač – aukštyne dešinėje pusėje ir žemyn kairėje žemėlapių pusėje) ir vengti naudoti sudėtingas kreives.
- Pavadinimas turi būti atidedamas linijinio segmento viduryje.
- Pavadinimas turi turėti tarpus tarp raidžių, tačiau ne per didelius.
- Pavadinimai turi būti vizualiai lengvai skaitomi ir susieti su žymimu simboliu.

Pagrindinės pavadinimų dėstymo taisyklės **plotų** simboliams:

- Užrašas turi būti atidedamas atitinkamą plotą turinčio reiškimo kontūro ribose.
 - Pavyzdžiui, pavadinimai turi būti visiškai sausumoje arba visiškai vandenyje.
- Tekstas turi driektis skersai aprašomo elemento, pavadinimas turi būti suvokiamas kaip vaizduojamo elemento pavadinimas.
 - Paprastai tarpai tarp raidžių turi būti tokie, kad užrašas siektų elemento kraštus, tačiau ne per arti elemento kraštinės.
- Pavadinimai gali būti lengvai išlenkti.
- Pavadinimas arba jo dalis niekada neturi būti užrašytas apverstas.
- Žemėlapyje esančių pavadinimų žodžiai neturi būti keliami į kitą eilutę.

8.5.2 Pavadinimų ir teksto dėstymas GIS

Rankinis pavadinimų rašymas gali užimti iki 80 proc. žemėlapių projektavimo laiko. Automatizuotas pavadinimų dėstymas yra esminis šiuolaikinio žemėlapių projektavimo ir dauginimo komponentas.

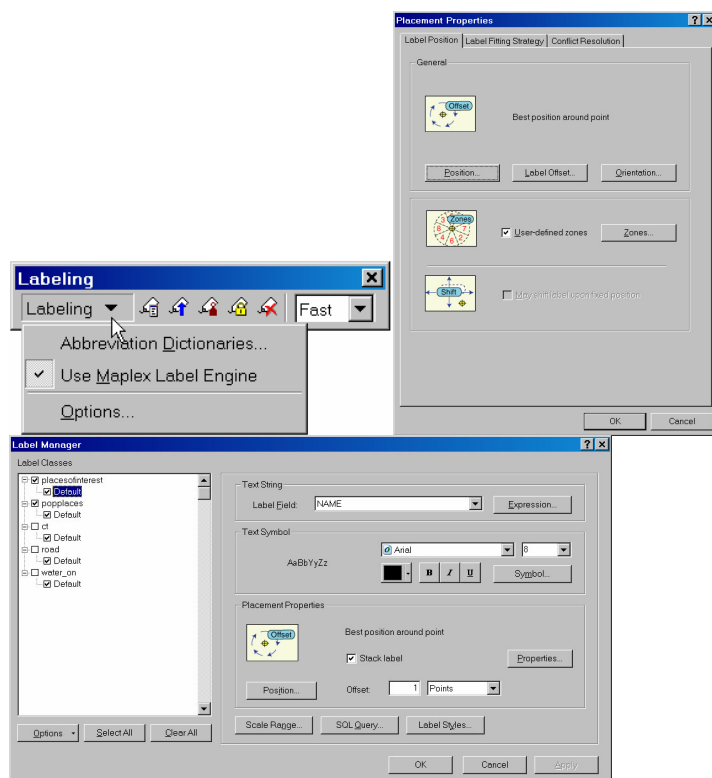
Ankstesniame skyrelyje apžvelgti pagrindiniai pavadinimų dėstymo principai dabar galimi ir GIS programinėje įrangoje (pvz., *ArcGIS* programos *Maplex* priedas). Šie programiniai paketai turi galimybę projektuoti atitinkamą pavadinimų išdėstymą žemėlapyje. Šiuose programiniuose paketuose stengiamasi imituoti tradicines pavadinimų dėstymo rekomendacijas. Tai atliekant jie paprastai leidžia projektavimo pradžioje pasirinkti vartotojo nustatymus. Siekiant tenkinti iš anksto nustatytas dėstymo taisykles ir išvengti bet kokio pavadinimų ir simbolių persiklojimo taikomi sudėtingi algoritmai. Rezultatai gali būti patenkinami, tačiau kartografo paprastai tenka įsikišti ir patikslinti dėstymo procesą.

Naudojant GIS programinę įrangą žemėlapių dėstymas gali būti atliekamas dviem režimais:

- Rankinis – naudotojas gali rankiniu būdu naudodamas teksto įrankius perkelti ir pasukti pavadinimus arba anotacijas.

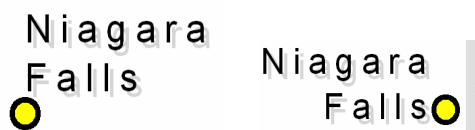


- Automatizuotas – naudotojas gali nustatyti pavadinimų dėstymo pasirinktis ir taisykles. ☒ Label Features, o programinė įranga paženklin elementus, nors vis dar gali reikėti pataisymo ranka.



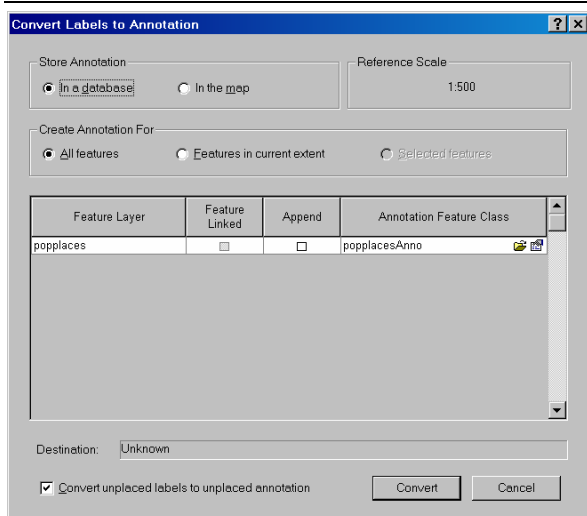
ArcMap pavadinimų valdymo elementai

GIS programinė įranga neretai gali suteikti naujų pavadinimų dėstymo galimybių. Pavyzdžiui, *ArcMap* leidžia taikyti operatyvius (*live stack*) pavadinimus. Pavyzdžiui, jei žemėlapis sritis paslenkama arba padidinama ar sumažinama, užrašai bus išdėstyti pagal naujas simbolių padėtis ir ekrano mastelį.



Operatyvus užrašas

Be to, *ArcMap* naudoja automatizuotą pavadinimų dėstymą, ir pavadinimų tekstas imamas iš susietųjų ženklinamų simbolių atributų lentelių. Kad galėtų saugoti pavadinimus ir juos taisyti, naudotojas turi išsaugoti juos kaip anotacijas.



ArcMap anotacijų valdymo dialogas

8.5.3 Šriftų dizaino principai

Šriftas yra raidžių išvaizdos stilius. Galima rasti tūkstančius skirtingų raidžių stilių, ir kai kurie iš jų tinkami kartografijai. Yra daug raidžių stilių kategorijų – *Old-style*, *Modern*, *Sans serif* ir *Special*.

Žemėlapių projektuotojai skirtingus šriftų stilius, dydžius ir spalvas renkasi atsižvelgdami į poveikį, kurį šie teikia vaizduojant žemėlapių elementus. Tarp pagrindinių aspektų renkant skirtingus šriftus yra:

- Raidžių išvaizda turi būti suderinta su žemėlapiu turiniu.
- Žemėlapyje turi būti naudojama kuo mažiau (vienas arba du) šriftų, variantai gali būti išgauti keičiant vienos šriftų šeimos stilių, dydį, spalvą ir storį (plonas – *light*, vidutinis – *medium* ar pastorintas – *bold*).
 - Nesirinkite dizaino stilių, turinčių pastebimai kontrastingas tarpusavyje raides.
- Šrifto dydis turi atitikti žemėlapių simbolių hierarchiją.
- Įskaitomumas – šriftai turi būti lengvai skaitomi (nenaudokite mažesnio kaip 6 punktų dydžio šrifto).
- Didžiausi šriftų dydžiai ir pastorinti ar didžiųjų raidžių stiliai turi būti naudojami tik svarbiausiems arba didžiausiems elementams vaizduoti.
- Pasviri (*italic*) stiliai paprastai skiriami nurodyti hidrografinių elementų pavadinimus.
- Dažniausiai tekstui naudojamas juodas šriftas, išskyrus vandens elementus (mėlynas) ir izolinijų žymas (tamsiai rusvas – *sepija*, arba rudas).

Raidžių išvaizda turi derėti su žemėlapiu tema ir būti pasirinkta remiantis geriausiu dizaino prototipu. Tarp pagrindinių aspektų renkant šriftą yra įskaitomumas, suvokiamumas, susitarimai ir standartai, harmonija, kaina, patogumas ir tinkamumas dauginti.

Keletas nurodymų renkant skirtingus šriftų tipus:

- Dekoratyvūs ar pagrindiniai šriftai
 - Dekoratyvinius naudokite tik emblemoms, antraštėms ir pan.

- Dekoratyvinius šriftus naudokite taupiai!
- Visur kitur naudokite pagrindinius šriftus.
- *Serif* ar *Sans-Serif* šriftai
 - *Serif* šriftai paprastai naudojami gamtiniais elementams.
 - *Sans-serif* paprastai naudojami dirbtiniams elementams.
 - *Serif* formos tinka, kai raidės yra išskirstytos – šios formos padeda susieti raides kartu.

Yra daug skirtingų šriftų stilių:

- Roman (statmenas) ir *Italic* šriftai.
- Plonas, vidutinis arba **pastorintas**.
- DIDŽIŲJŲ RAIDŽIŲ, mažųjų raidžių, MIŠRIŲ Raidžių, MAŽŲ DIDŽIŲJŲ RAIDŽIŲ ir kt.
- Pabrauktas, dukart pabrauktas.
- Spalvos – plati gama.

Šriftų dydžiai paprastai matuojami punktais, kur 1 punktas = 1/72 colio. Mažiausias įskaitomas šriftas yra apie 5 arba 6 punktais:

- Čia yra 5 punktai.
- Čia yra 6 punktai.

Pagrindinis puslapio tekstas būna nuo 8 iki 12 punktų:

- Čia yra 8 punktai.
- Čia yra 9 punktai.
- Čia yra 10 punktų.
- Čia yra 12 punktų.

Antraštės būna 14 punktų ir didesnės:

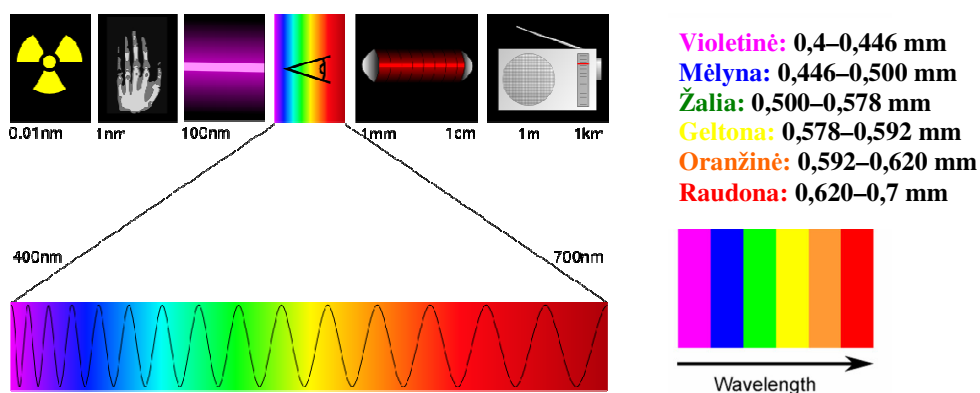
- Čia yra 14 punktų.
- Čia yra 20 punktų.
- Čia yra 24 punktai.

Geografiniai vietovardžiai žemėlapyje turi būti užrašyti pagal oficialią toponimiją. Geografinių vietovardžių rašyba ir tarimas įvairiomis kalbomis daugelyje šalių yra standartizuotas. Geografiniams įvairių tipų elementų (vietų) pavadinimams kartu su jų geografinėmis arba projekcinėmis koordinatėmis saugoti naudojamos geografinių pavadinimų informacinės sistemos (*Geographical Names Information Systems*). Šios sistemos taip pat gali turėti automatizuotos vietovardžių paieškos ir išdėstymo žemėlapyje funkcijas.

8.6 Spalvos žemėlapyje

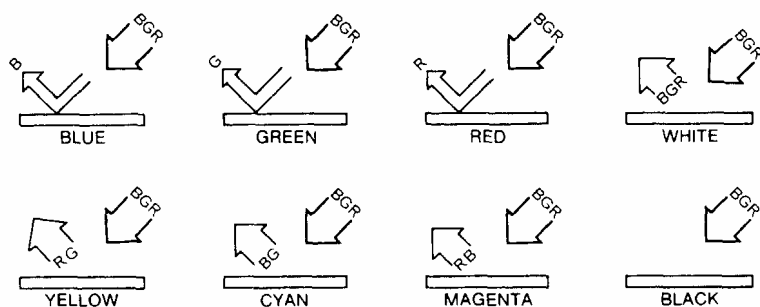
Žmogaus regėjimo sistema remiasi atspindėtos šviesos suvokimu. Objekto spalva apibrėžiama nuo objekto atspindėjusio elektromagnetinio spinduliavimo (EMS) (fotonų ir bangų) bangos ilgiu. Taigi, „raudonas“ objektas yra raudonas, nes jis atspindi raudonosios EMS spektro dalies bangas.

Žmogaus akis jautri tik labai mažai regimajai viso elektromagnetinio spektro daliai. Pagrindinės sudedamosios šios dalies šviesos bangos yra mėlyna (*blue*), žalia (*green*) ir raudona (*red*). Tarpinės spalvos susiformuoja, kai objektas atspindi dvi ar daugiau pirminių sudedamųjų bangų, kurios susilieja sukurdamos geltonos – *yellow* (raudona ir žalia), žydros – *cyan* (mėlyna ir žalia), violetinės – *purple* (raudona ir mėlyna) ar kitų spalvų pojūtį.



Elektromagnetinis spektras (iš *Wikipedia*)

Trys pagrindinės adityvinės sudedamosios spalvos (raudona, žalia, mėlyna) naudojamos aprašyti atspindėtas spalvas, kurias suformuoja šviesa. Žmonės mato **atspindėtas spalvas**, atsirandančias dėl atrankinės regimojo spinduliavimo absorbcijos įvairiuose objektuose. Trispalvė žmogaus regos teorija remiasi pirminių spalvų maišymu: pirminių spalvų intensyvumai perduodami į mūsų smegenis, ir žmogaus smegenys sukuria spalvotus vaizdus.



Atspindėtų spalvų susidarymo procesai

Trys skirtuminės pirminės spalvos (žydra – *cyan*, rausva – *magenta* ir geltona – *yellow*) naudojamos filmuose, paveiksluose ir panašiuose atvaizduose, kuriuos suformuoja pigmentų ir dažų spalvas apibrėžiantys junginiai.

Žmonės vartoja žodį „spalva“ nusakyti jos atspalvį, tačiau spalva turi tris savybes, arba matmenis:

- **Atspalvis (*hue*)** atitinka konkretų vyraujantį bangos ilgį (pvz., raudona siejama su dominuojančiu 600–700 nanometrų bangos ilgio atspindžiu).
- **Šviesumas (*brightness*)** arba **dydis (*value*)** priklauso nuo objekto ir jo aplinkos atspindėtos arba skleidžiamos šviesos kiekio (pvz., santykinis spalvos šviesumas arba tamsumas).
- Spalvos **šotis (*saturation*)** arba **sodrumas (*chroma*)** yra suvokiamas baltos spalvos kiekis atspalvyje jo šviesumo atžvilgiu, arba suvokiamas baltos spalvos kiekis atspalvyje to pačio dydžio pilko tono atžvilgiu (pvz., spalvos intensyvumo arba grynumo įvertinimas).

Norint efektyviai išnaudoti spalvą, ji turi būti tiksliai aprašyta ir išmatuota. Taikomaisiais tikslais, kad būtų galima tiksliai aprašyti spalvas praktiniams poreikiams, buvo sukurtos spalvų modeliavimo arba kolorimetrinės sistemos. Poligrafijoje ir kompiuterijoje naudojamos kolorimetrinės sistemos kartografijai taikomos žemėlapių projektavimo, gamybos ir dauginimo tikslais.

Kolorimetriniai modeliai remiasi nuo žemėlapių ir kitų paviršių atspindėtos šviesos spektrofotometriniais matavimais. Spausdintiems žemėlapiams ir kompiuteriniams ekraniniams žemėlapiams šie modeliai visiškai skiriasi. Tie modeliai aprašo spalvas unikaliu būdu trimatėje „spalvų erdvėje“ (atspalvis, dydis ir (ar) sodrumas), ir ši erdvė turi būti pakankamai didelė, kad aprėptų visus galimus adityviųjų arba skirtuminių pirminių spalvų derinius.

Dauginimo procese naudojamų kolorimetrinių modelių pavyzdžiai yra Tarptautinės apšvietimo komisijos (*Commission International de l'Eclairage* – CIE) sistema, *Munsell* spalvų sistema, natūralių spalvų sistema (*Natural Color System* – NCS), *Ostwald* sistema, PAN-TONE atitikties sistema ir kt.

Trys dažniausiai naudojamos elektroninės spalvų dizaino ekrano-modeliavimo sistemos yra:

- Raudona, žalia, mėlyna (*Red, Green, Blue* – RGB).
- Atspalvis, šviesumas, šotis (*Hue, Lightness, Saturation* – HLS).
- Atspalvis, dydis, sodrumas (*Hue, Value, Chroma* – HVC).

CRT monitoriai spalvoms kurti naudoja adityviasias pirmines (raudoną, žalią ir mėlyną) spalvas. Adityviasias, nes monitoriai skleidžia šviesą, ir Raudona + Žalia + Mėlyna = Balta.

Spausdintiniuose žemėlapiuose spalvoms kurti naudojamos skirtuminės pirminės (žydra, rausva ir geltona) spalvos. Skirtuminės, nes jos pradeda nuo baltos (Saulės arba kaitinamosios lempos) šviesos ir atima spalvas, taigi Žydra + Rausva + Geltona = Juoda (CMY).

Visos spalvos, kurios skiriasi nuo pirminių, sudaromos iš tam tikro raudonos, žalios ir mėlynos (arba žydros, rausvos ir geltonos) derinio.

RGB spalvų sistemos žymėjimas yra:

- Raudonos (*Red*) kiekis (0–255).
- Žalios (*Green*) kiekis (0–255).
- Mėlynos (*Blue*) kiekis (0–255).
- Paverčiamos šešiolyktainiais skaičiais sudaryti interneto spalvų mišinius.

- Vėliavos aprašymas:

- pagal RGB:

R = 255, G = 255, B = 0

R = 0, G = 180, B = 20

R = 230, G = 0, B = 0



- šešiolyktainiais skaičiais:

R = FFH G = FFH B = 00H

R = 00H G = B4H B = 14H

R = E6H G = 00H B = 00H

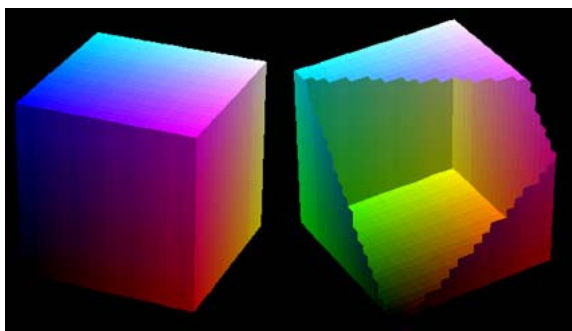


- mišinio reikšmėmis:

#FFFF00

#00B414

#E60000



RGB spalvų erdvė

CMY spalvų sistemos žymėjimas yra:

- Žydros (*Cyan*) kiekis (0–255).
- Rausvos (*Magenta*) kiekis (0–255).
- Geltonos (*Yellow*) kiekis (0–255).
- PAN-TONE spalvų schema naudojama spaustuvėse, ir maišytų dažų palyginimui naudoja korteles. *Munsell* spalvų sistema panaši.



PAN-TONE spalvų kortelės

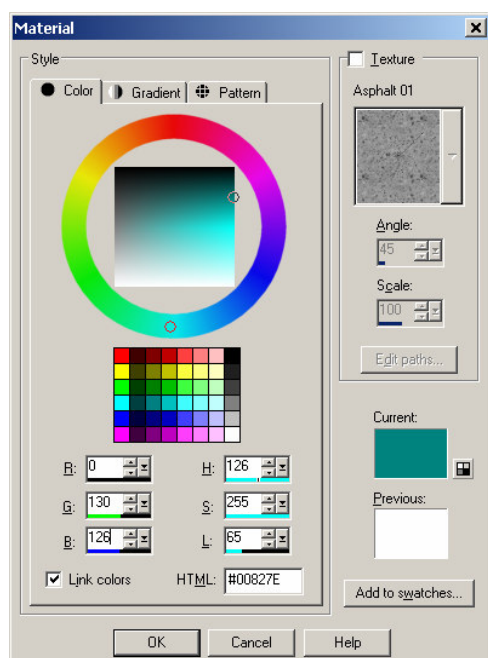
HLS spalvų žymėjimas yra:

- Atspalvis (*Hue* – „gryna“ spalva).
- Šviesumas (*Lightness* – pridėtos baltos kiekis).
- Sotis (*Saturation* – pigmento „kiekis“).

Spalvų pavadinimai apibrėžia spalvas pavadinimais:

- Rugiagėlės mėlyna (*CornflowerBlue*: R = 100, G = 149, B = 237).
- Blyški violetinė raudona (*PaleVioletRed3*: R = 205, G = 104, B = 137).

Daugelis GIS ir žemėlapių rengimo programų turi priemones tiksliam spalvų apibrėžimui RGB ir (ar) HLS sistemoje, kai kurios iš šių programų taip pat leidžia perskaičiuoti šias specifikacijas į spaustuvės spalvų sistemas.



Spalvų įrankiai taikomojoje programoje



Spalvų įrankiai internete. Šaltinis: <http://www.webwhirlers.com/colors/colorwizard.asp>

8.6.1 Spalvų panaudojimas žemėlapiuose

Spalvos naudojamos projektuojant daugelį žemėlapių elementų. Spalva yra vienas iš pagrindinių vaizdinių kintamųjų. Nėra tikslių ir griežtų taisyklių apie spalvų panaudojimą žemėlapiuose. Čia keletas bendrųjų nurodymų dėl spalvų panaudojimo:

- Atsižvelkite į auditoriją:
 - Žmonės iš skirtingos etninės aplinkos renkasi skirtingas spalvas.
 - 8-12 proc. vyrų Europoje neskiria spalvų.
- Venkite labai sodrių spalvų, ypač spalvindami didelius plotus; jos gali būti retkarčiais naudojamos kam nors pabrėžti.
- Tyrimai parodė, kad be legendos pagalbos žmonės gali atskirti tik apie 7 spalvas.
- Nominaliesiems duomenims (pvz., politiniam pasaulio žemėlapiui) naudokite analogines arba chromatines (atspalvio) variacijas.
- Išvardijamiesiems, intervaliniams arba santykiniais duomenims naudokite šviesumo arba sodrumo kitimą (t. y. sukurti spalvinius lygius tolydiems vietovės aukščio duomenims).
- Bendra taisyklė: venkite trijų dalių spalvų, papildomųjų spalvų, arba išskaidykite papildomas spalvas, nebent bandote išryškinti tam tikrą elementą.
- Šviesumo kontrastui tarp spalvų matuoti naudokite specialiai sukurtą balto popieriaus ir keletą spalvų rašalo vizualaus efektyvumo lentelę.
- Labiau tikėtina, kad grynų aukštesnių reikšmių spalvos, pavyzdžiui, geltona, oranžinė ir raudona, bus labiau matomos kaip figūros, negu žemesnių reikšmių žalios, mėlynos, rudos ir pilkos.
- Šviesumas yra pagrindinis spalvos matmuo, naudojamas padidinti kontrastą figūros ir fono sąryšiuose.
- Didesnio sodrumo spalvos turėtų būti naudojamos žemėlapių temai, o mažesnio sodrumo spalvomis turėtų būti užpildytos fono sritys.
- Naudokite spalvų susitarimus ir standartus:
 - Mėlyna spalva vandeniui, šalčiui, teigiamoms skaitinėms reikšmėms.
 - Žalia spalva augmenijai, žemumoms miškams.
 - Geltona ir rusva spalvos sausoms vietovėms, retai augmenijai, vidutiniams aukščiams.
 - Ruda spalva kontūrams ir sausumos dariniams.

- Raudona spalva šilumai, pagrindiniams keliams, miestų sritims, svarbiems elementams.
- Juoda spalva antraeiliams keliams, daugumai teksto, apvadams, riboms, mastelio lentelėms.
- Atsižvelkite į kultūrines spalvų reikšmes.
 - Mėlyna
 - Iranas: rojaus ir dvasingumo spalva.
 - Vakarai: depresija, liūdesys, konservatyvumas, korporatyvumas, „kažkas mėlyna“ vestuvinė tradicija.
 - Čerokių tauta (Šiaurės Amerika): pralaimėjimas, nelaimė.
 - Žalia
 - Kinija: žalios skrybėlės rodo, kad vyro žmona jį apgaudinėja.
 - Indija: islamo simbolis.
 - Airija: visos šalies simbolis.
 - Vakarai: pavasaris, naujas gimimas, energija, Šv. Patriko diena, Kalėdos (su raudona).
 - Raudona
 - Kinija: sėkmė, šventė, kvietimas.
 - Čerokių tauta (Šiaurės Amerika): sėkmė triumfas.
 - Indija: tyrumas.
 - Pietų Afrika: gedulo spalva.
 - Rusija: bolševikai ir komunizmas.
 - Rytų kultūros: dėvima nuotakų.
 - Vakarų kultūros: susijaudinimas, pavojus, meilė, aistra, stabdymas, Kalėdos (su žalia), revoliucija.

Kai kurie iš šių požiūrių remiasi Vakarų tradicijomis.

8.6.2 Kokybinių elementų simbolizavimas

Atspalvio spalvos matmuo yra tinkamas pagrindinis grafinis kintamasis, skirtas naudoti vaizduojant skirtingų tipų ar klasių kokybinius elementus. Tik atspalviu kintančios spalvos neperduoda „dydžio pranešimo“. Pasirenkant atspalvį ar atspalvio kitimą kokybiniam žemėlapiui, reikia atsižvelgti į šiuos principus:

- Atspalvių susitarimai – mėlyna hidrografiniams objektams.
- Spalvų standartai – izolinijos būna rudos.
- Unikalių ir mišrių atspalvių sekos.



Unikalių ir mišrių atspalvių sekos

- Atspalvių ir šviesumų deriniai.



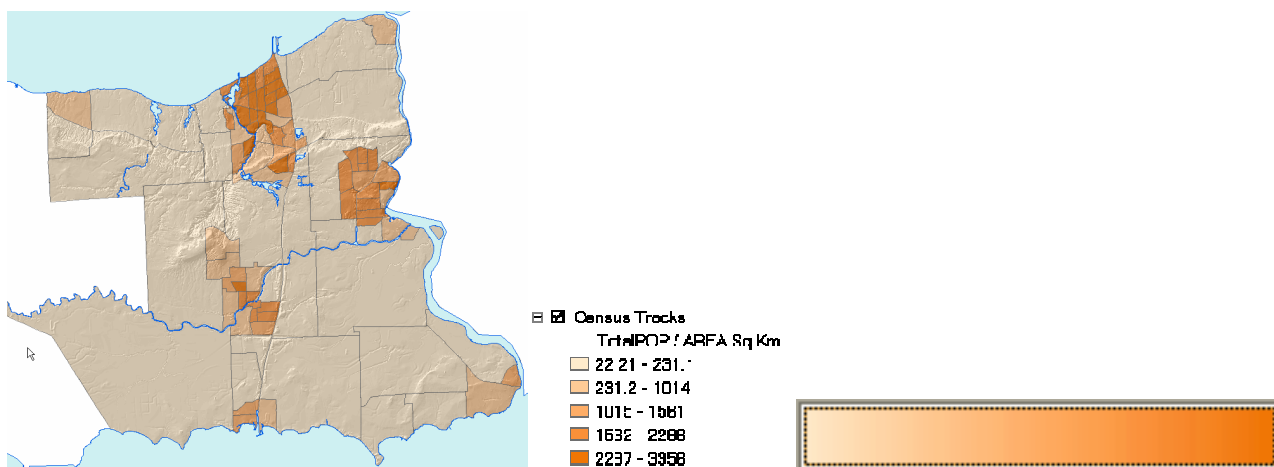
Atspalvių ir šviesumų derinių seka

- Simbolinės papildomos atspalvių reikšmės
 - Tamsesnių, žemesnių reikšmių spalvų sekos žymi didesnę kieno nors kiekį.

8.6.3 Kiekybinių elementų simbolizavimas

Kintamo šviesumo arba sodrumo spalvų sekos naudojamos vaizduoti kiekybinių duomenų rinkinį išvardijamiesiems, intervaliniams arba santykiniais matavimų lygiams. Tokios sekos turi vaizduoti reiškinio dydžio pokyčius ir pateikti nesudėtingą žemėlapyje ir legendoje esančių spalvų sutapatinimą. Suprojektuoti tokią seką gali būti taikoma keletas metodų:

- Vieno atspalvio seka su dydžio ir sodrumo derinių serija.
 - Spalvų serijai graduojamas vienas atspalvis.
 - Pavyzdžiui, šviesumo seka nuo baltos iki juodos gali būti naudojama nespalvotiems žemėlapiams.



Vieno atspalvio sekos



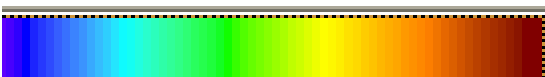
Šviesumo seka

- Dviejų atspalvių seka su šviesumo ir sodrumo kombinacijų serija.
 - Du atspalviai graduojami tarp dviejų galinių taškų.
 - Pavyzdžiui, dvipolė spalvų seka naudojama vaizduoti teigiamus ir neigiamus reiškinio pokyčius.



Dvypolė spalvų seka

- Keleto atspalvių seka su šviesumo ir sodrumo kombinacijų serijomis.
 - Pavyzdžiui, viso spektro atspalvių seka nuo mėlynos iki raudonos, simbolizuojanti kiekybinius duomenis, panaudota vaizduoti reljefo sekos žemėlapiams.



Viso spektro atspalvių seka

- Pereinamų atspalvių seka, naudojama parodyti vietovės aukščio skirtumus, yra nuo geltonos iki oranžinės ir rudos.



Pereinamų atspalvių seka

Šių tipų sekos yra vienas iš efektyviausių būdų žemėlapyje parodyti erdvines dydžio kitimo struktūras. Žmogaus akis žemėlapyje negali lengvai atskirti daugiau kaip 5–7 spalvos sodrumo laipsnių. Jei jų yra daugiau, žemėlapiu skaitytojas turės pasitikslinti spalvas pagal legendą, ir interpretuoti šviesumo ir atspalvių skirtumus.

8.6.4 Žemėlapių rengimas ir darbų seka GIS

Žemėlapių projektavimas GIS struktūroje dažnai vadinamas **projektavimo ciklu**. GIS žemėlapių rengimo procesui suteikia daug patogumo, ir padaro šį procesą prieinamą ne tik profesionaliems kartografams, bet ir kiekvienam susidomėjusiam ir norinčiam išmokti dirbti su sistema. GIS struktūroje siūloma žemėlapiu rengimo operacijų tvarka tokia:

- Nustatyti darbinę aplinką ir puslapio nustatymus.
- Įtraukti, pertvarkyti ir pervadinti sluoksnius.
- Suprojektuoti foną.
- Suprojektuoti poligonų elementų sluoksnius.
 - Pirmiausia vientisa spalva užpildytus poligonus.
 - Po to štrichuotus poligonus.
- Suprojektuoti linijinių elementų sluoksnius.
- Suprojektuoti taškinių elementų sluoksnius.
- Apibrėžti pavadinimų ypatybes.
- Suprojektuoti maketo elementus.
- Subalansuoti maketo elementus.
- Išsaugoti kaip šablona.
- Eksportuoti į grafinį paketą papildomam darbui (pvz., *postscript*).
- Patobulinti projektą grafinio dizaino programa (pvz., *Adobe Illustrator*).

Tokios naujos technologijos, kaip GIS ir kompiuterizuotos kartografijos programinė įranga, taip pat pateikia naujų tipų žemėlapių produktus, kuriems naudojama multimedija ir interaktyvūs žemėlapių projektavimo metodai. GIS aplinkoje galimi tokie nauji kartografiniai produktai:

- Interaktyvūs internetiniai žemėlapiai ir atlasai.
- Judantys ir interaktyvūs vaizdai.
- Internetinis žemėlapių sudarymas ir portalai.
- GIS mobilieji žemėlapiai.
- Internetinės žemėlapių tarnybos.
- Naršymo priemonės, pavyzdžiui, „žuvies akies“ tipo lęšis.
- Realizmo ir simbolizmo variantų tendencija.
- Virtuali realybė ir trimatė kartografija.

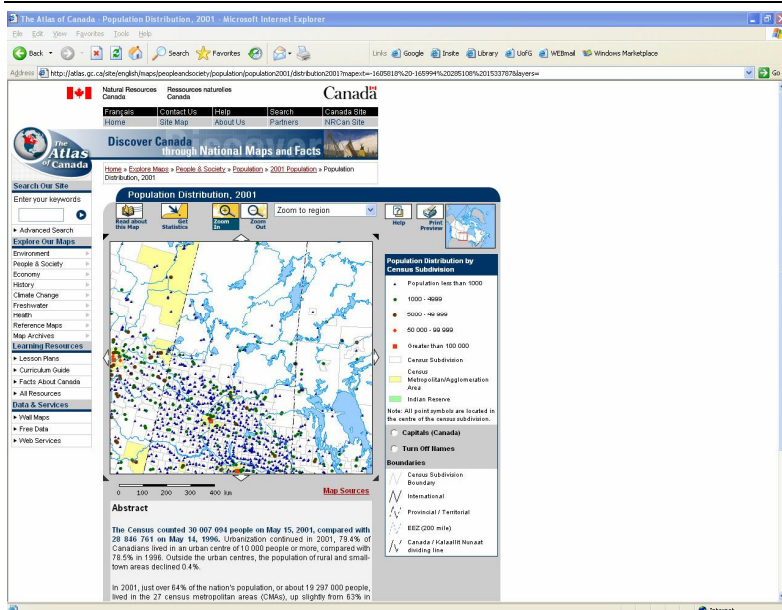
Naujos kompiuterinio žemėlapių sudarymo technologijos turi ir pranašumų, ir trūkumų. Pagrindiniai GIS arba kompiuterinio žemėlapių sudarymo pranašumai:

- Viskas viename: vaizdavimo, analizės, žemėlapių rengimo priemonės.
- Greitis: geotransformacijos, perprojektavimas, ciklinis dizainas.
- Parama: kartografiniai principai ir nauji vaizdiniai kintamieji.
- Gera grafika: 2D/3D/4D, perspektyvinis vaizdas.
- Preciziškumas.
- Tarpusavio suderinamumas ir galimybė panaudoti pakartotinai.
- Pasirinktinai plečiama aplinka.
- Gamybos efektyvumas ir kontrolė.
- Išraiškos laisvė: dizaino alternatyvos.

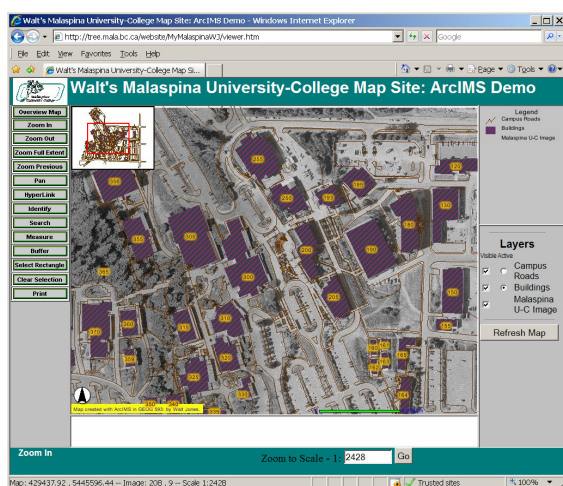
GIS žemėlapių rengimo trūkumai:

- Nė viena GIS programa neturi viso įrankių rinkinio rastrinės ir vektorinės grafikos dizainui, lyginat su tokiomis programomis, kaip *Adobe Illustrator*.
- Daugelis GIS programinių paketų naudoja sluoksnių metodą simbolių matmenims (taškams, linijoms ir ploto objektams) atskirti.
- Dažnai reikia papildomo rankinio apibendrinimo ir tikslinimo.
- Rankinis užrašų koregavimas reikalauja milžiniškos apimties darbo.
- Nėra galima rengti visų tipų žemėlapių (pvz., rodyklinių žemėlapių – *arrow maps*) arba yra riboti pasirinktinio dizaino variantai.

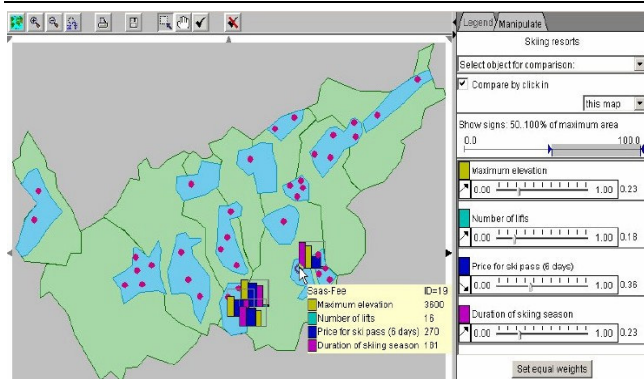
Geodezija ir kartografija geografinės informacijos infrastruktūros poreikiams. Mokomoji knyga



Kanados internetinis atlasas ir geografinis portalas (<http://atlas.nrcan.gc.ca/site/english/index.html>).

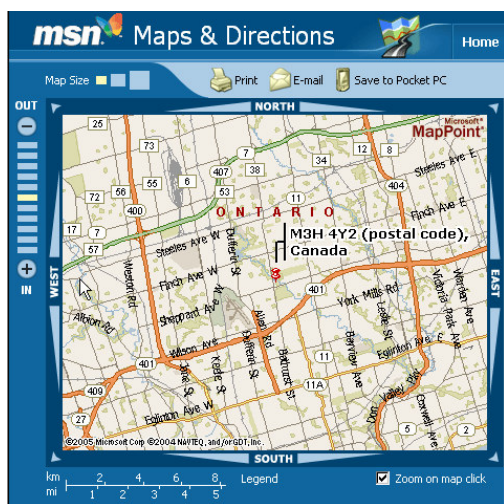


Interaktyvus internetinis žemėlapis sudarymas; kartografinis projektavimas tebėra ribotas



Rengiamas dinaminis keleto kintamųjų žemėlapis su valdymo elementais

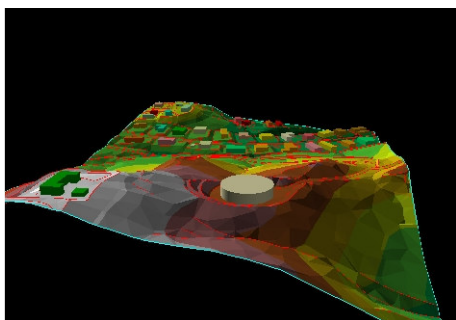
(<http://alex.ais.fraunhofer.de/zeno/web?action=content&journal=16496&rootid=15578>)



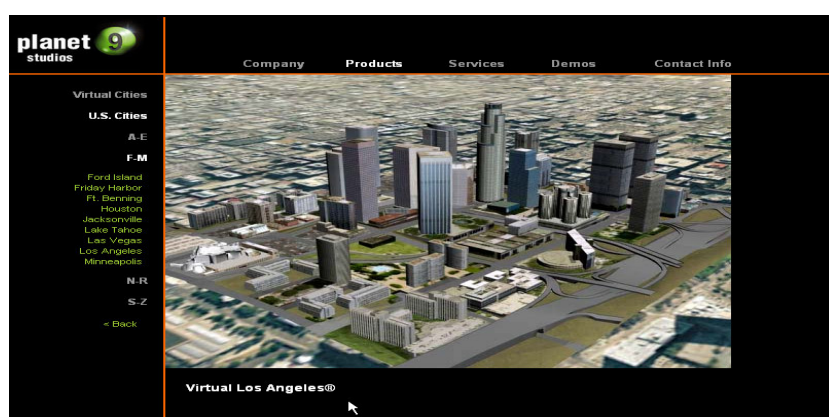
MSN žemėlapių internetinė tarnyba (<http://local.live.com/>)



GIS mobilusis žemėlapis (<http://www.sony.jp/products/me/xyz/display/index.html>)



Dinaminiai el. žemėlapiai



Realizmas ir simbolizmas naudojant VRML (<http://www.planet9.com/>)

8.6.5 Apibendrinimas

Pagrindinė žemėlapių paskirtis yra perteikti tam tikrą informaciją ir padėti skaitytojui orientuotis konkrečioje vietovėje. Kartografija yra ir mokslo, ir meno forma. Norint sukurti efektyvų žemėlapią turi būti panaudotos abi sritys.

Yra dešimt pagrindinių žemėlapių elementų, kuriuos reikia apgalvoti rengiant žemėlapią (išdėstyti pagal santykinę svarbą): žemėlapyje vaizduojama sritis, pavadinimas, legenda, mastelis, tinklėlis, apvadas, rėmelis, šaltinis, šiaurės rodyklė ir interpas.

Ilgudės žemėlapių projektuotojas kuria tai, į ką malonu žiūrėti, tačiau kam išnaudojamas minimalus popieriaus plotas. Žemėlapiai turi būti subalansuoti apie vizualųjį žemėlapių centrą, pakoreguojant žemėlapių elementų padėtį ir dydį.

Spalvų panaudojimas susijęs tiek su kartografinėmis, tiek su kultūrine tradicija. Būkite atidūs derindami žemėlapyje raudoną ir žalią, nes nemaža dalis vyrų neskiria spalvų.

Būkite konservatyvūs rinkdamiesi šriftus. Taupiai naudokite rodomą tekstą. Atidžiai atsižvelkite į auditoriją, kuriai skiriamas žemėlapis. Įsitikinkite, kad tekstas pakankamai didelis įskaityti, tačiau pakankamai mažas, jog nedominuotų žemėlapyje. Pavyzdžiui, ar žemėlapis bus skaitomas ant stalo, ar demonstruojamas ant sienos? Kokiu atstumu yra skaitytojas? Ar nėra tikimybės, kad skaitytojas bus silpnaregis?

Dalies klausimai savarankiškam darbui:

1. Kokie yra dešimt žemėlapių elementų?
2. Ką reiškia išdėstyti žemėlapių elementus pagal „svarbos hierarchiją“?
3. Kaip kartografs derina žemėlapių elementų svarbą su vaizdine žemėlapių hierarchija?
4. Pateikite konkrečių pavyzdžių, kaip spalvos gali būti panaudotos efektyviau pateikti žemėlapių informaciją.
5. Kokiu laipsniu žemėlapių auditorija lemia jo turinį?

Privaloma literatūra:

- **Links: Basic Elements of Map Composition, The Cartographer's Palette: The Semiotics of Cartography, Into the Future**, The Geographer's Craft notes, Department of Geography, University of Colorado,
http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/cartocom/cartocom_f.html
- **Map Design**, Introduction to Cartography and Remote Sensing,
<http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/mapdesign.htm>
- **Automated Route Map Design**, SIG02 Art Science,
http://people.csail.mit.edu/fredo/SIG02_ArtScience/ManeeshCoursenotesFnl.pdf

ESRI virtualusis kursas:

- **4 dalis: Pagrindinės spalvos**
- **5 dalis: Spalvų parinkimas projektuojant žemėlapius**, Kartografinis projektavimas naudojant *ArcGIS 9*.

Užduotys:

- **8 užduotis:** Žemėlapių projekto kritika. Darbas su spalvomis GIS. Teminio žemėlapių projektavimas, maketavimas ir skelbimas naudojant GIS (pavadinimai, simbolika, maketas ir publikavimo pavyzdžiai).

Literatūra

- [1] Thematic Cartography and Geographic Visualization, Terry A. Slocum, Robert B. McMaster, Fritz C. Kessler, Hugh H. Howard, 2nd ed., 2004.
- [2] Elements of Cartography, Arthur H. Robinson, Joel L. Morrison, Phillip C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, Stephen C. Guptill, 6th ed., NY: John Wiley & Sons Inc., 1995.

Vartojami terminai

<i>Map audience</i>	– žemėlapių auditorija
<i>Design culture</i>	– projektavimo kultūra
<i>Design principles</i>	– projektavimo principai
<i>Visual contrast</i>	– vizualusis kontrastas
<i>Legibility</i>	– įskaitomumas
<i>Figure-ground organization</i>	– figūros ir pagrindo organizavimas
<i>Hierarchical structure</i>	– hierarchinė struktūra
<i>Map composition elements</i>	– žemėlapių kompozicijos elementai
<i>Inset</i>	– intarpas
<i>Font</i>	– šriftas
<i>Typeface</i>	– raidžių išvaizda
<i>Hue</i>	– atspalvis
<i>Brightness or value</i>	– šviesumas arba dydis
<i>Chroma or saturation</i>	– sodrumas arba sotis
<i>RGB color system</i>	– RGB spalvų sistema
<i>Color progression</i>	– spalvų seka