

## INTERNET AKO NÁSTROJ PRE PODPORU PRIESTOROVÉHO ROZHODOVANIA V LESNÍCTVE

Martin ZÁPOTOCKÝ<sup>1</sup>, Michal ANTAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Ulica T. G. Masaryka 24, 96 054, Zvolen, Slovenská republika  
*[martin.zapotocky@tuzvo.sk](mailto:martin.zapotocky@tuzvo.sk), [xantalm1@is.tuzvo.sk](mailto:xantalm1@is.tuzvo.sk)*

### Abstrakt

Práca sa zaoberá charakteristikou a systemizáciou faktorov, ktoré vstupujú do klasifikácie terénu pre výber optimálnych ťažbovo-dopravných technológií pre územie Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene a sprístupnení výstupov prostredníctvom internetu. Osobitne popisuje metodiku pre realizáciu terénnej a technologickej typizácie s dôrazom na kritériá prírody blízkeho hospodárenia lesov podľa certifikačného systému PEFC. Modelovými technológiami boli univerzálny kolesový traktor, lesný kolesový traktor, lesná lanovka a forwarder. Spracovanie výstupov sa uskutočnilo prostredníctvom systému pre podporu priestorového rozhodovania a nástrojmi GIS. Zdrojmi údajov boli geografické databázy Programu starostlivosti o lesy, ortofotosnímkov, digitálneho modelu reliéfu a terénu, lesnej cestnej siete a klimatické údaje z meteorologických staníc záujmového územia. Z dostupných údajov boli vytvorené webové mapové služby podľa pravidiel kartografickej reprezentácie. Publikovanie interaktívnych digitálnych máp bolo implementované prostredníctvom webovej mapovej aplikácie. Vytvorená mapová aplikácia je dostupná pre potreby vedecko-výskumných pracovníkov a študentov pri riešení praktických úloh v oblasti ťažbovo-dopravných technológií.

### Abstract

The article deals with the characteristics and systemization of factors that enter into the classification of terrain in order to select the optimal harvesting and skidding technologies in the territory of the University Forestry Enterprise of the Technical University in Zvolen and publishing the outputs via the Internet. The text more specifically describes a methodology for the implementation of terrain classification and technological typification focusing on the criteria of natural management of forests according to PEFC certification system. Model technologies were universal wheeled tractor, forestry tractor, forest cabin and forwarder. Output processing was carried out through a spatial decision support system and GIS tools. Data sources were geographic databases of forest management plan, orthophotos, digital terrain and digital surface models, forest road network and climatic data from meteorological stations of the given territory. The available data were crafted by web map services in accordance with cartographic rules. Publishing of interactive digital maps have been implemented through a web map application. The map application is available for the purposes of researchers and students to solve practical problems in the field of harvesting and skidding technologies.

**Kľúčová slova:** lesná cestná sieť, terénna klasifikácia, technologická typizácia, webová mapová služba, webová mapová aplikácia

**Keywords:** forest road network, terrain classification, technological typification, web map service, web map application

### 1 ÚVOD

Dopravné sprístupnenie porastov a výber optimálnych ťažbovo-dopravných technológií je rozhodujúci pre zabezpečenie efektívnosti výroby a riešenie logistických väzieb medzi lesníctvom a priemyslom spracovania dreva. Úroveň sprístupnenia lesných porastov podmieňuje výber ťažbovo-dopravných technológií. Zároveň významne vplyva na koncepciu protipožiarnej a protipovodňovej ochrany ako aj na verejnoprospešné využitie krajiny, ktorú sprístupňuje.

Do roku 1993 sa údaje o kvalite a hustote lesnej cestnej siete zisťovali v rámci prieskumu vykonávanom na pracoviskách vtedajšieho Lesoprojektu a spolu s návrhom výstavby nových a asanácie neperspektívnych ciest sa spracovali do elaborátu „Prieskum lesnej dopravnej siete“ (PLDS). Po roku 1993 PLDS nie je súčasťou Programu starostlivosti o lesy. Informácie o úrovni dopravného sprístupnenia porastov sa stali vecou obhospodarovateľa lesov. Vykonávali sa na základe objednávky obhospodarovateľa ako revízia alebo aktualizácia PLDS. Aktuálne údaje o hustote a kvalite lesnej cestnej siete sú v rámci lesných správ na rôznej úrovni, čo má vplyv na plánovanie udržiavania, rekonštrukcií a výstavby lesnej cestnej siete a výber optimálnych ťažbovo-dopravných technológií.

Vysokoškolský lesnícky podnik (VšLP) ako samostatný organizačný a hospodársky subjekt Technickej univerzity vo Zvolene sa postupne zapája do využívania technológií pre podporu priestorového rozhodovania za účelom zachovania stability a biodiverzity lesných ekosystémov vhodným výberom lesnej techniky v procese ťažby a dopravy dreva. Bohatá variabilita petrografických, klimatických a vegetačných pomerov časti Kremnických vrchov na rozlohe 9 724 ha v nadmorskej výške 250–1025 m n.m. poskytuje vhodné podmienky pre výskum v oblasti využívania rozličných ťažbovo-dopravných technológií a odvodenie ich možností nasadenia v lesníckej praxi.

Práve využívanie webových mapových aplikácií sa stalo v súčasnosti často používaným nástrojom v oblasti online podpory rozhodovania vzhľadom na ich schopnosť uľahčiť poskytovanie informácií pre širokú odbornú verejnosť [7]. Poskytovaním geografických údajov pomocou internetu sa vytvorili možnosti pre prístup a zdieľanie údajov prostredníctvom mapových služieb, ktoré slúžia na pripojenie rôznych druhov a formátov geografických údajov do iného systému [3].

V práci predkladáme súhrn poznatkov získaných pri odvodení výstupov pre podporu priestorového rozhodovania so zameraním sa na aktuálne sprístupnenie lesných porastov prostredníctvom lesnej cestnej siete a optimálny výber ťažbovo-dopravných technológií s následnou tvorbou aplikácie pre sprístupnenie výstupov v prostredí internetu. Uvedená webová mapová aplikácia je súčasťou budovaného participatívneho GIS pre poskytovanie informácií o lesoch územia VšLP. Aplikácia je z dôvodu zabezpečenia ochrany zverejnených údajov dostupná len pre vedecko-výskumných pracovníkov TU a zamestnancov VšLP na mapovom portáli [mapy.tuzvo.sk](http://mapy.tuzvo.sk).

## 2 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

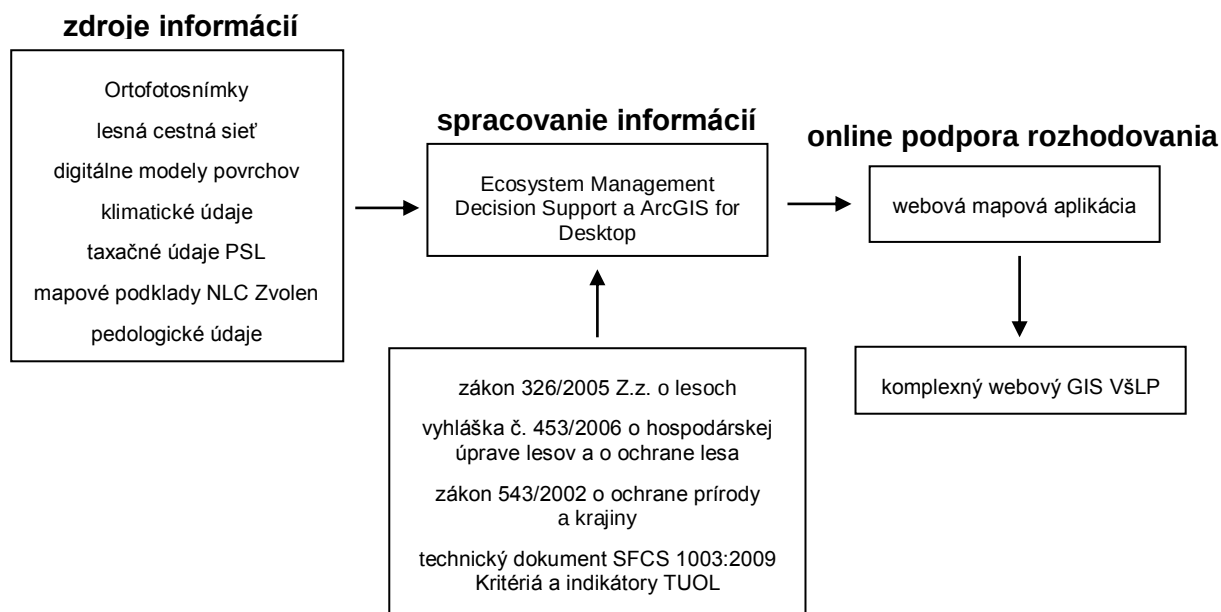
### 2.1 Zdroje údajov

Zdroje údajov pochádzajú z niekoľkých geografických databáz dostupných na Technickej univerzite vo Zvolene. Ide o geografické databázy obsahujúce ortofotosnímky, digitálne modely reliéfu a terénu a lesnej cestnej siete. Geografickú databázu lesnej cestnej siete VšLP spracoval Ing. Róbert Smreček, PhD., Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Technická univerzita vo Zvolene na základe mapových podkladov Národného lesníckeho centra, údajov Portálu cestnej databanky a meraní vedecko-výskumných pracovníkov. Obsahuje vektorovú vrstvu ciest s atribútmi pre inventárne číslo, názov cesty, druh cesty, vlastníctvo, stav odvodnenia, poškodenie ciest, typ povrchu, typ komunikácie a násypové a výkopové svahy, z ktorých boli odvodené jednotlivé kategórie ciest zobrazujúce sa vo webovej mapovej aplikácii. Pre odvodenie výstupov terénnej klasifikácie a technologickej typizácie boli využité údaje Programu starostlivosti o lesy a mapové podklady, ktoré zabezpečilo NLC – Ústav lesných zdrojov a informatiky. Klimatické údaje pochádzajú z meteorologických staníc umiestnených v lokalitách záujmového územia, ktoré poskytol prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc., Katedra prírodného prostredia, Technická univerzita vo Zvolene.

Ortofotosnímky z rokov 1978 a 2007 poskytlo NLC - Ústav lesných zdrojov a informatiky vo Zvolene. Farebnú ortofotosnímkou vytvorenú z leteckých snímkov z roku 2011 s rozlíšením 10 cm z územia VšLP spracoval doc. Ing. Bc. Miroslav Kardoš, PhD., Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Technická univerzita vo Zvolene. Snímkovanie a údaje leteckého laserového skenovania za účelom spracovania mračna bodov a následnej tvorby digitálnych modelov reliéfu a terénu a ich odvodenín zabezpečila spoločnosť PHOTOMAP, s.r.o. Aplikácia zahŕňa aj farebnú aktuálnu a čiernobielu historickú ortofomapu Slovenska s rozlíšením 50 cm. Tieto ortofomapy boli obstarané v rámci projektu Centrum excelentnosti pre

podporu rozhodovania v lese a krajine, ITMS 26220120069, ktorého riešiteľom bola Technická univerzita vo Zvolene v spolupráci s NLC Zvolen. Historická ortofotomapa bola vytvorená z archívnych leteckých snímok Topografického ústavu plukovníka Jána Lipského v Banskej Bystrici. Historickú ortofotomapu vyhotovila spoločnosť GEODIS SLOVAKIA, s.r.o. Aktuálnu ortofotomapu vyhotovili spoločnosti EUROSENSE, s.r.o. a GEODIS SLOVAKIA, s.r.o.

Postavenie použitých zdrojov údajov v schéme toku informácií pre online podporu priestorového rozhodovania je znázornené na obrázku 1. Spracovanie údajov v systéme pre podporu priestorového rozhodovania s využitím nástrojov GIS si okrem uvedených zdrojov vyžaduje stanovenie parametrov a kritérií podľa platnej legislatívy a iných dokumentov zameraných na zabezpečenie trvalo udržateľného a odborného hospodárenia v lesoch.



**Obr. 1.** Tok informácií pre online podporu priestorového rozhodovania pri výbere optimálnej lesnej techniky

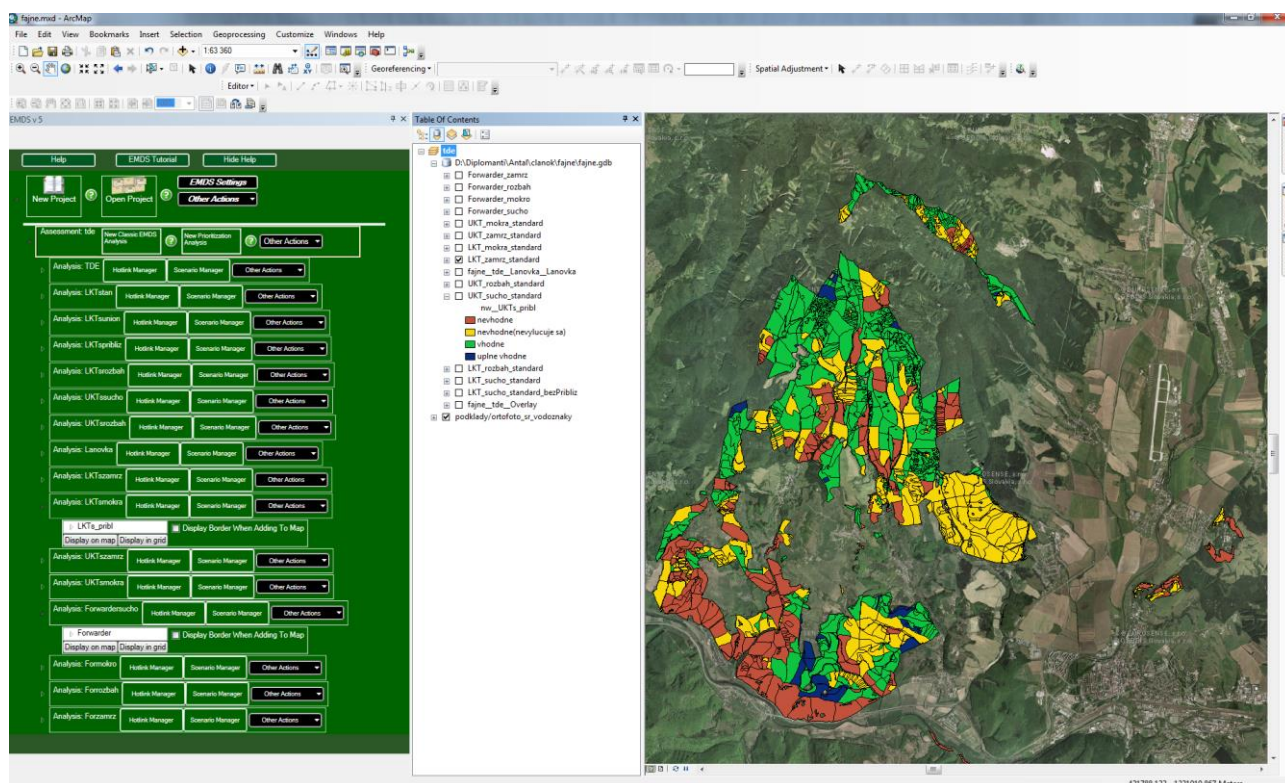
## 2.2 Klasifikácia terénu a hodnotené technológie

Terénna klasifikácia musí umožňovať jednotný a pritom jednoduchý popis terénu použiteľný v praxi pre plánovanie ťažbových a pestovných prác pre riadenie výroby, posudzovanie a vzájomné porovnávanie terénnych vlastností strojov ako aj pre vývoj a skúšky strojov [8].

Hodnotenie terénnej a technologickej typizácie sme vykonali v prostredí systému pre podporu priestorového rozhodovania EMDS (*Ecosystem Management Decision Support*) vyhotoveným na Pacific Northwest Research Station americkej Forests Service v Corvalise, USA. Systém sa dodáva na nekomerčnej báze ako rozšírenie ArcGIS for Desktop (obrázok 2). Integruje najmodernejší geografický informačný systém, modelovanie rozhodnutí, podmienkovanie na základe bázy znalostí a technológie poskytujúce podporu rozhodovania pre adaptívne riadenie procesov v manažmente ekosystémov. Zároveň integruje logický prostriedok pre vykonávanie hodnotenia krajiny a rozhodovací prostriedok pre rozvoj priorít riadenia [5]. Logický prostriedok hodnotí údaje o krajine s využitím modelu vytvoreného v systéme NetWeaver Developer® (Pennsylvania State University, USA) deriváciou logicky založených interpretácií komplexných podmienok ekosystému ako napríklad stav povodia, potenciálne ohrozenie lesnými požiarimi, či integrita krajiny. Logické modelovanie v tomto kontexte poukazuje na formu podmienkovania na základe znalostnej bázy, v ktorej sú expertné alebo implicitné poznatky použité na vytvorenie prezentácie ako rozmýšľať o spôsobe riešenia problému.

Model v systéme NetWeaver je založený na sieti závislostí zobrazených ako grafické znázornenia podmienok/kritérií dovoľujúci aj spätné použitie reťazca. Tieto reťazce (siete) závislostí môžu byť

vyhodnocované v reálnom čase vďaka, farbu meniacich, logických operátoroch obsiahnutých v reťazci indikujúcich zmenu úrovne pravdivosti hodnoty.



**Obr. 2.** Tvorba grafických výstupov v prostredí ArcGIS for Desktop s rozšírením EMDS

Druhy zvolených prostriedkov pre výber optimálnej technológie v predkladanom príspevku sú:

- univerzálny kolesový traktor ako prostriedok vhodný do ťažieb s nižšou hodnotou objemovosti,
- lesný kolesový traktor ako špeciálny prostriedok určený do porastov s vyšším objemom stredného kmeňa
- vyvážacia súprava (forwarder) ako prostriedok určený pre sústreďovanie drevnej biomasy určenej na výrobu štiepky na odvozné miesto alebo zber vyrobených sortimentov z plochy porastu spracovaného pomocou sortimentovej ťažbovej metódy. Bol vybraný konkrétny typ *John Deere 1010D* ako stredne veľká vyvážacia súprava.
- lesná lanovka využitá ako doplnok pre porasty nespĺňajúce limity použitia ostatných uvažovaných prostriedkov (porasty so sklonom nad 50 % alebo s únosnosťou pôdy pod konkrétny limit).

Všetky limity pre použitie prostriedkov boli určené na základe Normatívneho dokumentu 2010 - Kritériá pre rozhodovanie pri výbere optimálnych ťažbovo dopravných technológií, ktorý pre obmedzenie poškodzovania porastov lesnou technikou stanovuje kritériá pre výber lesnej techniky a prípustné limity poškodenia pôdy a lesných porastov.

### 2.3 Faktory vstupujúce do hodnotenia terénu

Terén bol hodnotený z hľadiska pozdĺžneho sklonu svahu, únosnosti pôdy a rizika vzniku ťažbovo-dopravnej erózie. Ďalším faktorom pre výber optimálnej technológie bola určená priemerná približovacia vzdialenosť.

Údaje o sklonoch boli získané prostredníctvom modulu pre zonálnu štatistiku (*Zonal Statistics*), ktorým sa vypočítali priemerné hodnoty sklonov pre každú jednotku priestorového rozdelenia lesa (JPRL). Zóny boli definované vektorovou vrstvou JPRL, hodnoty sklonov príslušnou rastrovou vrstvou digitálneho modelu reliéfu. Zistené hodnoty boli uložené v samostatnej databázovej tabuľke.

Pre účely stanovenia únosnosti pôd sme použili klasifikáciu určenú pre výstavby LCS [1], ktorá bola neskôr upravená s prihliadnutím na zrnitosť pôdy a obsah skeletu [6]. Pre konkrétny vlhkostný stav pôdy boli v rámci uvedených intervalov použité maximálne hodnoty únosnosti.

Vzhľadom k stále väčšiemu významu a rozsahu ťažbovo-dopravnej erózie bola v minulosti navrhnutá klasifikácia ohrozenosti lesných pozemkov ťažbovo-dopravnou eróziou [10]. Pre klasifikáciu boli zvolené kvantitatívne i kvalitatívne charakteristiky podmieňujúce mechanizmus ťažbovo-dopravnej erózie uvedené v tabuľke 1. Pre jednotlivé charakteristiky boli zostavené stupnice, v ktorých nula vyjadrovala stav maximálnej odolnosti a najvyššia hodnota stav maximálnej náchylnosti k ťažbovo-dopravnej erózii.

**Tab 1.** Charakteristiky podmieňujúce mechanizmus vzniku ťažbovo dopravnej erózie

| Charakteristiky podmieňujúce mechanizmus vzniku ťažbovo dopravnej erózie |                                               |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Ročná výška zrážok                                                       |                                               |
| Expozícia svahu                                                          |                                               |
| Sklon svahu                                                              |                                               |
| Dĺžka svahu                                                              |                                               |
| Tvar svahu                                                               |                                               |
| Mikroreliéf terénu                                                       |                                               |
| Pôdny kryt                                                               | Koreňová armatúra povrchovej vrstvy pôdy      |
|                                                                          | Pokrytie pôdneho povrchu ťažbovým odpadom     |
|                                                                          | Kamenitosť povrchu pôdy                       |
|                                                                          | Pokrytie pôdneho povrchu prízemnou vegetáciou |
|                                                                          | Hrúbka organickej vrstvy minerálnych pôd      |
| Horninové podložie                                                       |                                               |
| Hĺbka pôdy                                                               |                                               |
| Zrnitostné zloženie pôdy                                                 |                                               |
| Pôdne typy                                                               |                                               |
| Priemerný ročný režim pôdnej vlhkosti                                    |                                               |
| Rozpočítateľnosť zemin                                                   |                                               |
| Únosnosť terénu                                                          |                                               |

Gradientsy priemerných ročných zrážok záujmového územia boli odvodené na základe hodnôt z meteorologických staníc s podobnými klimatickými podmienkami [11], údaje o tvare svahu sme získali z digitálneho modelu reliéfu v rámci analýzy profilovej krivosti a hodnoty ostatných charakteristík sme získali z databázy opisu porastov v rámci územia VŠLP.

Ohrozenosť lesných pozemkov ťažbovo-dopravnou eróziou bola vyjadrená indexom  $I_{oe}$  [10], kde:

$$I_{oe} = \frac{S_u}{S_m}$$

-  $S_u$  je súčet bodov získaných hodnotením konkrétnej lokality,

-  $S_m$  je súčet najvyšších bodových hodnôt použitých charakteristík.

Výpočet priemerných vzdialeností približovania bol uskutočnený spracovaním rastrových vrstiev lesných ciest, odvozných miest a digitálneho modelu reliéfu [2]. Po rasterizácii cestnej siete boli najskôr určené najkratšie cestné vzdialenosti k odvozným miestam pre všetky bunky cestnej siete. Každý bunke reprezentujúcej cestu bola priradená najkratšia vzdialenosť po ceste k odvoznému miestu. Algoritmus začal počítať polohy odvozného miesta a postupne iteratívnym procesom sa spracovali všetky okolité bunky. Výpočet bol ukončený po dosiahnutí globálneho optima. V druhom kroku sa vyhľadali najkratšie dopravné vzdialenosti pre ostatné bunky rastra. Procedúra začala počítať od buniek ciest a pokračovala od povrchu digitálneho modelu reliéfu pokiaľ neboli vypočítané najkratšie cestné dopravné vzdialenosti pre každú bunku digitálneho modelu reliéfu. Následne bola urobená projekcia výsledných dopravných vzdialeností do dvojrozmerného rastra. Raster bol prekrytý s vektorovou vrstvou lesných porastov a zonálnou štatistikou boli určené priemerné dopravné vzdialenosti pre každú JPRL.

## 2.4 Príprava webových mapových služieb

Príprava dostupných údajov a následná tvorba webových mapových služieb pre potreby webovej mapovej aplikácie bola vykonaná v prostredí ArcGIS for Desktop spoločnosti ESRI. Úprava tematických vrstiev spočívala v prevažnej miere v rozširovaní atribútov vrstvy lesných porastov, ktoré sú nevyhnutné pre posudzovanie použitia optimálnej lesnej techniky. Primárne to boli údaje obsiahnuté v kódovacom kľúči v rámci aktualizovaného zápisníka pri vyhotovovaní Programu starostlivosti o lesy (údaje o výskyte prekážok (bralá, sute alebo výmole), výskyt vývrátov, pokrytie pôdy prízemnou vegetáciou a pod.). Okrem informácií z PSL bola k údajom o lesných porastoch pripojená atribútová tabuľka obsahujúca pôdne charakteristiky (číselný kód pôdných typov, zrnitosť, hĺbka pôdy a i.) vstupujúce do výstupov pre podporu priestorového rozhodovania. Za účelom správnej a jednoduchšej interpretácie údajov bolo vyhotovených niekoľko číselníkov pre údaje PSL (spôsob zisťovania zásob, druh vlastníctva a užívania, hospodársky súbor lesných typov a i.) a pôdne charakteristiky (hĺbka pôdy a zrnitosť).

Implementovanie webových mapových služieb do aplikácie prebehlo prostredníctvom niekoľkých modulov v rámci webového rozhrania *ArcGIS API for JavaScript*. Pre generovanie ortofotomáp a výstupov digitálneho modelu terénu a reliéfu sa využíva modul *esri/layers/ArcGISTiledMapServiceLayer*, ktorým sa pristupuje k dlaždiciam cez vyrovnávaciu pamäť, do ktorej sa ukladajú. Výrez v mapovom okne determinuje zobrazenie jednotlivých dlaždíc. Generovanie vektorových vrstiev bez priestorového dopytu (sekcia *Vrstvy*) využíva modul *esri/layers/ArcGISDynamicMapServiceLayer*, ktorým sa vrstvy generujú dynamicky podľa aktuálneho výrezu v mapovom okne. Vrstvy lesných porastov a kategórií LCS s možnosťou priestorového dopytu sú generované prostredníctvom modulu *esri/layers/FeatureLayer*, ktorý umožňuje vytvárať atributové dopytovanie modulmi *esri/tasks/query* a *esri/tasks/QueryTask*.

## 2.5 Budovanie webovej mapovej aplikácie

Implementácia webovej mapovej aplikácie pre podporu priestorového rozhodovania so zameraním sa na optimálny výber ťažbovo-dopravných technológií a sprístupnenie lesných porastov vychádza z dostupnej aplikácie zverejnenej na mapovom portáli *mapy.tuzvo.sk/vslp/*, ktorá slúži pre sprístupnenie interaktívnych digitálnych máp územia VŠLP (ortofotosnímky a výstupy digitálneho modelu reliéfu a terénu). V rámci príspevku bol tento podklad využitý pri tvorbe samostatnej aplikácie rozšírenej o webové mapové služby a nástroje so zameraním sa na sprístupňovanie lesa a výber lesnej techniky pre lesné porasty.

Architektúra systému je trojvrstvová. Databázovú vrstvu reprezentuje SQL Server spoločnosti Microsoft, aplikačnú vrstvu ArcGIS for Server spoločnosti ESRI a prezentačnú vrstvu Internet Information Server spoločnosti Microsoft. Z hľadiska budovania komplexného participatívneho GIS pre VŠLP, architektúra pôvodných aplikácií vyhotovených za účelom sprístupnenia interaktívnych digitálnych máp nevyhovuje požiadavkám budúceho vývoja webového GIS. Z tohoto dôvodu bola uskutočnená rekonštrukcia webových mapových aplikácií na architektúru MVC (Model-View-Controller). Webová mapová aplikácia, ktorá je výstupom príspevku, predstavuje súčasť komplexného GIS pre poskytovanie informácií o lesoch VŠLP. Grafické užívateľské rozhranie bolo rozšírené o nové nástroje a položky v menu. Dynamické zobrazovanie jednotlivých položiek zo sekcií *Nástroje* a *Ostatné* v pravej hornej časti mapového okna bolo vytvorené prostredníctvom knižnice *jQuery*. Pre zabezpečenie prehľadnosti v mapovom okne je možné aktivovať a pracovať len s jednou položkou jednotlivéj sekcie.

Dopytovanie sa na objekty v mapovom okne predstavuje neoddeliteľnú súčasť každej webovej mapovej aplikácie. Priestorové a atribútové dopytovanie bolo implementované prostredníctvom webového rozhrania *ArcGIS API for JavaScript* vytvoreného na podklade knižnice *Dojo Toolkit*. Priestorové dopytovanie prostredníctvom modulu *esri/InfoTemplate* umožňuje po kliknutí na objekty zobrazovanie údajov o jednotkách priestorového rozdelenia lesa, odvozných miest a lesnej cestnej siete.

Atribútové dopytovanie na jednotky priestorového rozdelenia lesa je možné uskutočniť cez vyhľadávanie dielca, čiastkovej plochy a porastovej skupiny. Modul *esri/tasks/query* po spustení dopytovania vloží zadané parametre lesných porastov do pripravených klauzúl *query.where*. Modul *esri/tasks/QueryTask* následne vykoná operáciu dopytu na zdrojovú mapovú službu, v ktorej je uložená vrstva lesných porastov s jednotlivými atribútmi. Položka pre atribútové dopytovanie bola rozšírená o možnosť samostatného výberu



porastov na základe kategórie lesa, vlastníctva a užívateľa cez rozbaľovacie menu. Uvedený nástroj je možné použiť aj v prípade neaktívnej vrstvy lesných porastov, pričom je možné vykonať priestorový dopyt na daný objekt.

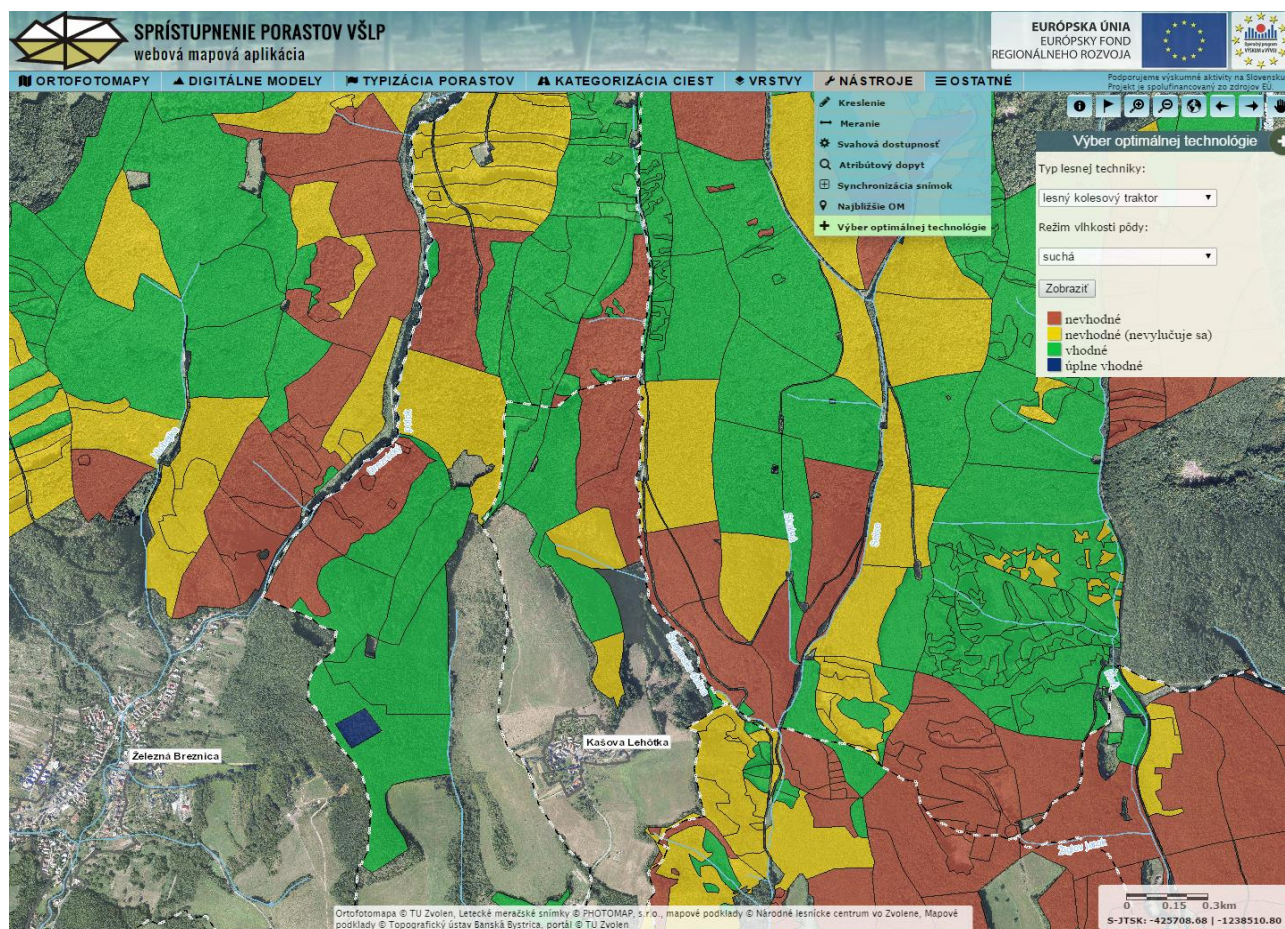
Z hľadiska zabezpečenia aplikácie a ochrany údajov bola dobudovaná autentifikácia a autorizácia používateľov prostredníctvom jazyka C# s platformou .NET framework. Mechanizmus autentifikácie pozostáva z dvoch zložiek – prihlasovacieho mena ako identifikátora užívateľa a hesla ako zložky autentizácie.

### 3 WEBOVÁ MAPOVÁ APLIKÁCIA

#### 3.1 Zobrazovanie podkladových vrstiev vo webovej mapovej aplikácii

Zobrazovanie ortofotomáp a výstupov digitálneho modelu reliéfu a terénu bolo prevzaté z webovej mapovej aplikácie dostupnej na mapovom portáli *mapy.tuzvo.sk/vslp*. Menu aplikácie bolo rozšírené o samostatné sekcie pre zobrazovanie doplňujúcich výstupov pre podporu priestorového rozhodovania v oblasti sprístupnenia lesa.

Zobrazovanie vrstiev pre stanovenie vhodnosti jednotlivých technológií v lesných porastoch je umožnené prostredníctvom nástroja *Výber optimálnej technológie* v sekcii *Nástroje*. Užívateľovi je sprístupnená dvojica zoznamov pre voľbu lesnej techniky (univerzálny kolesový traktor, lesný kolesový traktor, forwarder, lanovka) a režimu vlhkosti pôdy (suchá, mokrá, rozbahněná, zamrznutá). Výstupy systému pre podporu rozhodovania sa na základe zvolených parametrov generujú v podobe webovej mapovej služby. Lesné porasty boli v rámci znázornenia jednotlivých tried kritérií prírode blízkeho hospodárenia lesov vhodne graficky vylíšené.



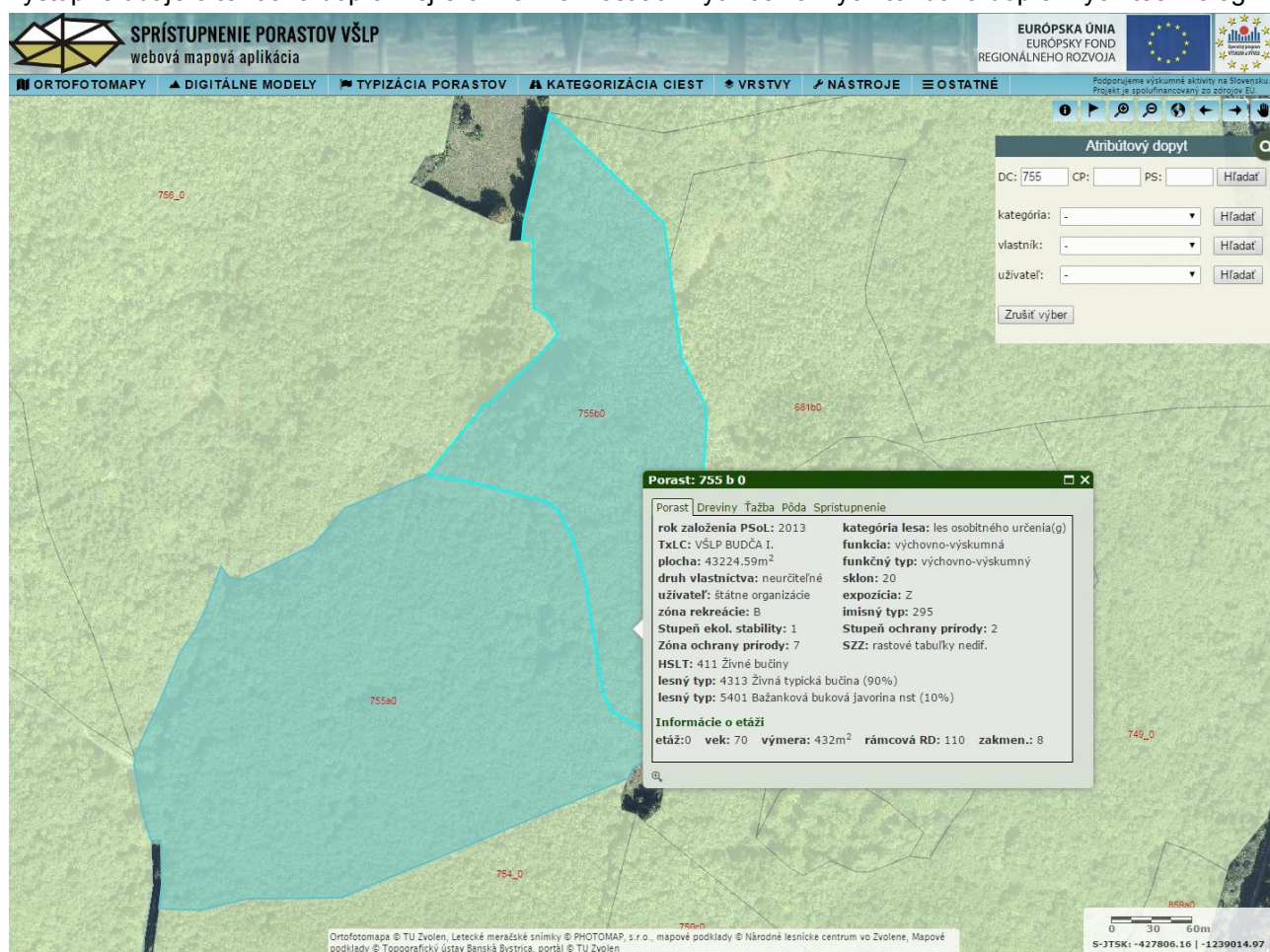
**Obr. 3.** Zobrazovanie výstupov pre výber optimálnej technológie (Letecké meračské snímky © PHOTOMAP, s.r.o.; Ortofotomapa © TU vo Zvolene, mapové podklady © NLC Zvolen a © Topografický ústav Banská Bystrica, mapový portál © TU vo Zvolene)



### 3.2 Doplnujúce nástroje webovej mapovej aplikácie

Sekcia *Nástroje* bola v rámci príspevku doplnená o možnosti merania dĺžok a plôch v mapovom okne, zobrazovanie svahovej dostupnosti podľa zvolenej lesnej techniky, atribútové dopytovanie a synchronizáciu ortofotosnímkov z rôznych období. Sekcia *Ostatné* bola rozšírená o dynamickú legendu a 3D zobrazenie územia s možnosťou jeho rotácie.

Vyskakovacie okno pri priestorovom dopyte obsahuje atribútové údaje webovej mapovej služby lesných porastov. Hlavička okna obsahuje označenie dielca, čiastkovej plochy a porastovej skupiny. Obsah je zložený z atribútov vektorovej vrstvy lesných porastov, pričom je rozdelený na samostatné sekcie pre údaje o poraste, drevinách, ťažbe, pôde a sprístupnení. Sekcie *Porast*, *Dreviny* a *Ťažba* obsahujú údaje Programu starostlivosti o lesy, sekcia *Pôda* je zložená z pedologických charakteristík a sekcia *Sprístupnenie* obsahuje výstupné údaje o ťažbovo-dopravnej erózii a možnostiach využitia rôznych ťažbovo-dopravných technológií.



**Obr. 4.** Atribútové a priestorové dopytovanie sa na jednotky priestorového rozdelenia lesa (Letecké meračské snímky © PHOTOMAP, s.r.o.; Ortofotomapa © TU vo Zvolene, mapové podklady © NLC Zvolen a © Topografický ústav Banská Bystrica, mapový portál © TU vo Zvolene)

Položka *Svahová dostupnosť* v sekcii *Nástroje* umožňuje zmenu podkladovej vrstvy, ktorá predstavuje reklasifikované sklonové podmienky odvodené z digitálneho modelu reliéfu podľa kritérií a indikátorov TUOL Technického dokumentu SFCS 1003:2009 vzhľadom na vybranú lesnú techniku z rozbaľovacieho menu. Položka *Synchronizácia snímok* umožňuje porovnávanie stavu a vývoja lesných porastov prostredníctvom ortofotosnímkov vyhotovených z leteckých snímok z rôznych časových období (roky 2011, 2007, 1978 a 1950). Mapové okno je v rámci uvedenej položky rozdelené na 4 časti. Pohyb a približovanie po mapovom podklade sú umožnené iba v časti obsahujúcej ortofotosnímkov z roku 2011. Ostatné ortofotosnímky následne preberajú súradnice  $x_{min}$ ,  $y_{min}$ ,  $x_{max}$  a  $y_{max}$  z pohyblivej časti. Položka *3D rotácia* v sekcii *Ostatné* predstavuje samostatný pohľad (View) v rámci MVC architektúry. Umožňuje priestorové zobrazovanie



územia VŠLP s vrstvou hraníc lesných porastov s možnosťou priestorového dopytu. Ťahom pravým tlačidlom myši je možné meniť rotáciu pohľadu na záujmové územie. Položka *Najbližšie OM* v sekcii *Nástroje* slúži pre identifikovanie najbližších odvozných miest v zadanej vzdialenosti vzhľadom na zvolené miesto v mapovom okne. Kliknutím v mapovom okne sa vytvorí vzdialenostná kružnicová zóna so zvoleným polomerom. V prieniku kružnice s vrstvou obsahujúcou odvozné miesta sa jednotlivé odvozné miesta zobrazia príslušným symbolom.

## ZÁVER

Príspevok nadväzuje na myšlienku budovania participatívneho GIS pre poskytovanie informácií o lesoch Vysokoškolského lesníckeho podniku. V prvej fáze jeho tvorby bola uskutočnená implementácia webovej mapovej aplikácie pre zobrazovanie interaktívnych digitálnych máp (ortofotosnímky a digitálny model reliéfu a terénu), ktorá je dostupná širokej odbornej verejnosti na mapovom portáli TU vo Zvolene. V súčasnosti je webový GIS VŠLP tvorený uvedenou aplikáciou pre verejnosť a aplikáciou zameranú na sprístupnenie porastov a výber optimálnej lesnej techniky pre územie VŠLP, ktorá tvorí súčasť predkladaného príspevku.

V súčasnej dobe vedecko-výskumní pracovníci a študenti TUZVO používajú na prácu s geografickými údajmi ArcGIS for Desktop. Údaje sú uložené v lokálnych geografických databázach, ktoré sú naplnené podľa špecifických potrieb riešených úloh. Pre prácu a spracovanie popisných informácií sa využíva MS Excel. Tieto spôsoby správy údajov nezodpovedajú súčasným možnostiam poskytovania informácií. Z tohto dôvodu predpokladáme, že práve webová mapová aplikácia zabezpečí jednoduchú distribúciu dát bez znalosti zložitých softvérových produktov.

V minulosti bola uskutočnená tvorba špecifického informačného systému na báze GIS, mobilných geoinformačných technológií a systémov pre podporu priestorového rozhodovania pre účely optimalizácie lesnej cestnej siete, terénnej a technologickej typizácie a optimalizácie ťažbovo-dopravných technológií [12]. V rámci uvedenej práce bola vyhotovená databáza lesnej cestnej siete, ktorej obsah bol využitý pri tvorbe publikovanej webovej mapovej aplikácie. Problematike optimalizácie ťažbovo-dopravných technológií sa venovalo niekoľko ďalších autorov [4], [9].

Pre poskytovanie informácií o lesoch na území Slovenska prostredníctvom internetu sa využíva aplikácia *Lesnícky GIS* ([gis.nlcsk.org/lgis/](http://gis.nlcsk.org/lgis/)), ktorá umožňuje odborným lesným hospodárom a zamestnancom štátnej správy lesného hospodárstva viesť dokumentáciu programov starostlivosti o lesy, lesnej hospodárskej evidencie, lesníckej digitálnej mapy a iných zdrojov.

Využitie webovej mapovej aplikácie ako online systému pre podporu priestorového rozhodovania v lesníctve predstavuje progresívnu technológiu sprístupňovania a manipulácie s informáciami, ktoré sú nevyhnutné pre efektívny manažment lesných porastov. Mapové podklady a nástroje obsiahnuté vo webovej mapovej aplikácii sú svojím obsahom a funkcionalitou zamerané na výber optimálnej lesnej techniky a dopravné sprístupnenie lesa na základe kritérií stanovených v platnej legislatíve.

## POĎAKOVANIE

Príspevok bol vypracovaný s finančnou podporou projektu The European Union's Horizon 2020 research and innovation programme ALTERFOR v rámci výzvy H2020-ISIB-2015-2.

## LITERATÚRA

1. Adámek, I. (1982) Dlouhodobá příprava výroby pro perspektivní těžebně dopravní a stavební technologie. Lesnická práce, vol. 62, pp. 74 do 82.
2. Koreň, M., Papaj, V. a Tuček, J. (2007) Vzdialenostné analýzy pre trojrozmerné dynamické modelovanie. Medzinárodné sympóziu GIS Ostrava 2007, Ostrava, 28.1. - 31.1.2007 VŠB-TU Ostrava (nestránkované).
3. Kot'ka, V., Koreň, M. a Ižvotová, J. (2015) Geoinformatika pre inžinierov I., EDIS-vydavateľské centrum ŽU, Žilina.

4. Kühmaier, M. a Stampfer, K. (2010) Development of Multi-Attribute Spatial Decision Support System. In: Selecting Timber Harvesting Systems. Croatian Journal of Forest Engineering, vol. 31, pp. 75 od 88.
5. Reynolds, K. M., Dean, S., Hessburg, P. F., Bourgeron, P. S. (2014) Making transparent environmental management decisions: applications of the ecosystem management decision support system. Springer Science & Business Media
6. Slančík, M., Tuček, J., Suchomel, J. a Koreň, M. (2008): Terénna a technologická typizácia územia na základe ekologických kritérií. Zborník príspevkov z konferencie Enviro-i-fórum. Zvolen, 10. - 12. 7. 2008 Technická univerzita vo Zvolene. pp. 66 do 69
7. Souza, C., Pereira, K., Lins, V., Haiashy, S. a Souza D. (2009) Web-oriented GIS system for monitoring, conservation and law enforcement of the Brazilian Amazon. In: Earth Science Informatics, vol. 2, pp. 205 do 215, ISSN 1865-0473.
8. Suchomel J., Slančík M., Tuček J., Koreň M. (2009): Optimalizácia terénnej a technologickej typizácie v prostredí GIS, vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, Zvolen.
9. Synek M. a Klimánek M. (2015) Spatial Modeling of a New Technological Typification in Forestry Based on Multicriteria Evaluation of Skidding Technologies. In: Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, vol. 63, pp. 841 od 852.
10. Šach, F., (1988) Metoda stanovení nebezpečí těžebně dopravní eroze a její aplikace v protierozní ochraně lesních pozemků. In: Práce VÚLHM, 72. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: pp. 75 do 104.
11. Škvarenina, J., Križová, E. Tomlín, J. (2004) Impact of the climate change on the water balance of altitudinal vegetation stages. In: Slovakia Ekológia, Bratislava, vol. 23, pp. 13 do 19.
12. Tuček, J., Koreň, M. a Smreček, R. (2012) Tvorba a využitie databázy lesnej cestnej siete v prostredí geoinformačných technológií. In: Lesnícky časopis – Forestry Journal, Slovak Academic Press, Bratislava, vol. 58, pp. 269 do 277, ISSN 0323-1046.