

DETERMINING THE HEIGHTS AND HORIZONTAL POSITIONS OF TATRA MOUNTAIN PEAKS USING GNSS MEASUREMENTS, MAPPING SERVICES, AND LIDAR DATA

URČENÍ VÝŠEK A HORIZONTÁLNÍCH POLOH TATRANSKÝCH VRCHOLŮ S POMOCÍ MĚŘENÍ GNSS, MAPOVÝCH SLUŽEB A LIDAROVÝCH DAT

Dariusz Strugarek* ¹, Krzysztof Sośnica¹

*dariusz.strugarek@upwr.edu.pl

¹Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Institute of Geodesy and Geoinformatics, 25 Norwida St., 50-375 Wrocław, Poland

Abstract

Accurate heights and horizontal positions of mountain peaks and passes are essential for tourism, scientific studies, and public use, yet available map-based information often lacks documented accuracy and sufficient vertical precision. This study provides precise Global Navigation Satellite Systems (GNSS) measurements of 140 peaks and passes in the Tatra Mountains and uses them to validate heights, and horizontal positions derived from Polish (PL) and Slovak (SK) LiDAR data, geographic registry (PRNG), OpenStreetMap (OSM), OpenTopoMap (OTM), and Google Maps (GM). The feasibility of determining peak and pass heights using only remotely derived data (LiDAR with mapping sources) is also assessed for cases where other data might be unavailable. GNSS-based validation reveals systematic differences between the LiDAR datasets. The PL LiDAR shows a small positive height bias with mean differences of 0.10, 0.30, and 0.01 m for nearest, highest, and mean-point approaches, respectively, and a high dispersion with RMS of 0.36–0.63 m. In contrast, the SK LiDAR exhibits a consistent negative bias (–0.15, –0.06, and –0.27 m) with lower variability (RMS 0.20–0.40 m). Horizontal differences are characterized with offsets of ~0.26, and ~2 m for PRNG, and OSM/OTM, respectively, while GM performing poorest. When LiDAR data are combined with high-quality horizontal positions (PRNG or OSM), reliable peak and pass heights can be derived without GNSS data. The nearest-point approach yields mean height differences of –0.09 to –0.25 m (standard deviation 0.35–0.59 m), while the highest-point approach yields positive biases (0.06–0.43 m) and high variability. Peak and pass heights can be estimated with standard deviations below 0.5 and 0.3 m, respectively. The achieved decimeter-level consistencies exceed typical map-based height precision, demonstrating the suitability of this approach in LiDAR-covered mountainous regions.

Abstrakt

Přesné výšky a horizontální polohy horských vrcholů a průsmyků jsou nezbytné pro cestovní ruch, vědecké studie a veřejné použití, avšak dostupné informace založené na mapách často postrádají dokumentovanou přesnost a dostatečnou vertikální přesnost. Tato studie poskytuje přesná měření globálního navigačního satelitního systému (GNSS) 140 vrcholů a průsmyků v Tatrách a používá je k ověření výšek a horizontálních poloh odvozených z polských (PL) a slovenských (SK) LiDAR dat, geografického registru (PRNG), OpenStreetMap (OSM), OpenTopoMap (OTM) a Google Maps (GM). Rovněž je posouzena proveditelnost stanovení výšek vrcholů a průsmyků pouze na základě dálkově získaných dat (LiDAR s mapovacími zdroji) pro případy, kdy mohou být jiná data nedostupná. Ověření na základě GNSS odhaluje systematické rozdíly mezi datovými sadami LiDAR. PL LiDAR vykazuje malé kladné výškové zkreslení s průměrnými rozdíly 0,10, 0,30 a 0,01 m pro nejbližší, nejvyšší a střední bodové přístupy a vysokou disperzi s RMS 0,36–0,63 m. Naopak SK LiDAR vykazuje konzistentní záporné odchylky (–0,15, –0,06 a –0,27 m) s nižší variabilitou (RMS 0,20–0,40 m). Horizontální rozdíly jsou charakterizovány odchylkami ~0,26 a ~2 m pro PRNG a OSM/OTM, zatímco GM vykazuje nejhorší výsledky. Když se data LiDAR kombinují s vysoce kvalitními horizontálními polohami (PRNG nebo OSM), lze odvodit spolehlivé výšky vrcholů a průchodů bez dat GNSS. Přístup nejbližšího bodu poskytuje průměrné výškové rozdíly –0,09 až –0,25 m (směrodatná odchylka 0,35–0,59 m), zatímco

přístup nejvyššího bodu poskytuje kladné odchylky (0,06–0,43 m) a vysokou variabilitu. Výšky vrcholů a průsmýků lze odhadnout se směrodatnou odchylkou nižší než 0,5, resp. 0,3 m. Dosažená konzistence na úrovni decimetrů přesahuje typickou přesnost výšek založenou na mapách, což dokazuje vhodnost tohoto přístupu v horských oblastech pokrytých LiDARem.

(translated from ENG version with DeepL.com)

Keywords

Tatra mountains, peak heights, GNSS, LiDAR, OpenStreetMap, GoogleMaps

Klíčová slova

Tatry, výšky vrcholů, GNSS, LiDAR, OpenStreetMap, GoogleMaps