

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0393**

Inovácie v zisťovaní stavu lesa založené na progresívnych technológiách diaľkového prieskumu Zeme

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Ivan Sačkov, PhD.**

Príjemca **Národné lesnícke centrum**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

-

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

-

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Sáčkov I., Santopuoli G., Bucha T., Lasserre B., Marchetti M. 2016. Forest Inventory Attribute Prediction Using Lightweight Aerial Scanner Data in a Selected Type of Multilayered Deciduous Forest. *Forests* 7: 307. doi: 10.3390/f7120307.

Kulla L., Sačkov I., Juriš M. 2016. Test of airborne laser scanning ability to refine and streamline growing stock estimations by yield tables in different stand structures. *Forestry Journal* 62: 39-47. doi: org/10.1515/forj-2016-0005.

Sáčkov I., Hlásny T., Bucha T., Juriš M. 2017. Integration of tree allometry rules to treetops detection and tree crowns delineation using airborne lidar data. *iForest* 10: 459-467. doi: 10.3832/ifor2093-010.

Smreček R., Sačkov I., Michňová Z. 2017. Automated tree detection and crown delineation using airborne laser scanner data in heterogeneous East-Central Europe forest with different species mix. *Journal of Forestry Research* 28: 1049-1059. doi: 10.1007/s11676-017-0378-7.

Sáčkov I., Sedliak M., Kulla L., Bucha T. 2017. Inventory of Close-to-Nature Forests Based on the Combination of Airborne LiDAR Data and Aerial Multispectral Images Using a Single-Tree Approach. *Forests* 8: 467. doi:10.3390/f8120467.

Sedliak M., Sačkov I., Kulla L. 2017. Classification of tree species composition using a combination of multispectral imagery and airborne laser scanning data. *Central European Forestry Journal* 63: 1-9. doi: 10.1515/forj-2017-0002.

Sačkov I., Sedliak M., Kulla L., Bucha, T. 2017. Integration of remote sensing data into forest inventory in close-to-nature forests: An initial case study in Smolnícka Osada, Slovakia. *EARSeL eProceedings*, 16(1): 1-8. doi: 10.12760/01-2017-1-07.

Smreček R., Michnová Z., Sačkov I., Danihelová Z., Levická M., Tuček J. 2018. Determining basic forest stand characteristics using airborne laser scanning in mixed forest stands of Central Europe. *iForest* 11: 181-188. doi: 10.3832/ifor2520-010

Murgaš V., Sačkov I., Sedliak M., Tunák D., Chudý F. 2018. Assessing horizontal accuracy of inventory plots in forests with different mix of tree species composition and development stage. *Journal of Forest Science* 64(11): 478-485. doi: 10.17221/92/2018-JFS.

Uplatnenie výsledkov projektu

Projekt poskytol spektrum nových informácií o možnostiach a obmedzeniach inovatívnej koncepcie získavania údajov o stave a vývoji lesa založenej na progresívnych technológiách diaľkového prieskumu Zeme (DPZ). Pre tieto účely bola zároveň vyvinutá aplikácia, ktorá umožňuje bezkontaktnú inventarizáciu lesa prostredníctvom stromového prístupu. Tieto výsledky projektu majú širokú škálu uplatnenia naprieč odvetvami z akademického, súkromného a verejného sektora.

Všeobecnejšou oblasťou uplatnenia výsledkov projektu je aplikovaná geodézia a kartografia. Na základe dát leteckého laserového skenovania je možné pomerne presné a automatizované mapovanie vegetácie, budov a ciest. Tieto objekty je tak možné lokalizovať a v kombinácii s inými podkladovými zdrojmi (napr. kataster) klasifikovať s ohľadom na druh využívania, vlastníctva ako aj podľa atribútu ich výšky alebo plochy (napr. les/budova/cesta nachádzajúca sa v nelesných/lesných pozemkoch, extraviláne/intraviláne obce a pod.). Primárnou oblasťou uplatnenia výsledkov projektu je inventarizácia a monitoring lesov. Výsledky dokázali, že vyvinuté postupy tzv. DPZ-inventarizácie majú potenciál uplatnenia v lesníckej praxi. Potrebná je ale ich kontinuálna a robustnejšia validácia. V tejto spojitosti tak inovatívne zisťovanie stromových a porastových charakteristík na základe dát DPZ môže nájsť uplatnenie v rámci všetkých aktivít súvisiacich so zisťovaním stavu a vývoja lesa.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Riešený projekt zahŕňal tri ciele, ktoré boli splnené v súlade s časovým a obsahovým harmonogramom riešenia projektu.

Prvým cieľom bolo vytvorenie automatizovaného riešenia na zisťovaní stavu a vývoja lesa na základe DPZ dát. Softvérový produkt bol vytvorený v prvom roku riešenia. Toto riešenie umožňuje automatizovane zistiť základné stromové a porastové charakteristiky.

Druhým cieľom bola testovacia aplikácia vyvinutého riešenia v reálnych podmienkach. Pre tieto účely sa získal dátový materiál z dvoch záujmových území. Zabezpečené boli (1) dáta z leteckého snímkovania a leteckého laserového skenovania ako aj (2) terénne dáta určené k validácii a kalibrácii vyvinutých algoritmov. Výsledky testovania dokázali, že vyvinuté postupy tzv. DPZ-inventarizácie sú aplikovateľné v lesníckej praxi. Na úrovni jednotlivých stromov dosiahla relatívna stredná kvadratická chyba (RMSE) v prípade zistenia výšky 12%, v prípade hrúbky 29% a v prípade objemu 60%. Na úrovni porastových charakteristík RMSE dosiahla 6% v prípade strednej výšky, 8% v prípade strednej hrúbky a 21% v prípade zásoby porastu.

Tretím cieľom bola popularizácia a diseminácia výsledkov projektu. Tento cieľ bol splnený lepšie ako bolo plánované. Publikovaných bolo 5 príspevkov v impaktovaných časopisoch, 3 príspevky v recenzovaných časopisoch a 4 príspevky v nerecenzovaných časopisoch. Organizované boli odborné workshopy a neformálne vzdelávanie tak bolo poskytnuté 74 účastníkom. Kontakt s laickou verejnosťou sa vykonával v rámci tematických výstav a formou jednej reportáže uvedenej v hlavných správach RTVS. Finálne boli všetky digitálne výstupy prístupné prostredníctvom webovej mapovej služby.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The research project included three key objectives. All these objectives were successfully met in accordance with the project time schedule.

The first objective was the development of an innovative method for forest inventories and monitoring based on remote sensing data. The software application for this was developed in the 1st project year. This application allows estimation of main tree and forest stand characteristics from airborne laser scanning data.

The second objective was to test this software application in forestry practice. For the testing we used the reference data from remote sensing and ground survey from two study areas. The results showed that the proposed method can be used for prediction of main tree as well as forest-stand variables. At the tree level, the root mean square error (RMSE) did not exceed 12% for heights, 29% for diameters, and 60% for volumes. At forest-stand level, the RMSE did not exceed 6% for mean height, 8% for mean diameter, and 21% for total volume of the stand.

The third objective was the promotion and dissemination of the project results. This objective's requirements were met better than planned. In total, five impacted research articles, three peer-reviewed research articles and four not reviewed articles were published. An informal education was provided for seventy-four participants through several workshops. Public awareness was improved via two thematic exhibitions and one report in the Slovak Television. Finally, all digital project outputs were shared with all stakeholders in the form of web-map service.