

## ŽEMĖS PAVIRŠIAUS MODELIO SUDARYMAS SKIRTINGAIS GEODEZINIAIS METODAIS IR TIKSLUMO ANALIZĖ

Gerda Veikutytė<sup>1</sup>, Dominykas Šlikas<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas,*

*El. p: <sup>1</sup>gerda.veikutyte@stud.vilniustech.lt; <sup>2</sup>dominykas.slikas@vilniustech.lt*

**Anotacija.** Žemės paviršiaus modelio sudarymas – plačiai taikomas tyrimų metodas. Natūraliai galimas ne vienas paviršiaus modelio sudarymo būdas. Geodezijoje DTM paviršiui sukurti dažnai naudojami LIDAR duomenys, fotogrametrinės nuotraukos, GPNS ar tacheometrinių matavimų. Paviršiaus modeliui sudaryti surenkamos informacijos metodas priklauso nuo tiriamo ploto, norimo pasiekti tikslumo ir aplinkos parametrų. Šiame straipsnyje aptariamas skaitmeninių erdviųjų žemės paviršiaus modelių sudarymas, taikant kelis skirtingus geodezinius matavimo metodus. Nagrinėjamas sudarytų skaitmeninių paviršių tikslumas.

**Reikšminiai žodžiai:** DTM, LIDAR, aerofotogrametrija, tikslumas.

### Įvadas

Skaitmeninių žemės paviršiaus sudarymo modelių galime rasti keletą. Taikant interpoliacijos metodą galima sudaryti DSM (angl. *Digital Surface Model*). Šis skaitmeninis paviršiaus modelis vaizduoja Žemės paviršių ir visus objektus, esančius ant žemės paviršiaus (pastatus, augaliją, kelius ir pan.). Naudojant tik žemės paviršiaus taškus galima sukurti DTM (angl. *Digital Terrain Model*) modelį. Būtent tokia paviršiuje nebelieka pašalinių objektų kaip medžiai ar pastatai, todėl galima aiškiai suprasti žemės paviršių.

Skaitmeninio reljefo modelis ir matavimo metodas pasirenkamas pagal tiriamojo objekto savybes. Reljefo modelio tikslumas priklauso nuo reljefo nuolydžio ir kintamumo rodiklių (Kumetaitienė, 2005). Paviršiaus modelio tikslumas gerėja, kai surenkama kuo daugiau duomenų. Surenkamų taškų tankis turi daug įtakos DEM modelio kūrimui (Hodgson & Bresnahan, 2004).

Skaitmeniniam erdviniam žemės modelio sudarymui taikomi įvairūs matavimo būdai. Šiame darbe aptariami duomenys, surinkti GPNS RTK matavimo prietaisu, bepiločiu orlaiviu (BO) ir LIDAR (angl. *Light Detection and Ranging*) technologija. Prieš atliekant matavimo darbus parenkama tyrimo vieta: ji apžiūrima, koordinuojami kontūrženkliai, kurie vėliau naudojami apdorojant aerofotogrametrines nuotraukas.

Rezultatai apdorojami kompanijos „Trimble“ programinės įrangos paketais. Aerofotogrametrinėms

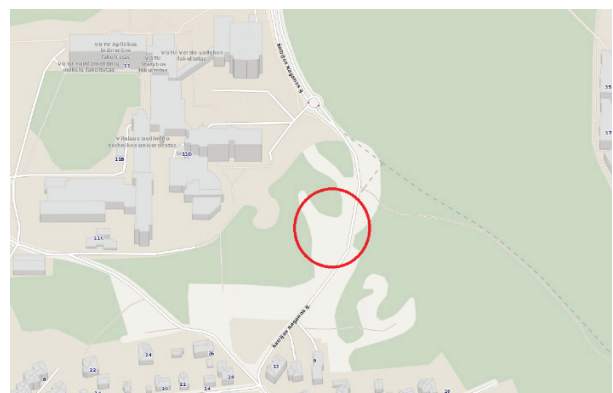
nuotraukoms sujungti, „taškų debesiu“ parengti naudojama „Trimble UASMaster“. Skaitmeniniams erdviniams modeliams sudaryti ir juos vizualiai lyginti tarpusavyje naudojama „Trimble Business Center“.

### Tyrimo objektas ir metodika

Tiriamasis objektas – netoli Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VGTU) esantis nedidelės žemės plotas (1 pav.), padengtas neaukšta veja. Tiriama teritorija pasirinkta su nelygiu reljefu, siekiant geriau įvertinti sudaromų DTM modelių aukščio tikslumą.

Geodeziniai matavimai atlikti keliais būdais:

- GPNS RTK;
- BO;
- LIDAR.



1 paveikslas. Tiriama teritorija

Vienas dažniausių geodezinių matavimo metodų – GPNS RTK, juo sudaromo paviršiaus modelio taškų skaičius priklauso nuo prietaisu dirbančio žmogaus. Sudėtingesnėmis reljefo sąlygomis, pavyzdžiui, esant statiems šlaitams, itin didelei tiriamai teritorijai, urbanizuotam ar mišku apaugusiu plotui, gali nepavykti atlikti matavimus. Taip pat GPNS matavimo rezultato tikslumui įtakos turi RTK pataisos, palydovų matomumas, jų padėtis horizonto atžvilgiu, naudojamas geoido modelis ir pan. (Feng & Wang, 2008).

Pirmajam paviršiui, naudojant GPNS RTK prietaisą, sudaryti surinkti 35 taškai. Gautas skaitmeninis paviršiaus modelis yra apytikslis.

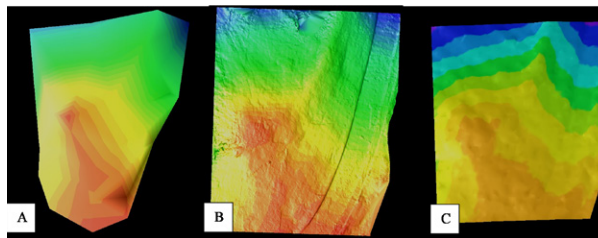
Šiame darbe tiriamas ir duomenų tikslumas, naudojant duomenis surinkus BO. Aerofotogrametrinių matavimų pranašumas – galima padengti didesnio ploto, sunkiai prieinamas teritorijas. Fotogrametrinio tipo duomenys naudojami 3D taškų masyvui sukurti, kuriuo vėliau galima nagrinėti įvairius vietovės parametrus.

Antrasis skaitmeninis paviršiaus modelis generuotas naudojant BO duomenis. Vietovėje įtvirtinti 5 kontūrženkliai, skrydžio metu surinktos 144 nuotraukos, kurios vėliau apdorotos, sukurtas „taškų debesis“, kuriame taškai išsidėstę vienas nuo kito 2 cm spinduliu. „Trimble UASMaster“ programinės įrangos sugeneruotoje ataskaitoje teigiama, kad duomenų tikslumas siekia 2 cm.

Skaitmeninis žemės modelis sudarytas ir LIDAR duomenimis. Skaitmeniniai erdviniai lazerinio skenavimo taškų duomenys – duomenys surenkami lazeriniu skeneriu, kai gaunamas taškų debesis trimatėje erdvėje. LIDAR sistemas pagal duomenų surinkimo būdus būtų galima skirstyti į: antžemines (angl. *Ground-based*) ir orlaivių sistemas (angl. *Airborne*). Šiame darbe naudoti orlaivių sistemų LIDAR duomenys surinkti 2016 m.

Atliktas taškų masyvo filtravimas ir DTM modelis sudarytas naudojant tik žemės paviršiaus taškus.

Sudaryti paviršiaus modeliai matomi 2 paveikslėse.



2 paveikslas. Sugeneruoti DTM modeliai: A – GPNS RTK; B – aerofotogrametrinis; C – LIDAR

## Rezultatai

Sudaryti skaitmeniniai paviršių modeliai lyginti tarpusavyje:

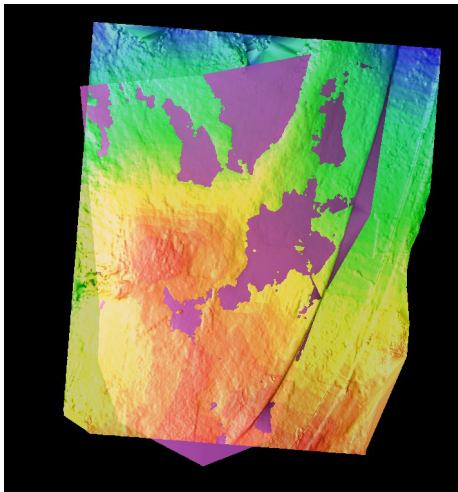
- GPNS RTK – fotogrametrija ir GNPS RTK – LIDAR būdu sudarytuose modeliuose gautas aukščių skirtumas GPNS RTK surinktų taškų planimetrinėse vietose;
- LIDAR – fotogrametrijos duomenys lyginti sudarant atsitiktinių taškų tinklą, kiekviename jų gaunant aukščių skirtumą.

Lyginant skaitmeninių žemės modelių tikslumą apskaičiuoti statistiniai rodikliai (1 lentelė).

Sudaryti skaitmeniniai žemės modeliai taip pat lyginti tarpusavyje ir vizualiai. GPNS RTK – fotogrametrinių paviršių persidengimas matomas 3 paveikslėse. Modelyje matoma, kad didesnis taškų skaičius (fotogrametriniame modelyje) geriau atkartoja žemės paviršiaus ypatumus.

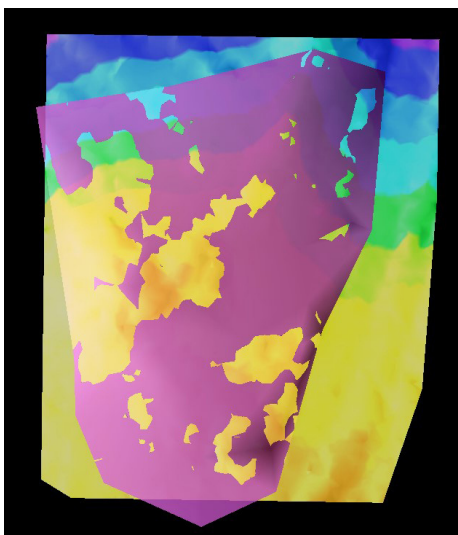
1 lentelė. Aukščių skirtumų tiriamuose DTM modeliuose statistiniai rodikliai

| Rodiklis                       | Lyginami matavimų metodai |                  |                        |
|--------------------------------|---------------------------|------------------|------------------------|
|                                | GPNS RTK – fotogrametrija | GNPS RTK – LIDAR | LIDAR – fotogrametrija |
| Skirtumų vidurkis              | -0,055                    | 0,029            | 0,063                  |
| Standartinis nuokrypis         | 0,009                     | 0,009            | 0,007                  |
| Mediana                        | -0,048                    | 0,034            | 0,068                  |
| Moda                           | -0,040                    | 0,039            | 0,039                  |
| Dispersija                     | 0,003                     | 0,003            | 0,004                  |
| Diapazonas                     | 0,211                     | 0,239            | 0,452                  |
| Mažiausioji reikšmė            | -0,169                    | -0,061           | -0,267                 |
| Didžiausioji reikšmė           | 0,042                     | 0,178            | 0,185                  |
| Suma                           | -1,756                    | 0,947            | 5,672                  |
| Taškų skaičius                 | 32                        | 33               | 90                     |
| Patikimumo intervalas (95,0 %) | 0,019                     | 0,018            | 0,013                  |



3 paveikslas. GPNS RTK – fotogrametrinio modelių persidengimas, kai spalvotas paviršius yra fotogrametrinis, o vienspalvis – GPNS RTK

Analizuojant GNPS RTK – LIDAR DTM modelius matoma, kad didesnė dalis GPNS RTK paviršiaus yra aukščiau LIDAR paviršiaus (4 pav.).

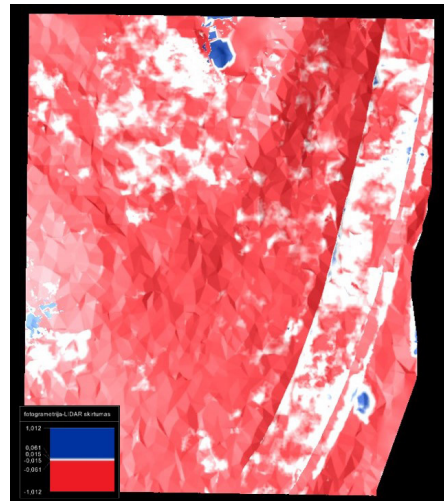


4 paveikslas. GPNS RTK – LIDAR modelių persidengimas, kai spalvotas paviršius yra LIDAR, o vienspalvis – GPNS RTK

Vizualiai lyginant (5 pav.) LIDAR – fotogrametrijos būdais sudarytus skaitmeninius žemės modelius, pastebėta, kad didžioji dalis LIDAR paviršiaus yra žemiau už fotogrametrinį. Mažesnis skirtumas matomas vietose, kuriuose dangos paviršius yra kietas (asfaltas).

## Išvados

1. Skaitmeninio erdvinio žemės modelio tikslumui įtakos turi taškų skaičius – kuo jis didesnis, tuo tiksliau atkartojamas žemės paviršius.



5 paveikslas. GPNS RTK – fotogrametrinio modelių persidengimas

2. Didžiausias aukščių skirtumas gautas tarp LIDAR ir fotogrametriniu būdu sudarytų modelių, mažiausias – tarp GPNS RTK ir fotogrametrinio paviršių.
3. Skirtumo vidurkis tarp visų sugeneruotų paviršių neviršija 6,3 cm.

## Literatūra

- Feng, Y., & Wang, J. (2008). GPS RTK Performance Characteristics and Analysis. *Positioning*, 1(13). [www.scirp.org/html/376.html](http://www.scirp.org/html/376.html). <https://doi.org/10.5081/jgps.7.1.1>
- Hodgson, M. E., & Bresnahan, P. (2004). Accuracy of Airborne Lidar-Derived Elevation: Empirical Assessment and Error Budget. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70, 331–339. <https://doi.org/10.14358/PERS.70.3.331>
- Kumetaitenė, A. (2005). *Skaitmeninio reljefo modeliavimo daugiaparametrinis vertinimas, atsižvelgiant į paviršiaus geomorfologines savybes: daktaro disertacija*. VTU.

## COMPOSITION OF THE EARTH SURFACE MODEL USING DIFFERENT GEODESIC METHODS AND ITS ACCURACY ANALYSIS

G. Veikutytė, D. Šlikas

### Summary

Building a land surface model is a widely used research method. Of course, many ways to create a surface model are possible. LIDAR data, photogrammetric photographs, GPNS, or tachometric measurements are often used in geodesy to create the DTM surface. The method of collecting information to construct a surface model depends on the study area, the desired accuracy, and the environmental parameters. This paper discusses the creation of digital spatial surface models using several different geodetic measurement methods. The accuracy of the formed digital surfaces is considered.

**Keywords:** DTM, LIDAR, photogrammetry, accuracy.