



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0035

Simulačný a vizualizačný analytický nástroj pre lesnícke plánovanie (SAVANT)

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Marek Fabrika, PhD.**

Príjemca

Technická univerzita vo Zvolene - Lesnícka fakulta

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická univerzita vo Zvolene,
Lesnícka fakulta,
Katedra plánovania lesných zdrojov a informatiky

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Univerzita Georga Augusta v Goettingene, Nemecko
Technická univerzita v Mníchove, Nemecko

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

Neboli

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

Vedecké publikácie:

1. Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe / Hans Pretzsch ... [et al.]. - 2816ERA02S ; PCIN2017-026 ; 7831-22209-2013 ; S-SUMFOREST-17-1. - CCC, WOS, SCOPUS.
In European journal of forest research. - ISSN 1612-4669. - Vol. 139, no. 3 (2020), p. 349-367. (2019: 2.451 - IF, 2.581 - IF 5y, 58 - H-index, 0.798 - SJR, 2.46 - CPD, Q1 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q).
[PRETZSCH, Hans (36%) - STECKEL, Mathias (2%) - HEYM, Michael (2%) - BIBER, Peter (2%) - AMMER, Christian (2%) - SITKO, Roman (2%) - FABRIKA, Marek (2%)]
2. Fabrika, M., 2021: Interactive procedural forest in game engine environment as background for forest modelling. In: Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA): Sektion Ertragskunde, Tagungsband 2021, s. 86 - 95.
3. H. Pretzsch, A. Bravo-Oviedo, T. Hilmers, R. Ruiz-Peinado, L. Coll, M. Löff, S. Ahmed, J. Aldea, C. Ammer, A. Avdagić, I. Barbeito, K. Bielak, F. Bravo, G. Brazaitis, J. Černý, C. Collet, L. Drössler, M. Fabrika, M. Heym, S.-O. Holm, G. Hylen, A. Jansons, V. Kurylyak, F. Lombardi, B. Matović, M. Metslaid, R. Motta, T. Nord-Larsen, A. Nothdurft, C. Ordóñez, J. den Ouden, M. Pach, M. Pardos, Q. Ponette, T. Pérot, D.O.J. Reventlow, R. Sitko, V. Šrámek, M. Steckel, M. Svoboda, E. Uhl, K. Verheyen, S. Vospernik, B. Wolff, T. Zlatanov, M. del Río, (2022): With increasing site quality symmetric competition and mortality reduces Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stand structuring across Europe. In: Forest

Ecology and Management, Nr. 520 (CCC, WOS, SCOPUS).

4. Mortality reduces overyielding in mixed Scots pine and European beech stands along a precipitation gradient in Europe / Hans Pretzsch ... [et al.]. - COST Action FP1206 ; European Union's Horizon 2020 ID 952314 ; No 778322 ; # DFG PR 292/15-1 ; CLU-2019-01 ; CL-EI-2021-05 ; # PID2021-126275OB-C21/C22 ; # DO1-405/18.12.2020 LTER-BG. - CCC, WOS, SCOPUS.

In: Forest ecology and management. - ISSN 0378-1127. - Vol. 539 (2023), art. no. 121008 [15 p.]. (2022: 3.7 - IF, 3.8 - IF 5y, 196 - H-index, 1.184 - SJR, 4 - CPD, Q1 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q).

[PRETZSCH, Hans (37%) - HEYM, Michael (3%) - HILMERS, Torben (3%) - BRAVO-OVIEDO, Andrés (3%) - AHMED, Shamim (3%) - AMMER, Christian (3%) - AVDAGIĆ, Admir (3%) - BIELAK, Kamil (3%) - BRAVO, Felipe (3%) - BRAZAITIS, Gediminas (3%) - FABRIKA, Marek (3%) - HURT, Václav (3%) - KURYLYAK, Viktor (3%) - LÖF, Magnus (3%) - PACH, Maciej (3%) - PONETTE, Quentin (3%) - RUÍZ-PEINADO, Ricardo (3%) - STOJANOVIĆ, Dejan (3%) - SVOBODA, Miroslav (3%) - WOLFF, Barbara (3%) - ZLATANOV, Tzvetan (3%) - DEL RÍO, Miren (3%)]

5. Koren, M (Koren, Milan) [1] ; Scheer, L (Scheer, Lubomir) [1] ; Sedmák, R (Sedmak, Robert) [1] ; Fabrika, M (Fabrika, Marek) [1]: Evaluation of tree stump measurement methods for estimating diameter at breast height and tree height. INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED EARTH OBSERVATION AND GEOINFORMATION, Volume129, DOI10.1016/j.jag.2024.103828, CCC, WOS, SCOPUS.

6. Fabrika, M., Valent, P., 2024: Digital twin of forest and virtual forest in forest modelling. In: Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA): Sektion Ertragskunde, Tagungsband 2024, v tlači.

Odborné a popularizačné články:

1. Fabrika, M., 2024: Prognózovanie lesa a ekosystémových služieb, Odborný lesnícky časopis Les a letokruhy, augustové číslo, v tlači.

Vyžiadané prednášky:

Fabrika, M., 2023: Gamification of education by the digital twin of the forest. Vyžiadaná prednáška na Univerzite Georga Augusta v Goettingene, 28.11.2024.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledný nástroj - rastový simulátor SIBYLA Triquetra a vizualizácia lesa vo forme virtuálnej reality sa môže uplatniť:

- a) pre strategické a taktické lesnícke plánovanie na úrovni Národného lesníckeho centra, predovšetkým pre podrastové formy hospodárenia a prírode blízke formy hospodárenia.
- b) pre operatívneho plánovanie na úrovni lesných a vlastníckych celkov ako nástroj pre automatizovanú aktualizáciu stavu lesa na báze PSL a LHE.
- c) pre taktické plánovanie na úrovni lesných podnikov (napr. štátny podnik Lesy SR) ako súčasť automatizovaného informačného systému.
- d) pre špeciálne prípadové štúdie vplyvu hospodárenia na lesy, resp. bezzásahového režimu na les, napríklad štúdie pre MPRV ako aj MŽP (napr. nová zonácia národných parkov).
- e) pre prácu s verejnosťou (predovšetkým oblasť virtuálnej reality a kvantifikácie ekosystémových služieb lesa).

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

Vyvinuli sme softvérové riešenie nástroja pre predikciu stavu lesa, uvoľnili ho bezplatne pre širokú verejnosť a umožnili ho zaviesť pre lesnícke plánovanie a používanie v bežnej lesníckej prevádzke. Nástroj slúži pre simuláciu a vizualizáciu lesa a ako analytický prostriedok pre rozhodovanie. Nástroj je senzitívny na prírodné prostredie (klíma, pôda), hospodárske postupy (prebierky a ťažbové zásahy, ťažbovo-dopravné postupy, hospodárske spôsoby a formy) a socioekonomické prostredie (ekosystémové služby, vývoj cien dreva, úrokových sadzieb, diskontnej miery, jednotkových nákladov). Nástroj zároveň zohľadňuje aj riziko vo forme modelovania náhodných javov ako sú napríklad kalamity. Je vhodný aj pre prírode blízke formy obhospodarovania lesa (PBHL). Jeho súčasťou je aj pokročilá vizualizácia lesa vo forme virtuálnej reality. Je implementovaná v game engine Unity 3D a prispôbená pre rôzne zariadenia: OCULUS Rift, HTC Vive, CAVE systém.

Systém je momentálne kompletne pripravený pre lesnú prevádzku vo forme empirického modelu, pričom boli vyvinuté aj procesné submodely a komponenty pre budúce riešenie simulácii. Model a softvérové riešenie je výnimočné k krajinách V4 ako aj v medzinárodnom a svetovom meradle.

Niekoľko dôležitých linkov:

Rastový simulátor SIBYLA:

<https://sibyla.tuzvo.sk/>

Zariadenie CAVE:

<https://etools.tuzvo.sk/cave/>

Ukážka virtuálnej reality lesa:

<https://www.youtube.com/watch?v=ub1zXUYebJo>

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

We have developed a software tool for forest prediction, released it free to the general public, and enabled it to be implemented for forestry planning and use in current forestry operations. The tool serves to simulate and visualize the forest and as an analytical tool for decision-making. The tool is sensitive to the natural environment (climate, soil), management procedures (thinnings and harvesting interventions, cutting and transportation procedures, management methods and forms), and socioeconomic environment (ecosystem services, development of wood prices, interest rates, discount rates, unit costs). At the same time, the tool also takes into account risk in the form of modeling random phenomena such as disturbances. It is also suitable for forms of forest management close to nature (PBHL). It also includes advanced visualization of the forest in the form of virtual reality. It is implemented in the Unity 3D game engine and adapted for various devices: OCULUS Rift, HTC Vive, CAVE system. The system is currently completely prepared for forest operations in the form of an empirical model, while process submodels and components for future simulation solutions have also been developed. The model and software solution are exceptional in the V4 region as well as on an international and world scale.

A few important links:

SIBYLA growth simulator:

<https://sibyla.tuzvo.sk/>

CAVE device:

<https://etools.tuzvo.sk/cave/>

A sample of the virtual reality of the forest:

<https://www.youtube.com/watch?v=ub1zXUYebJo>