

# Topografinių planų sudarymui taikomų reljefo modeliavimo metodų analizė

## Aušra Kumetaitienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas  
El. paštas: a.kumetaitiene@ivpk.lt

## Jelena Vaitkevičienė

UAB „Vilniaus matininkas“  
El. paštas: Jelena.Vaitkeviciene@gf.vu.lt

Kumetaitienė A., Vaitkevičienė J. Topografinių planų sudarymui taikomų reljefo modeliavimo metodų analizė. *Geografija*. 2008. T. 44. Nr. 1. ISSN 1392-1096.

Šiame straipsnyje analizuojamas reljefo modeliavimo metodų pritaikymas greitai besikeičiančių urbanizuotų teritorijų skaitmeniniams topografiniams planams remiantis geodeziniais matavimais bei GIS technologijomis. Tyrimui pasirinkta 99296 m<sup>2</sup>, arba 9,9296 ha, teritorija Vilniaus mieste, Antakalnio seniūnijoje, Šilėnų gatvėje. Geodeziniai matavimai atlikti GPS prietaisu Trimble 5800 2006 m. pabaigoje – 2007 m. pradžioje. Išmatuoti 568 aukščių taškai tyrime panaudoti skaitmeninio reljefo šioje teritorijoje modeliavimui. Teritorija modeliuojama trimis metodais – Krigingo, Splaino, Svorio. Atsižvelgiant į reljefo sudėtingumą, analizuojamas kiekvieno metodo tinkamumas atvaizduoti tam tikros vietovės būklę. Modeliavimui naudojamų metodų tinkamumas, sudarant topografinius reljefo planus, vertintas pagal kiekvieno iš atliktų tyrimų rezultatų standartinio nuokrypio įvertio tikslumą.

**Raktažodžiai:** skaitmeninis reljefo modelis, reljefo modeliavimas, modeliavimo parametrai, Krigingo metodas, Splaino metodas, Svorio metodas, topografinis planas

## IVADAS

Topografinių planų rengimas – tai topografijos, geodezijos ir matavimų inžinerijos veiklos sritis, apimanti žemės paviršiaus gamtinių ir fizinių (reljefo, hidrografijos, augmenijos), antropogeninių bei pavienių topografinių objektų erdvinį matavimą bei vaizdavimą topografiniuose žemėlapiuose ir planuose standartizuotais metodais (Geodezijos ir kartografijos įstatymas). Šiuo metu, vykstant intensyviems individualių namų, gyvenamųjų kvartalų, prekybos ir pramonės objektų statybų darbams, įskaitmeninant ir atnaujinant turimą Vilniaus miesto topografinių-inžinerinių duomenų bazę, topografinių planų rengimas yra ypač aktualus, kadangi topografiniai planai yra būtini pradedant bet kokius projektavimo darbus. Pagal nustatytą tvarką projektavimo darbai gali būti atliekami ant topografinio plano, parengto ne vėliau kaip prieš vienerius metus. Pagal urbanistinės ir inžinerinės plėtros uždavinius stambaus mastelio topografinių planų medžiaga santykinai skirstoma į dvi grupes: topografinių ir inžinerinių komunikacijų (Stankevičius, Paršeliūnas, 2005). Topografinės-inžinerinės medžiagos užsakymo ir atlikimo tvarką nusako Geodezijos ir kartografijos techniniai reglamentai:

- GKTR 2.08.01.:2000 „Statybiniai inžineriniai geodeziniai tyrinėjimai“, patvirtintas Valstybinės geodezijos ir kartografijos tarnybos prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės direktoriaus 2000 m. balandžio 12 d. įsakymu Nr. 28;

- GKTR 2.01.01.:1999 „Statomų požeminių tinklų ir komunikacijų geodezinių nuotraukų atlikimo tvarka“, patvirtintas Valstybinės geodezijos ir kartografijos tarnybos prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės direktoriaus 1999 m. gegužės 4 d. įsakymu Nr. 17;
- Topografiniai planai rengiami vadovaujantis geodezijos kartografijos techniniu reglamentu GKTR 2.11.02:2000, patvirtintu Valstybinės geodezijos ir kartografijos tarnybos prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės direktoriaus 2000 m. birželio 19 d. įsakymu Nr. 45.

## TYRIMO TIKSLAS IR OBJEKTAS

Šiuo metu dauguma matininkų, modeliuodami reljefą topografiniams planams, ypač sudėtinga infrastruktūra bei didesniu aukščių taškų skaičiumi pasižyminčiose užstatytose teritorijose taškų aukščių reikšmes interpoliuoja kompleksiskai – pirmiausia pasinaudoja turimos programos siūlomu modeliavimo metodu ir užbaigia interpoliavimą rankiniu būdu. Dažniausiai pasirenkamas GIS / CAD programiniuose paketuose siūlomas Splaino arba Krigingo metodas, neišnagrinėjus kiekvieno iš jų savybių ir tinkamumo teritorijai. Dėl gaunamų akivaizdžių paklaidų interpoliavimą reikia pabaigti ar netgi atlikti iš naujo – rankiniu būdu. Be to, dažniausiai besiribojančioms teritorijoms sudarytuose topografiniuose planuose pavaizduotos reljefo izolinijos visiškai nesutampa, kai pasirenkami skirtingi modeliavimo metodai, kurių rezultatai skiriasi. Šio straipsnio

tikslas – atlikti tyrimus, padėsiančius parinkti tinkamiausius modeliavimo metodus bei jų parametrus sudėtingų teritorijų reljefui atvaizduoti.

Šiame straipsnyje analizuojama, kaip rengiami stambaus mastelio 1:500–1:5000 topografiniai planai, sudaryti neatsižvelgiant į Žemės sferiškumą (Geodezijos ir kartografijos įstatymas). Iš vaizduojamų objektų pasirinktas reljefas. Analizuojamas modeliavimo metodų pritaikymas sudarant greitai besikeičiančių urbanizuotų teritorijų skaitmeninius topografinius planus remiantis geodeziniais matavimais bei GIS technologijomis. Tyrimui pasirinkta 99296 m<sup>2</sup>, arba 9,9296 ha, teritorija Vilniaus mieste, Antakalnio seniūnijoje, Šilėnų gatvėje. Analizuojama teritorija apima dviejų sodo bendrijų ribas, šiaurės pietų kryptimi ji nusidriekia apie 400 m, rytų vakarų kryptimi – apie 300 m. Geodeziniai matavimai atlikti GPS prietaisu Trimble 5800 2006 m. pabaigoje – 2007 m. pradžioje. Buvo išmatuoti 568 aukščių taškai, kurie tyrime naudojami įvertinant matavimų tikslumo kontrolę.

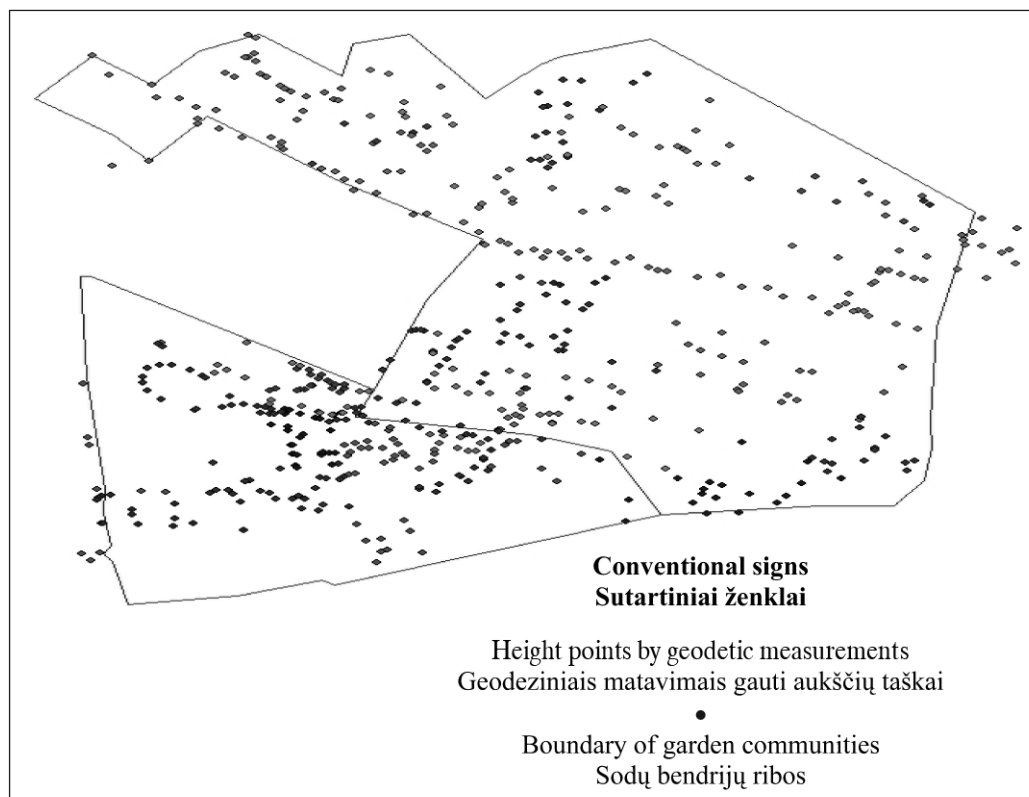
Remiantis patvirtintais reglamentais, lygioje vieno kvadratinio decimetro teritorijoje neturi būti mažiau nei 4 išmatuoti aukščio taškai. Raižytoje, stipriai urbanizuotoje teritorijoje šis skaičius didinamas 3–4 kartus. Mažiausias nagrinėjamos teritorijos aukščio taškų skaičius neturi būti mažesnis nei 350–400 taškų. Tačiau pasirinktoje teritorijoje, kuriai būdingas palyginti tolygus kraštovaizdis, pasitaiko ir šlaitų, yra 7 tvenkiniai, kurie užima 1660 m<sup>2</sup> (0,1660 ha) ploto. Be to, ši miesto dalis tankiai užstatyta sodo nameliais, šiltnamiais, ūkiniais pastatais bei įvairiais kiemo statiniais. Stengiantis atvaizduoti visas

būdingiausias teritorijos reljefo bei gamtines ir antropogenines kraštovaizdžio formas buvo išmatuoti visi keliai, tvenkiniai ir šlaitai. Aukščių taškų skaičius išaugo iki 568, analizuojamoje teritorijoje jie pasiskirstę netolygiai (1 pav.). Aukščio taškų tankumą bei išsidėstymo netolygumą lemia objektyvūs (natūralios ir dirbtinės kliūtys – upės, tvenkiniai, tvoros, keliai, pastatai, medžiai; matininko patirtis ir kvalifikacija; žemės sklypų savininkų atsisakymas bendradarbiauti (įsileisti į teritoriją); prietaisų gedimas) ir subjektyvūs (oro sąlygos (šaltis, lietus); pasinaudojimas kitų matininkų surinkta medžiaga (dažnai neįvertinus tikslumo, kokybės ar tinkamumo); matininko nuovargis, ligos) veiksniai. Nepaisant šių veiksnių, aukščių taškų tankis ir išdėstymas yra tinkamas teritorijos reljefo modeliavimui.

## MODELIAVIMO METODAI

Modeliuojant reljefą, geografinės padėties funkcijų savybes lemia paviršiaus geomorfologiniai ypatumai. Reljefo paviršiui modeliuoti naudojamų metodų teorinis pagrindimas paremtas atsitiktinių dydžių statistine analize. Kadangi geostatistinių matavimų duomenų savybes nulemia teritorijos geografinė padėtis, ne visur vienodai gerai tinka vieni ar kiti modeliavimo metodai bei modeliavimo algoritmų parametrai. Šiame straipsnyje teritorija modeliuota Krigingo, Splaino ir Svorio metodais rankiniu būdu parenkant modeliavimo parametrus.

Reljefo modeliavimo metodus pagal parametų poveikį galima suskirstyti į dvi grupes: metodus, skaičiavimams naudojančius variogramas (Krigingo metodas), ir Svorio metodus



1 pav. Aukščių taškų išsidėstymas nagrinėjamoje teritorijoje  
Fig. 1. Height point location in the study area

(Splaino, Svorio metodai). Skirtingi metodai remiasi nevienodais taško aukščio svorio nustatymo principais. Svoris gali priklausyti nuo atstumo iki skaičiuojamo taško, taip pat nuo skaičiavimams naudojamų gretimų taškų skaičiaus. Svorio reikšmė sudaromo reljefo modelio tikslumui priklauso nuo paviršiaus modeliavimo metodo (Johnston, Ver Hoef ir kt., 2001).

**Krigingo metodu** skaičiuojant nežinomas paviršiaus taškų aukščių reikšmes naudojamas matematinis variogramų modelis (Oliver, Webster, 1990). Variograma – parametrinė funkcija, naudojama optimaliausiems erdviniams sprendimams, patiems bendriausiems struktūrinio pavaizdavimo ypatumams rasti, objektų matmenims ir padėčiai įvertinti. Ši funkcija parodo ribas teritorijų, kuriose išmatuoti dydžiai turi apibrėžto diapazono reikšmes (Heinrich, 1994). Modeliuojant paviršių Krigingo metodu, paviršių sudarantys rezultatai generuojami pagal pradinių duomenų reikšmes. Atsitiktinės pradinių duomenų paklaidos eliminuojamos taikant atitinkamas procedūras.

Tyrimui pasirinktas paprastojo Krigingo metodas, kuriame naudojamas modelis, išreikštas formule (Johnston, Ver Hoef ir kt., 2001):

$$H(s) = \mu + \varepsilon(s); \quad (1)$$

čia  $H(s)$  –  $s$  taško aukščio reikšmė;  $\mu$  – nežinoma aukščio vidurkio reikšmė;  $\varepsilon(s)$  – nepriklausoma atsitiktinė paklaida. Vidurkis apskaičiuojamas iš aplinkinių žinomų  $z$  taškų reikšmių.

Modeliuojant **Svorio metodu** paviršiaus pradiniams taškų aukščiams priskiriami svoriai, atvirkščiai proporcingi atstumui iki skaičiuojamo taško (Johnston, Ver Hoef ir kt., 2001).

Svorio interpoliacija paremta prielaida, kad artimesni objektai yra panašesni tarpusavyje negu tolimesni. Neišmatuotai reikšmei nustatyti Svorio metodas naudoja aplink esančius išmatuotus taškų aukščius. Išmatuotų taškų aukščių poveikis nustatomi reikšmei priklauso nuo atstumo tarp žinomo ir nustatomų taškų. Atstumui tarp taškų mažėjant svoris didėja.

Nustatomo taško altitudė skaičiuojama pagal formulę:

$$\hat{H}(s_j) = \sum_N \lambda_i H(s_i); \quad (2)$$

čia  $\hat{H}(s_j)$  – nustatoma  $s_j$  ląstelės reikšmė;  $N$  – skaičiavimams naudojamų taškų skaičius;  $\lambda_i$  – kiekvieno išmatuoto taško aukščio svoris;  $H(s_i)$  – žinoma aukščio reikšmė  $s_i$  taške.

Taškų svoriai apskaičiuojami taip:

$$\lambda_i = \frac{d_{ij}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{ij}^{-p}}, \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1. \quad (3)$$

Didėjant atstumui svoris mažėja veikiamas  $p$  laipsnio parametro;  $d_{ij}$  – atstumas tarp nustatomo  $s_j$  taško ir išmatuotų  $s_i$  taškų. Didėjant atstumui, išmatuoto taško poveikis nustatomam taškui mažės eksponentiškai. Skaičiavimams naudojamų taškų svorių suma lygi 1.

Arti matuojamo taško esantys taškai turi didesnę, o labiau nutolę – mažesnę svorį ( $1/d^p$ ). Priklausomai nuo vietovės sąlygų atstumas gali būti įvertinamas skirtingais būdais. Jei  $p = 1$ , tai reiškia, kad yra paprasta linijinė interpoliacija tarp taškų. Kuo didesnis  $p$ , tuo labiau mažėja tolimesnių taškų svoriai ir gaunamas mažiau apibendrintas paviršius.

**Splaino metodu** interpoliuojamas paviršius priartinamas prie pradinių taškų aukščių duomenų reikšmių (Franke, 1982;

Mitas, Mitasova, 1988). Šis metodas dažniausiai naudojamas tolygiai kintančiam paviršiui interpoliuoti. Staiga pasikeitus paviršiaus nuolydžiui, gaunami didesni paviršiaus aukščių reikšmių standartinių nuokrypių įverčiai. Interpoliavimui naudojant didesnę svorį, gaunamas labiau suapvalintas paviršius.

Skaitmeninis reljefo modelis sudarytas naudojant *ArcGIS* programų paketą su *3D Analyst*, *Spatial Analyst* ir *Geostatistical Analyst* priedais. Reljefo modeliavimui panaudotos geostatistinės paviršiaus modeliavimo priemonės rankiniu būdu parenkant modeliavimo parametrus. Keičiant parametrų reikšmes iširtas atskirų parametrų poveikis reljefo modelių tikslumui.

Modeliuojant Vilniaus miesto Antakalnio seniūnijoje esančią teritoriją Krigingo metodu, skaičiavimams naudota apskritiminė variograma (Johnston, Ver Hoef ir kt., 2001) (4), kadangi keliolikoje tyrimų toks variogramos tipas pripažintas tinkamiausiu Lietuvos teritorijai (Kumetaitienė, 2005):

$$\gamma(d; \theta) = \begin{cases} \frac{2\theta_s}{\pi} \left[ \frac{\|d\|}{\theta_r} \sqrt{1 - \left(\frac{\|d\|}{\theta_r}\right)^2} + \arcsin \frac{\|d\|}{\theta_r} \right] & \text{kai } 0 \leq \|d\| \leq \theta_r \\ \theta_s & \text{kai } \theta_r < \|d\| \end{cases}; \quad (4)$$

čia  $\gamma$  – variogramos funkcija;  $d = (d_x, d_y)^T \|d\|$  – atstumas tarp taškų;  $\theta_s \geq 0$  – dalinis slenkstinis parametras;  $\theta_r \geq 0$  – ribos parametras.

Apžvelgus taškų kiekį, išsidėstymą ir reljefo ypatybes nagrinėjamoje teritorijoje, buvo nutarta skaičiavimams naudoti vieno sektoriaus apskritimą nenurodant spindulio parametro, nes taškų išsidėstymas pakankamai tankus. Modeliavimui naudotų taškų skaičius sudarė 568 aukščių taškus. Vidutinis atstumas tarp taškų nagrinėjamoje teritorijoje yra 6 metrai. Kadangi spindulio apibrėžtoje teritorijoje esantys taškų aukščiai naudojami skaičiavimui, o skaičiavimams naudojamų gretimų taškų skaičius yra didelis, nėra prasmės užsibrėžti teritoriją, atribojančią nuo skaičiavimams nenaudotinių taškų.

Skaitmeniniai reljefo modeliai sudaryti paprastojo Krigingo metodu naudojant 6, 9, 12 ir 15 gretimų intrepoliavimo taškų (1 lentelė). Skaičiavimams naudota teritorija apibrėžta apskritimu, kurio spindulys lygus atstumui iki tolimiausio interpoliavimo taško.

Skaitmeninių reljefo modelių tikslumo analizė atlikta skaičiuojant standartinio nuokrypio įvertį  $\sigma$  pagal formulę:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (H_i - \bar{H})^2} = \sqrt{\frac{(H_1 - \bar{H})^2 + (H_2 - \bar{H})^2 + \dots + (H_n - \bar{H})^2}{n-1}}; \quad (5)$$

čia  $n$  – taškų aukščių skaičius;  $H_i$  – taško aukštis, išmatuotas naudojant apskritiminę variogramą;  $\bar{H}$  – geodeziškai išmatuotas taško aukštis.

Modeliuojant reljefą labai svarbu parinkti optimalius SRM ląstelės matmenis, kadangi nuo jų priklauso reljefo modeliavimo ir duomenų apdorojimo greitis. Šiame tyrime ląstelės matmenys yra  $2 \times 2$  m, todėl duomenų tikslumas bei modeliavimo greitis nenukenčia.

Svorio metodu tyrimas buvo atliekamas naudojant skirtingą gretimų taškų skaičių (3, 6, 9, 12, 15). Optimali svorio reikšmė ( $p$ ) parinkta programiškai ir lygi 2 (Zevenbergen ir Thorne, 1987). Stačiakampio tinklinio modelio ląstelių matmenys –  $2 \times 2$  m. Svorio metodu sudaryti modeliai buvo tikrinti imant 568 aukščių taškus.

Sudarant paviršių **Įtempto** bei **Reguliaraus Splaino metodus**, naudotas nustatomo taško aukščio svoris  $\lambda = 0,1$ . Daug tikslesnis paviršius gautas modeliuojant jį **Įtempto Splaino** metodu, tuo tarpu **Reguliaraus Splaino** metodas šiai teritorijai visiškai netiko (1 lentelė).

**Įtempto Splaino** metode skaičiavimui naudojama pirmosios eilės paviršiaus išvestinė. Kuo didesnė laipsnio reikšmė, tuo mažiau laužytas gaunamas paviršius.

Gauti rezultatai rodo, kad svarbu atkreipti dėmesį į konkrečiai teritorijai tinkamiausią modeliavimo metodą, tuomet gaunami tinkamiausi rezultatai ir mažiausias nuokrypis nuo realaus paviršiaus. Šiuo atveju Vilniaus miesto Antakalnio seniūnijoje esančios teritorijos modeliavimui tinkamiausias yra Svorio metodas (2 pav.). Patys tiksliausi rezultatai gauti pasirinkus  $2 \times 2$  m stačiakampio tinklinio modelio ląstelių matmenis ir svorio reikšmę ( $p$ ), lygią 2.

Grafike (2 pav.) nepateikiami **Reguliaraus Splaino** metodu gauti standartinio nuokrypio įverčiai, kadangi modeliuojant paviršių minėtu metodu paviršius per daug suglotninamas ir gaunamos per didelės paklaidos. **Reguliaraus Splaino** metodas nėra tinkamas tokio tipo reljefo modeliavimui (1 lentelė).

Grafike (2 pav.) pavaizduota, kokiais metodais modeliuotas reljefas, o skliausteliuose pateikti skaičiai nurodo, iš kiek gretimų taškų buvo skaičiuota interpoliavimui naudojamo taško reikšmė.

Aukščiausia pasirinktos teritorijos vieta yra šiaurės vakarai (3 pav.). Nuo jos teritorija tolygiai žemėja pietryčiuose esančios upės link. Didesniais aukščio pokyčiais pasižymi analizuojamos teritorijos rytinė dalis. Beveik visi ežerai yra žemiausiam teritorijos ruože, išimtis – keli ežerėliai šiaurinės dalies centre.

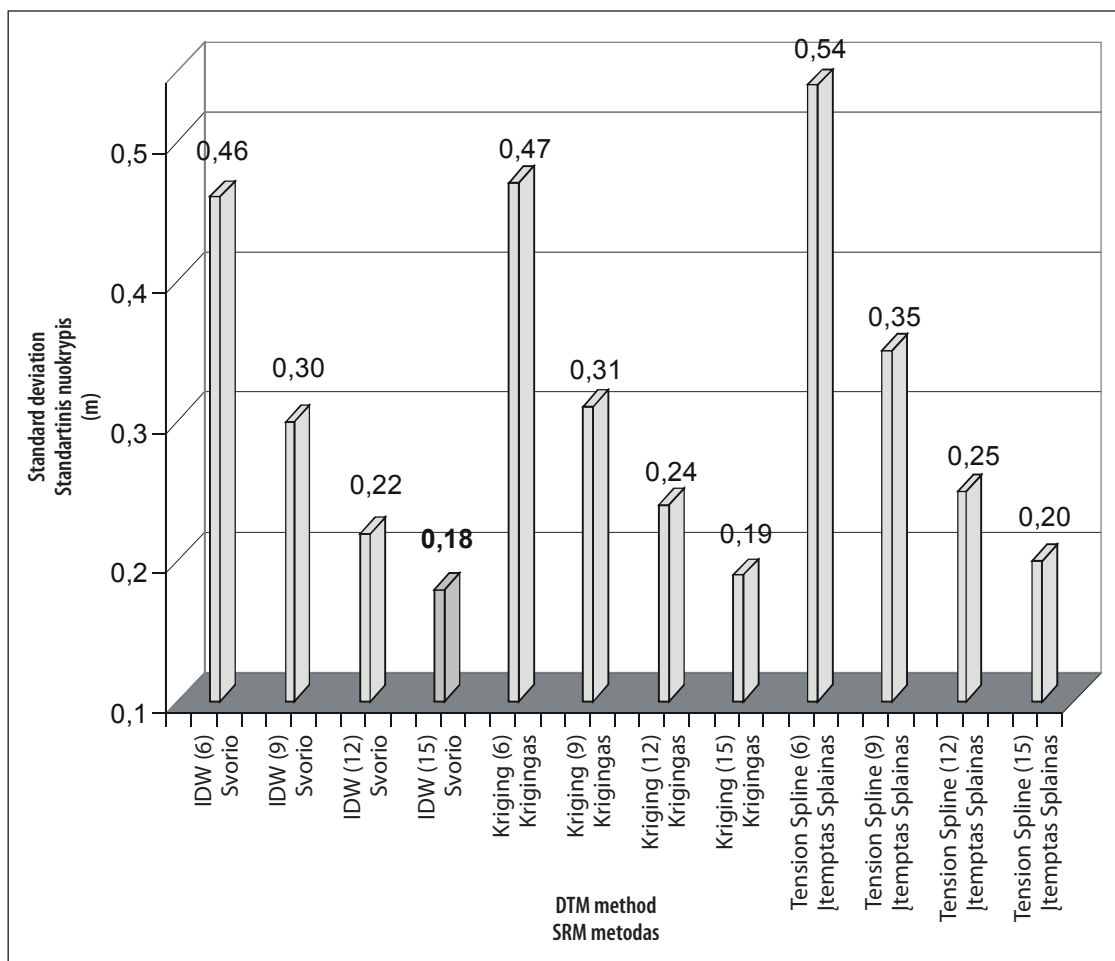
Vertinant teritorijos modeliavimo metodų rezultatus, galima teigti, kad **Reguliaraus Splaino** metodas visiškai netinka tokio tipo teritorijai modeliuoti (4 pav.). Taikant šį metodą, teritorijos reljefas yra stipriai suglotninamas, vaizdas iškreipiamas ir neatitinka realaus fizinio vietovės paviršiaus.

Modeliuojant reljefą Svorio ir Krigingo metodais, gauti labai panašūs SRM (5 ir 6 pav.). Tačiau Svorio metodas pateikia šiek tiek tikroviškesnį vaizdą, ypač zonose šalia ežerų, kadangi įvertinamos net smulkiausios analizuojamos vietovės savybės. Pavyzdžiui, rytinėje dalyje yra takas, vedantis prie tvenkinių; čia aukščiai krenta ne taip staiga. Taikant Svorio metodą, ši smulki reljefo forma buvo įvertinta, o taikant Krigingo metodą – praleista.

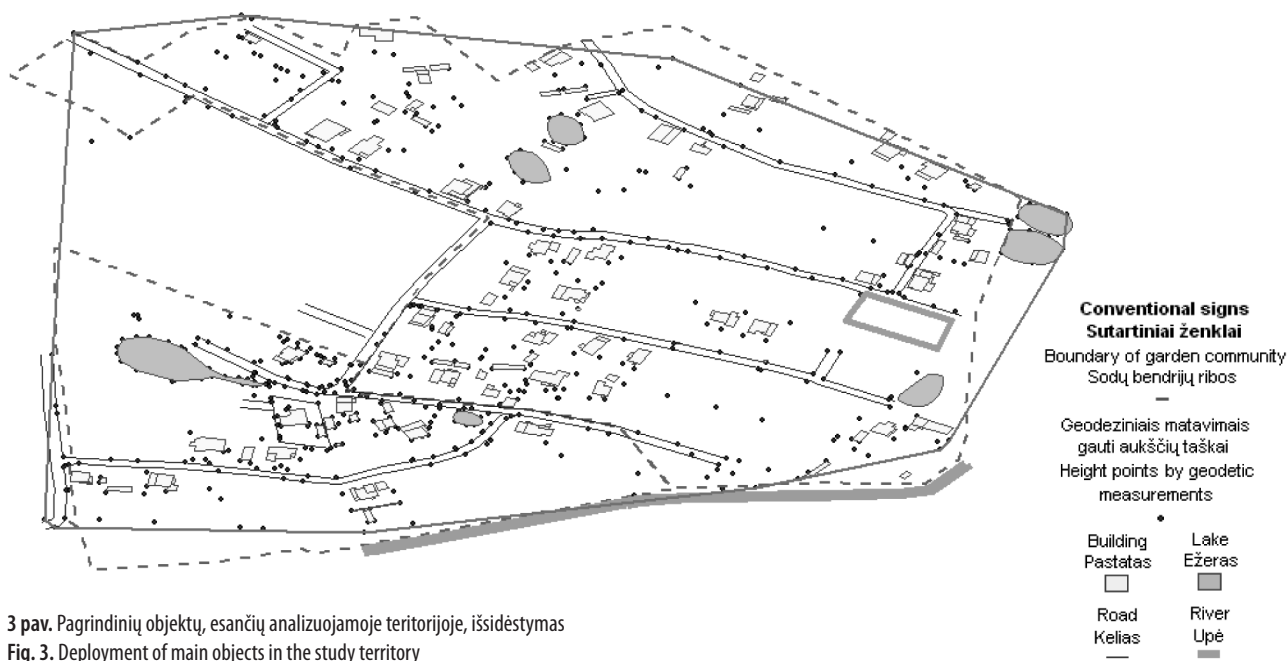
Modeliuojant reljefą **Įtempto Splaino** metodu, gautas SRM perteikia bendrą analizuojamos teritorijos reljefo vaizdą, tačiau nepakankamai tiksliai, nes atvaizduojamos tik pačios stambiausios reljefo formos.

1 lentelė. SRM tikslumo priklausomybė nuo pasirinkto modeliavimo metodo  
Table 1. DTM accuracy depending on the method of modelling

SRM metodas DTM method	Gretimų taškų skaičius Neighboring points to include	Modeliavimo parametrai Modelling parameters		Standartinis nuokrypis Standard deviation $\sigma$ (m)
		Variograma Variogram	Svoris Weight	
Svorio IDW	6	–	2	0,46
	9	–		0,30
	12	–		0,22
	15	–		0,18
Krigingo Kriging	6	Apskritiminė Circular	–	0,47
	9		–	0,31
	12		–	0,24
	15		–	0,19
Įtempto Splaino Tension Spline	6	–	0,1	0,54
	9	–		0,35
	12	–		0,25
	15	–		0,20
Reguliaraus Splaino Regular Spline	6	–	0,1	1,87
	9	–		1,40
	12	–		1,09
	15	–		0,89



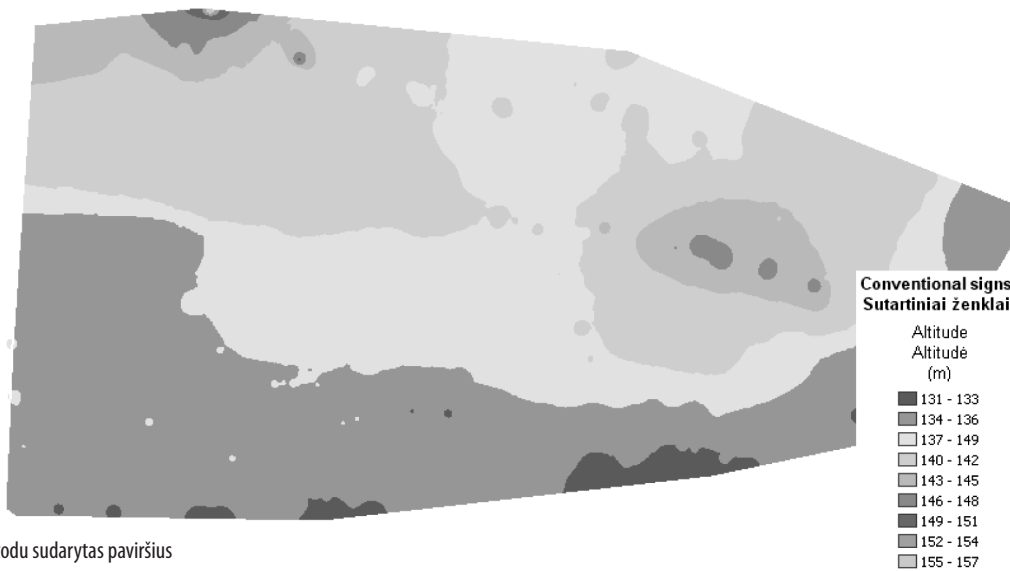
2 pav. SRM, sudaryto skirtingais metodais, tikslumas  
 Fig. 2. Accuracy of DTM using different methods



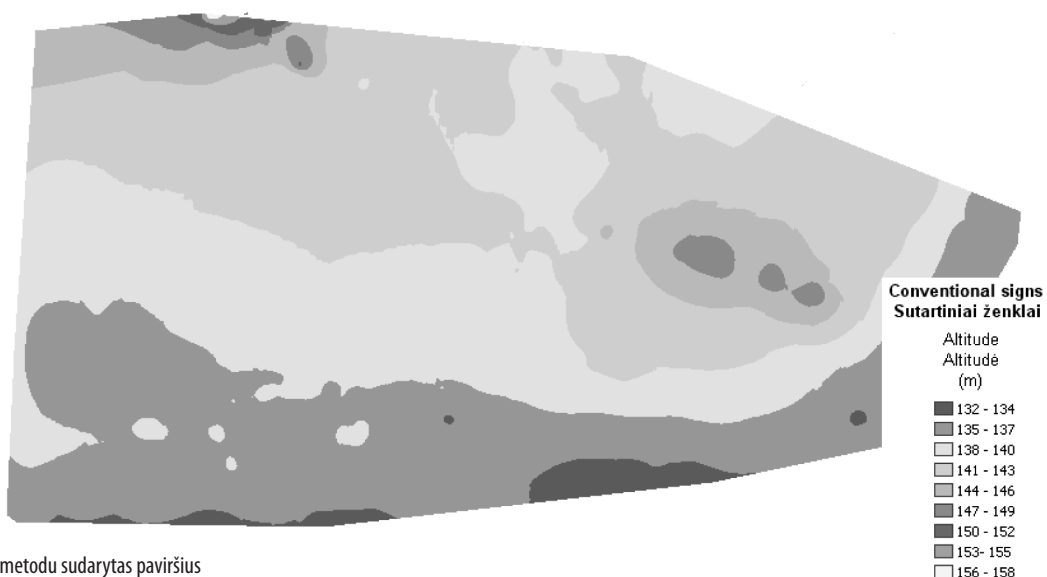
3 pav. Pagrindinių objektų, esančių analizuojamoje teritorijoje, išsidėstymas  
 Fig. 3. Deployment of main objects in the study territory



4 pav. Reguliarus Splaino metodu sudarytas paviršius  
Fig. 4. The surface modelled by the Regular Spline method

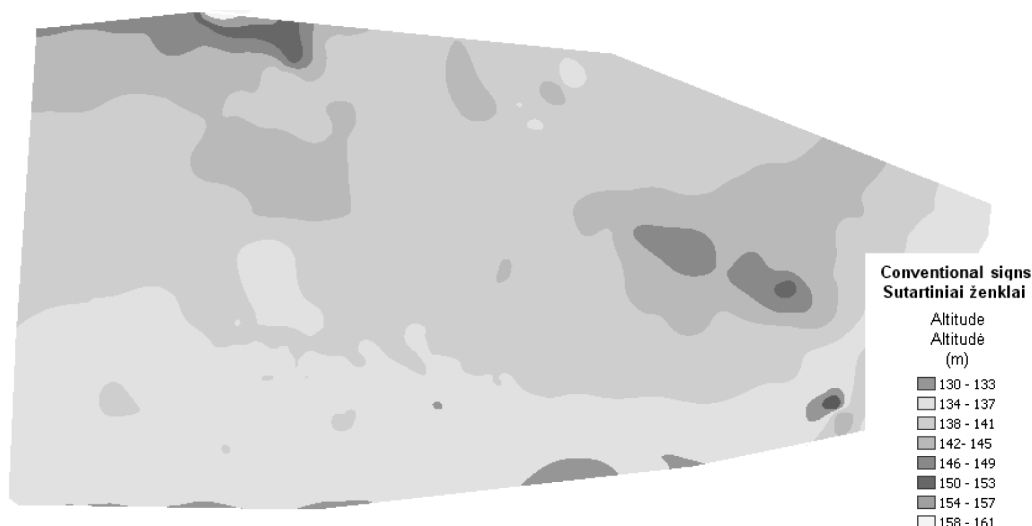


5 pav. Svorio metodu sudarytas paviršius  
Fig. 5. The surface modelled by the IDW method



6 pav. Kringingo metodu sudarytas paviršius  
Fig. 6. The surface modelled by the Kriging method





7 pav. Įtempto Splaino metodu sudarytas paviršius  
Fig. 7. The surface modelled by the Tension Spline method

## IŠVADOS

1. Straipsnyje reljefo modeliavimui naudojamas *ArcGIS* programų paketas su *3D Analyst*, *Spatial Analyst* ir *Geostatistical Analyst* programos priedais bei jų siūlomais SRM sudarymo metodais.

2. Pasirinkta urbanizuota 9,9296 ha ploto Vilniaus miesto Antakalnio seniūnijoje esanti teritorija buvo modeliuota Kringingo, Svorio bei Splaino metodais pasirenkant interpoliavimui naudojamų gretimų taškų skaičių bei modeliavimo parametrus.

3. Tiksliausias SRM gautas modeliuojant teritoriją Svorio metodu, kai interpoliavimui pasirenkama 15 gretimų taškų,  $2 \times 2$  m stačiakampio tinklinio modelio ląstelių matmuo ir svorio reikšmė  $p = 2$  (standartinio nuokrypio įvertis  $\sigma = 0,18$  m), o netiksliausias – modeliuojant Įtempto Splaino metodu, kai interpoliavimui pasirenkami 6 gretimi taškai, o nustatomam taško aukščiui – svoris  $\lambda = 0,1$  ( $\sigma = 0,54$  m).

4. Modeliuojant paviršių Reguliarus Splaino metodu paviršius per daug suglotninamas ir gaunamos labai didelės paklaidos (standartinio nuokrypio įvertis  $\sigma$  viršija 0,89 m), todėl šis metodas netinka tokio tipo reljefui modeliuoti.

5. Besiribojančioms teritorijoms taikant skirtingus modeliavimo metodus, gaunami nesutampantys, o kartais priešingi rezultatai, be to, pasirinkti netinkami modeliavimo metodai nulemia dideles paklaidas. Būtinios rekomendacijos, padėsiančios konkrečiai teritorijai parinkti tinkamą modeliavimo metodą.

Gauta 2008 04 07  
Parengta 2008 05 02

## Literatūra

1. Franke R. (1982). Smooth Interpolation of Scattered Data by Local Thin Plate Splines. *Comp. & Maths. with Appls.* 8(4): 237–281.
2. Geodezijos ir kartografijos įstatymas (2001). *Valstybės žinios*. Nr. 62-2226
3. GKTR 2.11.02:2000 Sutartiniai topografinių planų M 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000 ženklai. Techninių reikalavimų reglamentas (2000). Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie LR Vyriausybės. Vilnius.
4. Heinrich U. (1994). Flächenschätzungen mit geostatistischen Verfahren – Variogrammanalyse und Kriging. Schröder W., Vetter L. & Fränzle O. (Hrsg.). *Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Geoökologie*. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg Verlag. 145–164.
5. Johnston K., Ver Hoef J. M., Krivoruchko K., Lucas N. (2001). *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. Redlands CA, ESRI Press.
6. Kumetaitienė A. (2005). Paviršiaus modeliavimo parametru įtakos skaitmeninių reljefo modelių tikslumui įvertinimas. *Geodezija ir kartografija*. XXXI.(2): 69–75.
7. Oliver M. A., Webster R. (1990). Kriging: a method of interpolation for geographical information system. *Geographical Information Systems*. 4(3): 313–332.
8. Mitas L., Mitasova H. (1988). General variational approach to the interpolation problem. *Comput. Math. Applic.* 16(12): 983–992.
9. Stankevičius Ž., Paršeliūnas E. (2005). Stambiojo mastelio geoinformacinių duomenų rinkinių standartizavimas. *Geodezija ir kartografija*. XXXI. (4): 122–128.
10. Zevenbergen L. W., Thorne C. R. (1987). Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surface Processes and Landforms*. 12: 47–56.

Aušra Kumetaitienė

## ANALYSIS OF RELIEF MODELLING METHODS USED FOR TOPOGRAPHIC CHARTING

### Summary

At present when the construction of individual houses, living quarters, industrial and trade objects grows in intensity, actual work is arrangement of topographic plans digitalizing and updating the topographic-engineer database of the Vilnius city, because topographic plans are necessary to begin design works. The topographic plans cannot be older than one year. By urbanistic and engineer development tasks, material of large-scale topographic plans is conventionally divided into two groups: topographic and engineer communications.

The first chapter – Introduction – shows the significance of the study problems and the practical importance of elaborating the digital terrain model (DTM).

The second chapter – Purpose and Object – describes the purpose of the article to prosecute an inquiry which helps to choose the best modelling methods and their parameters for mastering the relief of complicated areas.

The third chapter – Methods – analyses the possibilities and accuracy of DTM modelling by means of the Spline, Kriging and Inverse Distance Weighting (IDW) methods. The initial data were obtained by geodesic measurements accomplished using the Trimble 5800 GPS device. Measurements were made at the end of 2006 – beginning of 2007. During field measurements, 568 height points were measured.

In the analysis, height points were used to evaluate the accuracy of measurements. For investigation, 99296 m<sup>2</sup> (9.9296 ha) area of the Vilnius city (Antakalnis district, Šilėnai Street) was selected. The DTM was compiled with ESRI ArcGis software. The accuracy of DTM was evaluated using the Extraction package of the ESRI ArcGIS software.

### Conclusions

1. For investigation, selected was a 99296 m<sup>2</sup> (9.9296 ha) area of the Vilnius city (Antakalnis district, Šilėnai Street). This area was modelled by the Kriging, Spline and IDW methods.

2. The most precise DTM was obtained by modelling the relief by the IDW method. For interpolation 15 neighbouring points were chosen, the dimensions of rectangular network model cells were 2 × 2 m and the value of  $p = 2$  (standard deviation  $\sigma = 0.18$  m). The least accuracy was shown by the Tension Spline method, for interpolation choosing 6 neighboring points and for countable height point with  $\lambda = 0.1$  ( $\sigma = 0.54$  m).

3. When modelling the surface by the Regular Spline method, the surface is smoothed too much and a very big estimation error appears (standard deviation  $\sigma$  over 0.89 m). Thus, this method isn't suitable for modelling this type of relief.

4. Using different modelling methods for bordering territories, the results are varying, and the use of an incorrect method gives big estimation errors. Therefore, it is important to prepare recommendations which should help to choose the most suitable modelling method for a certain territory.