



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TEEDEINSTITUUT

PINNAVORMIDE LASERSKANEERIMINE JA 3D MODELLEERIMINE

TERRESTRIAL LASER SCANNING AND 3D MODELLING OF
LANDFORMS

ETG 60 LT

Üliõpilane: Martin Sobak

Juhendaja: Prof. Artu Ellmann

Kaasjuhendaja: MSc. Tarvo Mill

Tallinn, 2014

Kokkuvõte

Käesoleva uurimistöo raames uuriti erinevatel mõõdistusviisidel kogutud andmetest pinnamudelite koostamist ning loodud pinnamudelite omavahelisi sarnasusi ja erinevusi Kiviõli tuhamäe ja Aidu sõudekanali piirkonna näitel. Võrreldi omavahel pinnamudelite kõrguslikke kui ka mahulisi erinevusi ning koostati lõiked huvipakkuvatest kohtadest. Arvestades objekti reljeefi ja pinnamudelite kasutamise eesmärki püüti leida optimaalseim mõõdistamise viis adekvaatselt hindamaks analoogsete objektide mõõdistamiseks sobivaid mõõdistusmeetodeid.

Töös võrreldakse omavahel GNSS mõõtmiste, terrestrialse laserskaneerimise (TLS) ning aerolaserskaneerimisel (ALS) saadud andmetest loodud pinnamudeleid. Imiteerimaks tahhümeetrilise mõõdistuse tulemusi on võrdlusesse on lisatud TLS andmete põhjal loodud hõredamad kindla sammuvahega punkt pilvedest moodustatud pinnamudelid. Pinnamudelid on koostatud kasutades selleks kommertstarkvarasid Leica Cyclone ja Autocad Civil 3D, võrdlused on teostatud programmiga Autocad Civil 3D.

Kiviõli tuhamäe näitel võrreldi omavahel TLS andmetest loodud pinnamudelit tahhümeetrilist mõõdistust imiteerivatest andmetest loodud pinnamudelitega. Tahhümeetrilist mõõdistust imiteerivad andmed olid erineva tihedusega, vastavalt 10, 20, 30 ja 50 meetrise sammuvahega mõõdistused. TLS pinnamudeli võrdlusel nii 10 kui ka 20 meetrise sammuga mudelitega selgus, et kõrguslikud erinevused jäävad võrdlemisi väikesteks jäädes valdavalt poole meetri piiresse, kusjuures võrdluses 10 m sammuvahega mudeliga jäid koguni 98% pindalast kõrguserinevused ± 20 cm piiresse. 20 m sammuvahega mudelil oli vastav näitaja 82%. TLS mudeli võrdlusel 30 m sammuvahega mudeliga on vastav number langenud juba 69%-ni, siiski jääb 97% erinevustest vahemikku ± 50 cm. Tunduvalt suuremad erinevused tulid välja TLS mudeli võrdlusel 50 m sammuga mudeliga. Vaid 50% võrreldavast alast jäid pindade erinevused vahemikku ± 20 cm, kusjuures maksimaalsed erinevused ulatusid 2,5 meetrini. Tihedama sammuga mudelite väiksemaid erinevusi põhjustasid peamiselt nõlvade tipu ja jalami kumerused ja nõgusused, samas hõredama sammuga mudelite suuremad erinevused tulid eeskätt nõlvade keskel olevatest kumeratest ja nõgusatest aladest. Suuremad erinevused tekkisid eeskätt sujuvalt ja ühtlase üleminekuga ning sellest tulenevalt võib kaldus oleval nõlval selliste punktide avastamine olla raskendatud. KRV väärtused vastavalt 10, 20, 30 ja 50 m sammuvahega pinnamudelite võrdlemisel TLS pinnamudeliga olid vastavalt 0,07 m, 0,17

m, 0,22 m ja 0,38 m. Mäe mahulised erinevused mudelite vahel jäid väikesteks, ulatudes maksimaalselt 0,23%-ni.

Aidu karjääri sõudekanali piirkonna näitel võrreldi ALS andmetest moodustatud mudelit nii TLS andmetest moodustatud kui ka GNSS andmetest moodustatud mudelitega. ALS mudeli võrdlusele TLS mudeliga ilmnis, et 69% mõõdistavast alast jäid erinevused ± 20 cm piiresse ning 91% ± 50 cm piiresse. Suuremad erinevused esinesid kõrgendike tippudes, kus automaatselt klassifitseeritud ALS andmetes ei olnud kõrgendike teravad tipud klassifitseerunud maapinnapunktidenä. Sellest tulenevalt esinesid ka kohati suured lokaalsed erinevused kahe pinna vahel, mis omakorda andis suure KRV väärtuse, milleks oli 0,37 meetrit. Mahuerinevus võrreldava ala puhul ALS ja TLS mõõdistusel oli 0,30%.

ALS ja GNSS andmetest moodustatud mudelite võrdlusele Aidu karjääri näitel jäid kõrguserinevused kahe mudeli vahel 88% ulatuses ± 50 cm piiresse, maksimaalsed erinevused olid kuni 2 meetrit. Kõrguserinevuste põhjus oli eeskätt tingitud GNSS mõõdistuspunktide asukoha valikust ja tihedusest. Kahe pinna võrdlusele saadavaks KRV väärtuseks osutus GNSS pinnamudeli võrdlemisel ALS pinnamudeligale 0,33 meetrit. Mahuerinevus ALS ja GNSS mudelite vahel oli 0,26%.

Markšeideritöö korra üldnõuete järgi ei tohi antud töös käsitletud mahtude juures kahe mõõtesuuruse väärtuse erinevus kordusmõõtmisel ületada 2%. Seega antud juhul jäävad kõigi näidete puhul erinevused selgelt lubatu piiresse.

Tehtud tööde alusel võib järeldada, et suurte tehismägede mahtude määramiseks sobivad kõik käsitletud mõõdistusviisid, suur punktihedus mängib vähest rolli ning mõõdistusmeetodi valikul peaks lähtuma eeskätt meetodi kiirusest ja maksumusest. Seega tuleks mahuarvutuse korral kõigepealt uurida, kas antud ala kohta on ehk Maa-ametis juba olemas sobivaid ja ajakohased ALS andmeid, mida oleks võimalik tellida. Nimetatud andmete puudumisel oleks soodsaim võimalus teostada GNSS mõõdistused, kuna lageda tehismaastiku korral on vastuvõtja nähtavuses piisavalt satelliite ning töö teostamine toimub kiiresti. Tahhümeetrilisel mõõdistusel võtab töö tulenevalt instrumendi jaamade orienteerimisest mõnevõrra rohkem aega ning TLS mõõdistuste korral on seadme enda ja järeltöötluseks kasutatava tarkvara hind tunduvalt suurem võrreldes eelnevate variantidega, samuti suureneb TLS korral sisetöö aeg. Kui aga oluline on pinnamudeli kõrguslik täpsus, nagu seda on näiteks pinnasekattetööde puhul, tuleks eelistada eeskätt just TLS ja ALS mõõdistustest koostatud pinnamudelid, kuid antud näite puhul andsid rahuldava tulemuse

ka 10 ja 20 meetrise sammuga mõõdistusandmed, millisel juhul säilis mahuarvutuste täpsus ning pinnamudeli kuju adekvaatsus. TLS mõõdistuse eelised tulevad välja keerulise ja järskude nõlvadega maastiku mõõdistamisel, kuid taimestiku lisandumisel tekib jällegi vajadus punktipilve puhastada, mis võib sõltuvalt taimestiku tihedusest võtta palju aega. ALS andmete kasutamisel nimetatud maastikul tuleks kindlasti kriitilise pilguga üle kontrollida klassifitseeritud punktipilves järsakute tipuosad, samuti võivad olla suured kivid klassifitseeritud maapinnana. Liiga tiheda taimestiku puhul võib TLS meetod osutada sootuks sobimatuks. Keskmise tasetasusega ja taimestikuga kaetud maast pinnamudeli koostamiseks andsid selgelt parema tulemuse ALS andmed, mis oma väiksema täpsuse võrreldes GNSS mõõdistustega korvavad tunduvalt tihedama punktide võrgustikuga. Seega, kui Gallay jt, (2012) töös osutus laugel maapinnal täpsemaks GNSS meetod, siis pisut künklikumal maastikul saavutatakse paremad tulemused kasutades ALS andmeid. Lisaks eelpool mainitule tuleb mõõdistusmeetodi valikul arvestada iga konkreetse objekti iseloomu ning mõõdistustöid teostava ettevõtte võimalustega.

Summary

TERRESTRIAL LASER SCANNING AND 3D MODELLING OF LANDFORMS

Martin Sobak

In this Thesis spatial data acquired by various contemporary surveying methods were used to create 3D surface models. Their similarities and differences were investigated on the example of Kiviõli semi-coke landfill and an area in the closing Aidu open cut mine, where a rowing channel is currently being built. Elevation and volume differences of resulting surface models were compared. Suitable surveying methods considering the landscape and the use of the surface models were attempted to determine. This enables to adequately assess results for similar objects in the future.

The research compares surface models created by using GNSS, terrestrial laser scanning (TLS) and airborne laser scanning (ALS) data. In addition, the initial high-resolution TLS data were thinned to create artificially sparser point clouds to imitating the results of ordinary tacheometric surveying. Imitated data of tacheometric survey consisted of four point clouds with different densities with the average measurement steps of 10, 20, 30 and 50 m. Surface models were created and compared using commercial software packages Leica Cyclone and Autocad Civil 3D.

The comparison of the initial TLS surface model with the ones with average measurement steps of 10 and 20 m showed that elevation differences were relatively small, mainly ranging within ± 20 cm. Comparing the TLS surface model with the one created from average steps of 30 m revealed somewhat larger differences. Expectedly the largest elevation differences reaching up to 2.5 m were associated with the average measurement steps of 50 m. The elevation differences in imitated point clouds with smaller average measurement steps were mainly caused by the curvature of the edge of the hill and slopes and concavities on the foot of the hill. The differences in imitated point clouds with larger average measurement steps were mainly due to slopes and concavities in the middle of the slopes. Larger differences were mainly caused by smooth and continuous transition and, consequently, the detection of these smooth transitions may become difficult on a sloping hillside. The volumetric differences between the models, however, were insignificant,

ranging to a maximum of 0,23%. The total volume of the Kiviõli semi-coke landfill was around 2,63 mil. m³.

On the example of Aidu test area discrepancies between the ALS, TLS and GNSS surface models were investigated. The comparison between the ALS and the TLS surface models revealed that height variations were mainly within the range of ± 50 cm. More distinctive differences occurred on the tops of precipices, where automatically classified ALS data had misclassified sharp tops of precipices, therefore the ground points were missing. As a result, there were some large local differences between the two surfaces. The volumetric difference between the two surfaces was detected to be 0,30%, while the total volume was around 1,79 mil. m³.

The comparison between the ALS and GNSS surface models on the example of Aidu showed that height variations were mainly in the range of ± 50 cm and the maximum differences were as high as 2,0 m. The main reason for height differences was caused by the location and low density of motorized GNSS survey points. The volumetric difference was as little as 0,26%. The total volume of the compared area was around 2,01 mil. m³.

According to the general requirements for mine survey operations, the difference between two measurements on both examples may not exceed 2%. Thus, in this case all the differences are clearly within the required limits. However, the total volumes were very large and with smaller volumes the results would most likely not be as good as they were in this case.

Based on the examples of Kiviõli and Aidu, it can be concluded that for determining surface volumes of landforms all the tested measurement methods are suitable, large density of points has not much of a significance and the choice should be based primarily on the speed and cost effectiveness of the method. Therefore, it is recommended to examine first, whether there already might be some relevant ALS data. In the absence of ALS data, it would be of great advantage to carry out GNSS surveying. If the measurements are proceeded with in the open view enough satellites can be used by the receiver and measurements are made quickly. Tacheometric surveying takes somewhat more time due to the setting up of work stations. On the other hand using TLS means higher cost of the instrument and post-processing software, also there is an increase of post-processing time. If the height of the model is important, it is preferable to use TLS and ALS, however, decent results were also acquired with average measurement steps of

10 and 20 m, in which case volume accuracy and the shape of the surface were adequately represented. The benefits of TLS became obvious when measuring complex terrain with steep slopes. However, if the surface includes vegetation a need for time-consuming cleaning of the point cloud would occur. Also, if the vegetation gets too dense, using TLS might become completely unsuitable. While using ALS data, it is strongly recommended to check the classified ground points, especially the tips of precipices, also some big rocks might be classified as ground points. The best results for making surface models out of an average vegetated ground were acquired using ALS data, which despite its lower point accuracy compared to GNSS gives a better end result due to its point cloud being a lot denser. Thus, when in some earlier works the GNSS method proved to be better on a flat terrain then this study shows that on a slightly more humpy terrain better results are achieved using ALS data. In addition to the aforementioned, when it comes to choosing the best measurement method, the specific nature of any particular object and the capabilities of the company should also be considered.