

LESNÉ CESTY AKO OBJEKT LESNÍCKEHO TEMATICKÉHO MAPOVANIA A SÚČASŤ INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV

Ján TUČEK, Miroslav KARDOŠ, Milan KOREŇ, Robert SMREČEK

Forest roads as object of forest thematic mapping and part of information systems

Abstract: The aim of the present paper is to analyze the current state of the collection, use and storage of information on forest road network. Create the information layer and database of forest road network for the purpose of forests accessibility, terrain and technological typing and selection and optimization of harvesting and transport technology. These approaches are validated on the experimental area of the Kriváň Forest Enterprise. The basic source of information for the proposed solution is the content of digital forestry map. Preliminary network was adjusted on the basis of orthophoto or field surveying. During the field survey there were measured new roads, not existing, unused and unusable, respectively destroyed roads have been deleted from the database. At the same time was recorded the status and quality of the road network using mobile GIS applications and GNSS. We recorded the road strengthening, damage, stability of the excavations and embankments, drainages and it's type, technical equipment of the road and photo documentation. We have created a specific information system based on GIS, mobile geo-information technologies and system for the support of spatial decision support. In the area of interest, there is more than 2500 km of roads, of which about 47 %, which is nearly 1200 km, is located on forest land in the use of the enterprise Lesy SR. The length of the road network density produces 58.4 m/ha of forest roads. Created database in relation to other content of generated information system allows variable evaluation of the content and the calculation of additional and derived data. For the purpose of calculating the skidding distances and network analysis has been to every extracting site, assigned one or more node points, representing the exits on the hauling or public roads to the hauling places and also connections of skidding roads. On the area of interest there is located 390 hauling places. In the area of interest there is together 2556,87 km of roads. Of these, 1 193,85 km, representing almost 47 % of the total length, is situated on the lands in the use of forest enterprise Lesy SR s.e. The share of the roads on the land of unregistered or unknown owners is about 33 % with length of 843,28 km. Public roads in the state ownership create 10 %, forest roads on the lands of the other owners of forest 7 %. Roads that are owned by the cities and communes are represented by more than 3 %.

Keywords: forest roads, forest mapping, information system, GNSS, orthophoto

Úvod

Problematika budovania lesných ciest a sprístupňovania lesov má na Slovensku bohatú tradíciu. Bohužiaľ sa chápe izolovane, najmä ako technologická, resp. investičná záležitosť a nepodariť sa udržať a rozvinúť jej väzby na plánovanie a realizáciu ťažbových a dopravných operácií, ani na zisťovanie stavu lesa, lesnícke mapovanie a hospodársku úpravu lesov (HÚL). Naopak, pri postupnej redukcii rozsahu prác pri tvorbe plánov starostlivosti o les, bola problematika riešenia sprístupnenia porastov a prieskum dopravných pomerov odbúrané medzi prvými. Aj roztrieštenie

Prof. Ing. Ján Tuček, CSc., Ing. Miroslav Kardoš, PhD., Mgr. Milan Koreň, PhD., Ing. Róbert Smreček, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: jan.tucek@vslld.tuzvo.sk, miroslav.kardos@vslld.tuzvo.sk, milan.koren@vslld.tuzvo.sk, robert.smrecek@tuzvo.sk

vlastníckych vzťahov negatívne ovplyvňuje prístup subjektov hospodáriacich alebo len vykonávajúcich jednotlivé činnosti v lese k analýze sprístupnenia a návrhu a výstavbe nových úsekov ciest, rovnako ako racionálnemu využívaniu a údržbe už existujúcich.

Aktuálny Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch v § 3. definuje lesné cesty, zväžnice, lesné sklady a rozdeľovacie priesečky ako lesné pozemky bez lesných porastov a ďalšie detaily uvádza Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 453/2006 Z. z. o HÚL a ochrane lesa (§ 27. Ods. 10.). Pracovné postupy HÚL (Bavlík et al. 2009) uvádzajú lesné cesty prepojené na štátnu alebo miestnu dopravnú sieť ako: objekty mapovania pri tvorbe tematického štátneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva. Predpokladajú tiež využitie tohto mapového diela na budovanie geografického informačného systému (GIS), ako súčasti informačného systému lesného hospodárstva. Lesnícka digitálna mapa (LDM) je v týchto postupoch definovaná ako: súbor mapovaných geografických objektov lesného hospodárstva charakterizovaný geometrickými prvkami, objektami a popisnými informáciami, ktoré slúžia ako podklad pre tematické prezobrazovanie.

V užšom zmysle možno konštatovať, že pre potreby tvorby lesníckych máp v praxi sú zavedené prijateľné postupy. Evidentné problémy nastávajú v prípade potreby využitia výsledkov mapovania lesnej cestnej siete pre budovanie GIS so zámerom jeho reálneho praktického využívania. Nielenže neexistuje ucelená databáza lesných ciest, ale tieto ani nie sú modelované a ukladané ako líniové objekty s topológiou a vyjasnenými geometrickými a topologickými vzťahmi k plošným objektom (jednotkám priestorového rozdelenia lesa – JPRL, bezlesiu, iným pozemkom), ani k objektom na nich (mosty, priepusty, výkopové a násypové svahy, oporné múry, atď.), čo je základným predpokladom ich ďalšieho efektívneho využitia.

Zmena kvality obsahu LDM od existujúceho „špagetového modelu“ (bez vnútorných väzieb a topológie) na geometricky a topologicky korektnú sieť vyžaduje pomerne veľký rozsah prác. Tento sme navrhli a prakticky overili na údajoch modelového územia lesného závodu Kriváň. Úpravu modelu lesnej cestnej siete sme spojili s overením skutočného stavu v teréne a doplnením ďalších informácií o technickom stave lesných ciest a lesných skladov využiteľných pre plánovanie technológií, ale aj účely plánovania údržby ciest. Výraznú racionalizáciu a zníženie nárokov na náklady a čas znamenali poznatky miestnych pracovníkov lesných správ. Rovnako je to s prínosom využitia ortofotomapy územia a aplikácie moderných prostriedkov geoinformačných technológií – mobilného GIS a globálneho navigačného satelitného systému (GNSS).

Cieľom predkladaného príspevku je vykonať analýzu súčasného stavu v oblasti zberu, využívania a ukladania informácií o lesnej cestnej sieti pre účely lesníckeho tematického mapovania. Navrhnuť zmenu reprezentácie tejto siete a vytvoriť informačnú vrstvu a databázu lesnej cestnej siete ako súčasť širšie koncipovaného informačného systému, v danom prípade pre účely sprístupňovania lesov, terénnu a technologickú typizáciu a výber, ako aj optimalizáciu ťažbových a dopravných technológií. Uvedené prístupy boli overené na modelovom experimentálnom území Odštepného závodu Kriváň.

1. Rozbor problematiky

Lesnícke mapovanie na Slovensku sa vzťahuje na takmer 41 % z rozlohy štátu, ktoré v plnej miere vykonáva Národné lesnícke centrum (NLC) vo Zvolene prostredníctvom Ústavu lesných zdrojov a informatiky – odboru tematického štátneho mapového diela. Táto povinnosť vyplýva aj z § 4, ods. 7 Zákona NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov, v zmysle ktorého sa pre lesnícke mapy používa termín Štátne mapové dielo s tematickým obsahom lesného hospodárstva. Pre lesnícke mapy je postačujúca 5. trieda presnosti mapovania, ktorá však nevyhovuje katastrálnemu mapovaniu.

Z pohľadu lesníckeho mapovania je základným cieľom získavanie spoľahlivých polohopisných a výškopisných podkladov na vyhotovovanie lesníckych máp a plánov za účelom určovania polohy a výmery jednotiek priestorového rozdelenia lesa a evidenciu pozemkov. Prevažná časť lesníckeho mapovania je využívaná v oblasti hospodárskej úpravy lesov a v minulosti boli predmetom lesníckeho mapovania aj biele plochy.

Lesnícke mapovanie môžeme chápať z dvoch hľadísk. Predovšetkým ako tematické účelové mapovanie s cieľom zachytiť lesný detail, prípadne vyjadriť špeciálne lesnícke prvky podľa rozmanitých požiadaviek jednotlivých lesníckych disciplín. Druhé hľadisko predstavuje mapovanie

lesných pozemkov s cieľom získania podkladov pre určenie vlastníckych hraníc pozemkov, ich výmer a získanie ďalších podkladov pre katastrálne konanie. Rozdiel týchto hľadísk spočíva v náročnosti na geometrickú presnosť merania, zobrazenia jednotlivých predmetov merania a hlavne v náročnosti na usporiadanie vlastníckych pomerov, identifikácie a vytýčenia pozemkov pre potreby katastra nehnuteľností (KN). Treba si uvedomiť, že v rámci reprivatizácie lesov prešlo v posledných rokoch takmer 60 % lesných pozemkov do vlastníctva jednotlivcov, urbáru a ďalších spoločností (mestské, obecné a cirkevné lesy) a stále trvajú problémy v identifikácii a vytýčení hraníc lesných pozemkov pôvodných majiteľov, ako aj s presnosťou mapových podkladov.

K tejto problematike sa viaže aj mapovanie lesných ciest ako jedného z objektov lesníckeho mapovania, ktoré môžu prechádzať pozemkami viacerých vlastníkov, čo môže vplývať na problematickosť prístupu k porastom, a tým aj hospodárenia v lese. Práve v tejto oblasti je preto treba nájsť vhodné technológie merania, ktoré zároveň budú v sťažených lesných podmienkach najhospodárnejšie. V súčasnosti sú v rámci lesníckeho mapovania použiteľné údaje z digitálneho leteckého snímkovania s vysokou rozlišovacou schopnosťou a údaje leteckého laserového skenovania, ktoré poskytujú výrazne lepšie možnosti manuálnej, resp. automatizovanej interpretácie lesných ciest (napr. Kardoš a Žihlavník 2012, Sačkov et al. 2012, Sačkov a Kardoš 2013).

Národným lesníckym centrom bol vypracovaný Štandard digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva. Štandard spresňuje schválené pracovné postupy Hospodárskej úpravy lesa v časti mapovania lesov, definuje kvalitatívny a kvantitatívny obsah lesníckeho mapového diela potrebného pre vyhotovenie súčasti programu starostlivosti o les a tvorbu tematického štátneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva (TŠMD LH), zásady prípravy a tvorby digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva, jeho kontrolu, preberanie a správu v rámci Informačného systému lesného hospodárstva. Účelom štandardu je zaistiť jednotný zber geopriestorových informácií v digitálnej podobe, vytvoriť z nich jednotnú databázu o lesoch a následne ich publikovať.

Lesnícke mapové dielo sa vyhotovuje v súradnicovom systéme S-JTSK a v Baltskom výškovom systéme po vyrovnaní. Polohová a výšková presnosť lesníckeho mapového diela vyplýva z použitej metódy obstarania mapového prvku, ktorá sa pre potreby lesníckeho mapovania zaraďuje v zmysle štandardu do príslušných kategórií presnosti (obr. 1) (Halvoň 2008). Dané tri kategórie presnosti však neuvádzajú presné číselné vyjadrenie strednej chyby merania. Pri jednotlivých metódach zisťovania neposkytujú jednoznačné stanovenie presnosti a majú viac menej informatívny charakter. Pre praktické použitie by bolo optimálne stanoviť rozsah strednej chyby samostatne pre každú kategóriu presnosti.

Problematika používaných meračských metód, v oblasti lesníckeho mapovania, je neustále aktuálna s ohľadom na neustály rýchly rozvoj prístrojovej techniky, ale aj špecifiká použitia jednotlivých metód v podmienkach lesného prostredia.

V rámci lesníckeho mapovania je potrebné rozlišovať dve skupiny lesných pozemkov, ktorých mapovanie je z hľadiska požadovanej presnosti rozdielne. Pri pozemkoch, ktorých hranice sú zároveň vlastníckymi hranicami, je potrebné zameriavanie a stabilizácia lomových bodov s presnosťou podľa predpisov katastrálneho mapovania. Pri mapovaní týchto súvislých komplexov lesného pôdneho fondu sa spravidla používa 4. trieda presnosti a základná mapa sa vyhotovuje v mierke 1 : 2 000. Pre lesnícke mapovanie, na určenie hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa bez vlastníckych vzťahov, sa používa 5. trieda presnosti a základná lesnícka mapa sa vyhotovuje v mierke 1 : 5 000. Podľa *Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach č. 984 121 I/93* Úradu geodézie, kartografie a katastra (ÚGKK) SR možno na určenie pravouhlých súradníc lomových bodov pre 4. triedu presnosti využiť tieto spôsoby:

1. polygónové ťahy s dlhými stranami meranými elektronickými diaľkomeri,
2. pretínanie napred a kombinované pretínanie,
3. pretínanie z dĺžok meraných elektronickými diaľkomeri,
4. rajóny merané elektronickými diaľkomeri,
5. pomocou globálneho navigačného satelitného systému,
6. trojuholníkové reťazce,
7. pretínanie nazad,
8. polygónové ťahy s kratšími dĺžkami strán.

Katégoria presnosti	Spôsob obstarania údajov		Druh údajov / metódy zisťovania
1	preberané z	podkladov KN	vektorová katastrálna mapa (VKM)
			aktualizovaný zoznam súradníc podrobných bodov
			platné (zapísané) geometrické plány
			údaje základného bodového poľa
			súbor údajov geodetických bodov štátnej hranice
			súbor údajov pevných bodov podrobného polohového bodového poľa
	merané	LDM	podľa štandardu
		ZLM	zpracované údaje z pôvodného polygónového merania
2	preberané z	podkladov KN	polygónové meranie
			meranie GPS (geodetické)
			vyhodnotenie vysignalizovaného prvku (líniového, bodového)
			vyhodnotenie identifikovaných lomových bodov líniového prvku
	merané	fotogrametricky	vektorová katastrálna mapa z nečíselnej mapy - digitálny tvar
			platná nečíselná mapa katastra nehnuteľnosti - analógový tvar
			základná báza údajov pre geografický informačný systém (ZB GIS)
			podľa štandardu
3	preberané z	podkladov KN	údaje z pôvodného buzolového merania
			terestricky
			buzolové meranie
			vyhodnotenie osi líniového prvku
	merané	fotogrametricky	vyhodnotenie priebehu hranice prvku
			vyhodnotenie identifikovaného bodu
			mapy určeného operátu
			iné mapové podklady KN
3	preberané z	podkladov KN	podľa štandardu
			lesnícky detail - polohopis okrem, skicovaného stavu
			lesnícky detail - bodové prvky
			meracím pásmom
	merané	fotogrametricky	laserovým diaľkomerom
			GPS (navigačné, pre GIS)
			vyhodnotenie nejednoznačného prvku

Obr. 1 Prehľad kategórií presnosti lesníckeho mapového diela (podľa Štandardu digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva, 2007)

Pre 5. triedu presnosti pri mapovaní lesov sa v súčasnosti využívajú letecké meračské snímky v mierke 1 : 10 000 až 1 : 15 000 (Žihlavník a Tunák 2009).

V oblasti fotogrametrie však nastal významný posun z hľadiska prechodu z analógovej a analytickej fotogrametrie na digitálnu, čo umožňuje nebývalé možnosti automatizácie, zefektívnenie procesu fotogrametrického vyhodnotenia a široké spektrum výstupov. Dosiahnutie 3. triedy presnosti mapovania umožňuje využitie digitálnych leteckých meračských snímkov (LMS) stredných mierok pre katastrálne mapovanie v zastavanom i nezastavanom území, ako aj v projektoch pozemkových úprav (Halvoň 2011).

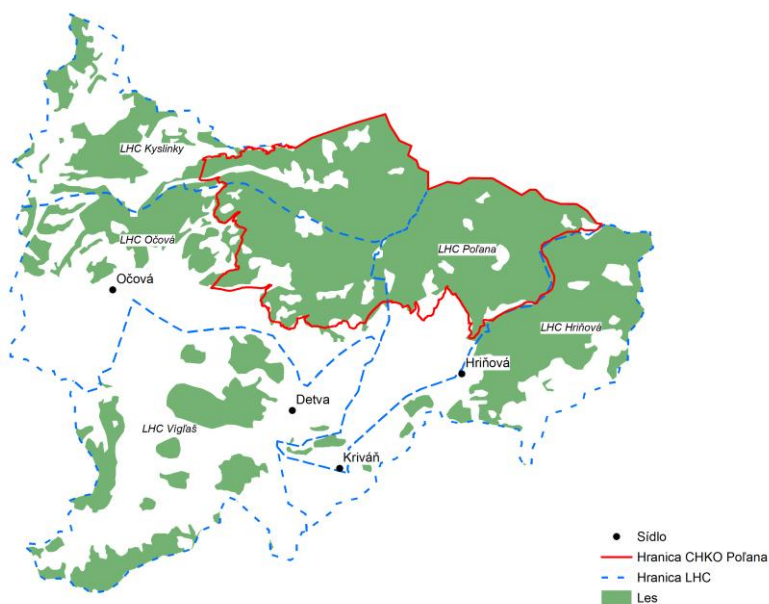
Z hľadiska technologických väzieb žiaľ nie je riešená otázka komplexného spracovania pre územie bez ohľadu na vlastníctvo pozemkov, ani problematika vyhodnotenia aktuálneho stavu a návrhu výstavby nových ciest. Ďalším problémom je možnosť plnohodnotného využitia obsahu TŠMD LH, vrátane lesných ciest ako súčasti informačného systému lesného hospodárstva, pre ta-

kýto účel. Ako vyplýva z definície LDM, táto sa považuje za súbor objektov, ktoré slúžia na tematické prezobrazovanie (znovu zobrazovanie) obsahu. Tento účel síce jej obsah plní, ale nie je bez ďalších úprav vhodný a využiteľný na naplnenie komplexnejšie chápaného informačného systému a jeho následné analytické využitie. Platí to rovnako pre jednoduché dopytovanie databázy ciest, ako aj zložitejšie analýzy pre sprístupňovanie lesov, výpočty približovacích vzdialeností alebo vyber mechanizačných prostriedkov, resp. technológií.

Nezanedbateľná je tiež následná využiteľnosť takto získaných a spracovaných informácií, ktorá prekračuje hranice rezortu pôdohospodárstva a dotýka sa problematiky záchranných systémov, rekreačného využívania lesov obyvateľstvom, ako aj rôznych komerčných aktivít zo strany firiem podnikajúcich v tomto priestore. Databáza lesnej cestnej siete priamo prispieva aj k napĺňaniu ustanovení *Zákona NR SR č. 3/2010 Z. z. o Národnej infraštruktúre pre priestorové informácie* a napĺňaniu medzinárodných záväzkov Slovenska (Smernica INSPIRE), kde jednou z tém priestorových informácií, ktoré sme povinní sprístupniť, je téma „Dopravné siete“ (por. č. 7 v *Prílohe č. 1 Témy priestorových údajov I* uvedeného zákona) zahŕňajúca cestné, železničné, letecké a vodné dopravné siete a s nimi súvisiacu infraštruktúru.

2. Metodika

Modelové zisťovanie stavu lesnej cestnej siete a odvozných miest sme vykonali na území lesných správ Poľana (LHC Poľana, LHC Hriňová) a Víglaš (LHC Kyslinky, LHC Očová, LHC Víglaš), ktoré sú organizačnou súčasťou lesného závodu Kriváň (obr. 2). Katastrálna výmera lesného závodu je 164 327 ha. Lesnatosť územia je 41,5 % s 29 % zastúpením ihličnatých drevín a 71 % zastúpením listnatých drevín. Na území sa nachádza Chránená krajinná oblasť a biosférická rezervácia Poľana s výmerou 20 079 ha.



Obr. 2 Zobrazenie jednotlivých LHC v rámci OZ Kriváň

Údaje potrebné na vytvorenie databázy pre optimalizáciu sprístupňovania lesov a ťažbovo dopravných technológií sme získali kombináciou hotových údajov z dostupných sekundárnych zdrojov a údajov získaných terénnym mapovaním. Tým sme vytvorili aktuálnu geografickú databázu o lesných porastoch, prírodnom prostredí a lesnej cestnej sieti v požadovanom čase a primeraných

nákladoch. Nástrojmi GIS sme vypočítali ďalšie doplňujúce údaje. Postup prípravy údajov pre spracovanie prípadovej štúdie môžeme rozdeliť do troch krokov:

1. Import existujúcich údajov.
2. Vytvorenie digitálnej mapy a databázy lesnej cestnej siete.
3. Výpočty doplnkových a odvodených údajov nástrojmi GIS.

V prvej fáze prípravy geografickej databázy boli z dostupných zdrojov importované nasledujúce rastrové, vektorové a obrazové vrstvy:

1. digitálny model reliéfu s rozlíšením 10 m (Topografický ústav v Banskej Bystrici),
2. lesné typologické mapy, mapy lesných pôdných typov (NLC – Ústav lesných zdrojov a informatiky, Zvolen),
3. digitálna ortofotomapa s rozlíšením 0,5 m (Lesy SR, š.p., zhotoviteľ Eurosense s.r.o. a Geodis s.r.o.),
4. užívacie vzťahy k lesným pozemkom (Lesy SR, š.p. na podklade katastrálnych máp ÚGKK SR),
5. porastová mapa (mapa JPRL) s popisom porastov, prírodných pomerov a návrhom hospodárskych opatrení (NLC centrum – Ústav lesných zdrojov a informatiky, Zvolen).

Údaje boli dodané vo formáte kompatibilnom so systémom ArcGIS (raster ArcGIS, shape-file, georeferencovaný obrazový súbor), takže mohli byť priamo kontrolované a zaradené do geografickej databázy.

Proces vytvorenia databázy lesnej cestnej siete sme rozdelili do troch hlavných etáp:

1. Vektorizácia a úpravy obsahu porastových máp.
2. Aktualizácia na podklade ortofotomapy.
3. Terénne mapovanie lesných ciest a odvozných miest.

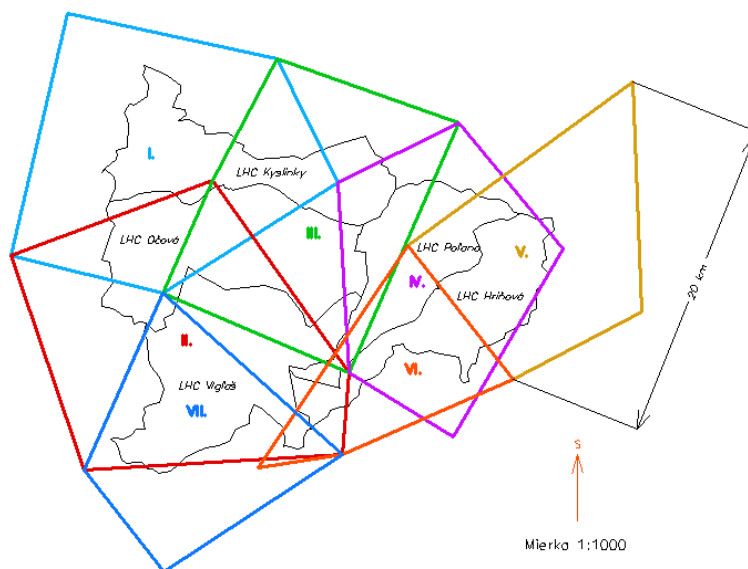
Cieľom prvej etapy bolo vyhotoviť predbežnú mapu lesnej cestnej siete, keď sme vychádzali z obsahu dostupných porastových máp. Z nich sme určili polohu lesných, poľných, štátnych a miestnych ciest, ako aj rozlohou väčšie plochy lesných skladov. Vektorizáciu sme vykonali sami, alebo sme využiteľnú časť existujúcej geometrie vektorových údajov importovali z lesníckych digitálnych máp. Typicky nemajú tieto údaje vytvorenú topológiu, geometria reprezentácií je vhodná len pre vizualizáciu. Zistené topologické chyby sme preto manuálne identifikovali a opravili. Vrstvu cestnej siete sme prekryli tematickou vrstvou užívacích vzťahov a výsledok uložili v špecifickom poli atribútovej tabuľky a neskôr importovali do databázy lesných ciest.

V tejto etape nie je možná presnejšia klasifikácia cestnej siete, ani vytvorenie tematickej vrstvy odvozných miest. Rozpracovanú tematickú vrstvu sme vytlačili na podklade ortofotomapy v mierke 1 : 20 000 s vybranými prvkami polohopisu (obce a ich názvy) a následne prekonzultovali jej obsah s pracovníkmi príslušnej lesnej správy. Do výťažku mapy sme vyznačili povrch (typ spevnenia) odvozných ciest, polohu odvozných miest a ich označenie, návrhy na úpravy a vybudovanie nových lesných ciest, existujúce lesné cesty nezobrazené v porastovej mape, ako aj iné rozdiely medzi skutočným stavom a obsahom LDM (napr. nepoužívané a zaniknuté cesty).

Vytlačená mapa, so zaznamenanými údajmi o lesných cestách a odvozných miestach spolu s ortofotomapou, sú hlavnými vstupnými podkladmi pre druhú etapu spracovania. V priebehu nej sme spresňovali polohu a atribúty lesnej cestnej siete. Úpravy sme robili interaktívne na obrazovke počítača vo vhodnom editore geografických údajov. Editovaním sme opravili chyby polohy a klasifikácie lesných ciest, vložili údaje o povrchu odvozných ciest a navrhovaných zmenách v lesnej cestnej sieti, odstránili nepoužívané a neexistujúce cesty.

V tretej etape sme prostriedkami mobilného GIS a GNSS zamerali geografickú polohu chýbajúcich geometrických prvkov na cestách a terénnym zisťovaním sme zhromaždili ďalšie potrebné, najmä atribútové údaje. Pred samotnými meraniami sme zostrojili lokálne transformačné kľúče na prevod do súradníc do národného súradnicového systému S-JTSK (obr. 3).

Terénnym prieskumom sme tiež zhromaždili údaje o chýbajúcich lesných cestách alebo ich častiach. V prípade nedostupnosti signálu GNSS sme polohu určili geodetickým zameraním alebo zakreslením do ortofotomapy. Ďalej sme merali polohu mostov a priepustov, prípadne ďalších objektov na cestách, overili a zaznamenali údaje o vozovke, stupni jej poškodenia, výskyte a rozsahu poškodenia výkopových a násypových svahov, odvodnenia apod. Ako doplňujúce informácie sme vyhotovili a polohovo lokalizovali dokumentačné fotografie uvedených skutočností.



Obr. 3 Grafické zobrazenie transformačných kľúčov pre Odštepný závod Kriváň

Pre potreby technologického modelovania sú v LDM nevhodne modelované a reprezentované aj lesné sklady, odvozné miesta, ktoré majú z technologického hľadiska kľúčový význam. V tomto kontexte treba, aby boli reprezentované ako uzlové body cestnej siete. Pri plánovaní a modelovaní technológií sú dôležité aj ich rozmerové a tvarové charakteristiky, údaje o povahe povrchu, spevnenia plochy a jej technickom stave. Preto sme im venovali osobitnú pozornosť. V spolupráci s pracovníkmi príslušnej lesnej správy sme v druhej etape prác zaznamenali ich približnú polohu do mapy v mierke 1 : 20 000. K odvozným miestam, ktoré mali svoj názov bol priradený ako ich identifikátor.

V tretej etape sme, podobne ako pri lesných cestách, pomocou prostriedkov mobilného GIS a GNSS zamerali presnú polohu geometrických prvkov a terénnym zisťovaním zhromaždili potrebné atribútové údaje. Išlo najmä o zameranie polohy lomových bodov na hraniciach odvozných miest, zistenie stavu odvozných miest (povrch, poškodenie), vyhotovenie dokumentačných fotografií. Osobitnú pozornosť sme venovali správne definovaniu napojenia odvozných miest na sieť približovacích a odvozných ciest (topológii siete). Rovnako ako lesné cesty, aj odvozné miesta sme lokalizovali pomocou technológií GNSS zameraním teodolitom alebo lokalizáciou z ortofotosnímky.

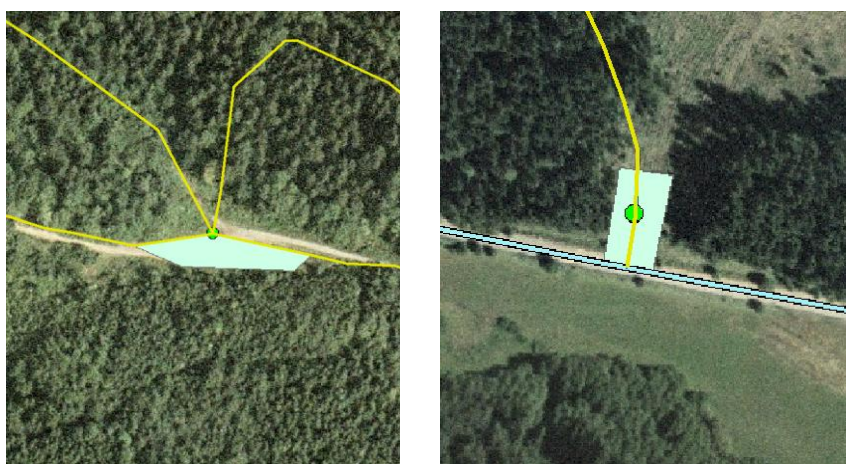
3. Výsledky

Pre optimalizáciu lesnej cestnej siete, ťažbovo dopravných technológií, terénnej a technologickej typizácie sme vytvorili špecifický informačný systém na báze GIS, mobilných geoinformačných technológií a systémov pre podporu priestorového rozhodovania. Zabezpečili, upravili a integrovali sme využiteľné zdroje údajov pre jeho naplnenie, ktoré poskytli Lesy SR, š.p., Národné lesnícke centrum vo Zvolene a Topografický ústav v Banskej Bystrici, čím sme vytvorili účelovú geografickú databázu. Táto sa skladá z viacerých skupín tematických vrstiev opisujúcich prírodné pomery, lesné porasty a lesnú cestnú sieť v záujmovom území (hranice JPRL, lesné pôdne typy, lesné typy, lesné cesty, odvozné miesta, digitálny model reliéfu a ďalšie).

Vzhľadom na používané postupy mapovania a tvorby lesníckeho tematického mapového diela sme zistili predpokladanú problematickú využiteľnosť jeho obsahu (lesných ciest a objektov na

nich) ako vstupu pre tvorbu jednej z najdôležitejších informačných vrstiev a databáz vytváraného informačného systému. Z tohto dôvodu sme navrhli, aplikovali a overili postup aktualizácie polohových a atribútových informácií o lesných cestách opísaný v metodike.

Základným zdrojom informácií pre navrhované riešenie vytvorenia a aktualizácie databázy lesnej cestnej siete, je obsah LDM. Ten však nemodeluje a nereprezentuje sieť lesných ciest ako sieť líniových objektov. Postup spracovania údajov preto začal kontrolou obsahu, úpravou geometrie a budovaním topológie siete. Takto vytvorená predbežná sieť bola upravená na podklade ortofo-tosnímkky alebo terénneho mapovania. Počas terénnych prác boli zaznamenávané a zamerané nové cesty, neexistujúce, nepoužívané a nepoužiteľné, resp. zničené cesty boli z databázy vymazané. Zároveň sa zaznamenával stav a kvalita cestnej siete s využitím mobilných GIS aplikácií a GNSS. Zaznamenali sme spevnenie ciest, poškodenie a stabilitu výkopových a násypových svahov, odvodnenie a jeho typ, technické vybavenie cesty a vytvorili sme fotodokumentácia týchto skutoč-ností. Zároveň sme zisťovali aj umiestnenie a vlastnosti lesných skladov a odvozných miest ako súčasť cestnej siete (obr. 4). Pri terénnych meraniach sme intenzívne využívali miestne znalosti pracovníkov jednotlivých lesných správ.



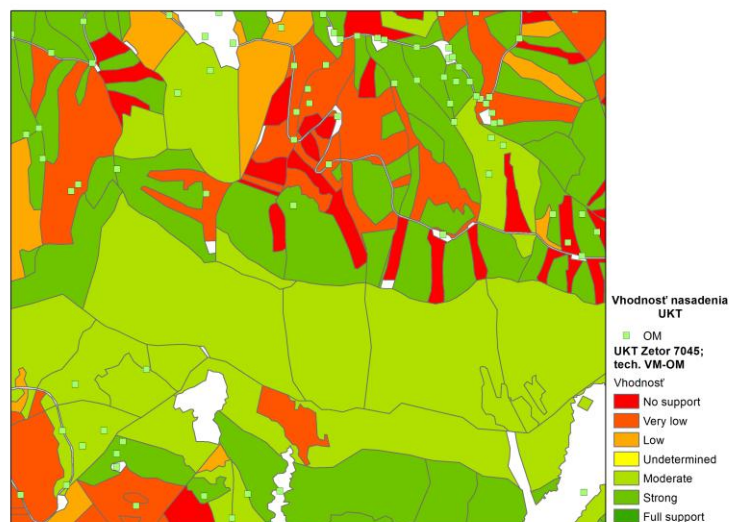
Obr. 4 Detaily odvozných miest zameraných v teréne s napojením na cestnú sieť

Uvedený prístup umožňuje všestranné využívanie obsahu navrhnu-tej databázy ako súčasť in-formačného systému. Na záujmovom území sa nachádza viac ako 2500 kilometrov ciest, z toho asi 47 % (takmer 1200 km ciest) sa nachádza na lesných pozemkoch v užívaní podniku Lesy SR, š.p. Táto dĺžka cestnej siete vytvára hustotu 58,4 m/ha lesných ciest. Vytvorená databáza, vo väzbe na ďalší obsah vytvoreného informačného systému, umožňuje variabilné vyhodnocovanie obsahu, ako aj výpočet doplnkových a odvodených údajov sprístupnenia (obr. 5).

Pri odvozných miestach sa zisťoval ich povrch a kvalita. Odvozné miesta sa zameriavali v teréne pomocou GNSS. V prípade, že nebolo možné všetky okrajové body zamerať pomocou GNSS, zamerali sa pomocou teodolitu ELTA4, resp. sa zakreslili do mapy na základe lokalizácie v teréne. Takto zamerané odvozné miesta majú výmeru, teda sa dá kalkulovať ich skladová kapaci-ta. Pre výpočty približovacích vzdialeností a sieťových analýz bol každému odvoznému miestu pridelený jeden, alebo viacej uzlových bodov, ktoré reprezentujú výjazdy na odvozné, alebo verej-né cesty, ako aj napojenie približovacích ciest. Na záujmovom území sa nachádza 390 odvozných miest.

Často diskutovaná je v ostatnom čase otázka vlastníctva lesných ciest, resp. pozemkov, na kto-rých sú vybudované. V záujmovom území sa nachádza spolu 2556,87 km ciest. Z nich 1193,85 km (47 % z celkovej dĺžky) pripadá na cesty na lesných pozemkoch v užívaní podniku Lesy SR, š.p. Komplikovanosť vlastníckych pomerov dokumentuje veľkosť podielu ciest na pozemkoch neevido-vaných alebo neznámych vlastníkov. Ide o 33 % s dĺžkou 843,28 km. Verejné cesty vo vlastníct-

tve štátu tvoria 10 %, lesné cesty na pozemkoch ostatných vlastníkov lesa 7 %. Cesty, ktoré sú vo vlastníctve miest a obcí, sú zastúpené vyše 3 %. Územné vymedzenie analyzovanej oblasti je možné zmeniť podľa potreby.



Obr. 5 Rozdelenie lesných porastov podľa vhodnosti nasadenia univerzálneho kolesového traktora (UKT) Zetor 7045

Obsah databázy lesnej cestnej siete je využiteľný všetkými spôsobmi atribútového a priestorového dopytovania a triedenia obsahu spolu s vyhodnocovaním a vizualizáciou výsledkov. Okrem prehľadov údajov, charakteristík a vlastností siete ako celku, rôzne definovaných častí alebo úsekov ciest je možné spracovávať široké spektrum údajov o technických vlastnostiach a stave ciest a lesných skladov, ktoré sú využiteľné pre hodnotenie a plánovanie ťažbových a dopravných technológií ale aj opravu a údržbu ciest. Okrem prehľadu o celkovej dĺžke a štruktúre lesných ciest v záujmovom území umožňuje databáza ciest vypočítať a analyzovať aj hustotu a rozstup ciest, ako aj ďalšie základné charakteristiky prístupnosti.

Význam a využiteľnosť databázy lesnej siete ciest ešte vzrastie, ak ju vytvárame, chápeme a používame ako súčasť širšie koncipovaného systému v zmysle opisovanej aplikácie, napr. pre účely prístupňovania lesov, terénnej a technologickej typizácie, plánovania a optimalizácie ťažbovo-dopravných technológií. Integrácia s digitálnym modelom reliéfu, digitálnou reprezentáciou jednotiek priestorového rozdelenia lesa, resp. ďalšími tematickými informačnými vrstvami umožňuje vykonať viaceré analýzy a výpočty odvodených údajov a charakteristík pre rôzne definované objekty, časti územia alebo celé analyzované územie.

4. Záver

Myšlienka vytvoriť databázu lesnej cestnej siete nie je nová. Jej potreba a postupmi tvorby, ako súčasť informačného systému lesného hospodárstva, sa tiež zaoberá Bystrický (2007). Aj keď sa v teoretickej rovine venuje viacerým relevantným aspektom problematiky, vrátane aplikácie moderných geoinformačných technológií, praktická časť, vrátane vytvorenia a overenia databázy, výrazne zaostala za teoretickými východiskami.

Potrebu a postup vytvorenia databázy primárnych ciest na úrovni štátnych lesov v Chorvátsku publikovali Pentek et al. (2007). Považujú ju za základný predpoklad integrovaného obhospodarovania lesov. Pravidelná aktualizácia databázy umožňuje zaisťovať nielen lepšie plánovanie všetkých lesníckych operácií, ale predovšetkým ťažby a prístupňovania lesov. Opisované riešenie uvažuje len so sieťou odvozných ciest, ale do budúcnosti sa zdôrazňuje nutnosť doplnenia informácií aj

o približovacích cestách, najmä s ohľadom na ich potenciálne negatívne pôsobenie. V nadväznosti na obsah databázy sa autori v práci zaoberajú tiež najdôležitejšími výsledkami jej analýz pre podnik, identifikáciou problémov v procesoch plánovania sprístupňovania lesov, výstavby a údržby ciest spolu s návrhmi na ich riešenie.

Príklad úspešného komplexného riešenia obdobného problému pre verejné komunikácie na Slovensku predstavuje cestná databanka Slovenskej správy ciest. Vedenie ústrednej technickej evidencie cestných komunikácií – Cestnej databanky v zmysle príslušnej legislatívy (Zákon NR SR č. 135/1961 Z. z. o pozemných komunikáciách v znení neskorších predpisov a Zákon NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii) spolu so zabezpečením prevádzky dispečingu centrálnej spravodajskej služby (Národného dopravného informačného centra) prenieslo Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR ako priamy výkon na Slovenskú správu ciest.

Súčasná podoba cestnej databanky predstavuje bohatú škálu procesov podporovaných najmodernejšími technológiami od zberu vstupných údajov až po nástroje informačných technológií podporujúcich ich spracovanie, využívanie a zverejňovanie. Na realizáciu týchto procesov bol vybudovaný špecifický Informačný systém modelu cestnej siete (IS MCS), ako komplexný GIS s bohatou nadstavbou aplikačných programov (Svačina 2010). Všetky vyvinuté moduly sú, resp. budú v budúcnosti integrované prostredníctvom Portálu IS MCS, ktorý, okrem iného, zabezpečuje ich unifikovaný vzhľad a správanie, centralizovanú správu používateľov a prístupových práv, a tiež stanovuje vzhľad a interaktivitu často využívaných mapových podkladov.

Kľúčovú úlohu v predloženom príspevku zohráva uplatnenie dátových zdrojov, postupov a prostriedkov geoinformačných technológií. Aj keď sa takéto postupy už udomácňujú vo výskumných činnostiach a postupne aj niektorých oblastiach praxe lesného hospodárstva, vo väzbe na problematiku lesných ciest a sprístupňovanie území, sú zatiaľ zriedkavé. Klč et al. (2010) sa na území Českomoravskej vrchoviny zaoberali prieskumom lesnej cestnej siete podľa metodiky vypracovanej Ústavom hospodárske úpravy lesa a kategorizácie podľa ČSN 73 6108 „Lesní dopravní síť“, ktorá korešponduje s aktuálne platnou normou v SR. Pri zisťovaní stavu lesnej cestnej siete však nevyužívali zdroje údajov a nástroje na báze geoinformatiky, ale krokomer, sklonomer, latu na meranie spádu a meter. Táto metodika poskytuje presné údaje a reálne údaje o lesných cestách. Nakoľko však je potrebné prejsť a manuálne zmerať všetky detaily, je táto metodika neefektívna, mimoriadne prácna a prakticky nepoužiteľná pre veľké územia. Podobný postup uvádza vo svojej práci aj Bystrický (2007). Tománek et al. (2010) uvádzajú zaujímavú metodiku výberového zisťovania stavu lesnej cestnej siete na menšom území (lesnej správy Ostravice) s využitím GIS a GNSS.

Z pohľadu komplexného riešenia problematiky lesných ciest je potrebné zvážiť najmä možnosti usporiadania komplikovaných vlastníckych vzťahov a nesúlad súboru grafických informácií KN so skutočnosťou. Príkladom môžu byť geometrické plány slúžiace ako grafický podklad pre právne úkony v KN, obnova katastrálneho operátu novým mapovaním so súčasným riešením vlastníctva k pozemkom, ako sú lesné cesty a biele plochy, resp. pozemkové úpravy zahŕňajúce aj plochu lesných pozemkov. Považujeme za potrebné zaoberať sa možnosťou využitia moderných metód bezkontaktného prieskumu (letecké snímky s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou a letecké laserové skenovanie mimo vegetačného obdobia) za týmto účelom, ktoré by zároveň boli schopné poskytnúť geodajové s požadovanou presnosťou. V súčasnosti sú dostupné štúdie, ktoré dokumentujú možnosti využitia takýchto metód, napr. pre mapovanie lesnej cestnej siete (Sačkov a Kardoš 2013), resp. ich automatizovanú klasifikáciu a mapovanie iných prvkov polohopisu, ako napr. hraníc lesných pozemkov (Kurčíková 2012).

Pod'akovanie

Vstupné údaje poskytli podnik Lesy SR, š.p., Topografický ústav Banská Bystrica a Národné lesnícke centrum – Ústav lesných zdrojov a informatiky vo Zvolene pôvodne ako podklady pre riešenie projektu „Využitie geoinformatiky pre plánovanie ťažbovo dopravných technológií a sprístupňovanie lesov v podmienkach podniku Lesy SR“. Ďakujeme pracovníkom ústredia podniku Lesy SR, š.p., ako aj pracovníkom Odštepného závodu Kriváň a lesných správ Poľana a Viglaš za poskytnutie údajov a súčinnosť pri návrhu a overovaní postupu podrobného mapovania lesnej cestnej siete.

Tento príspevok bol spracovaný ako súčasť riešenia projektu Operačného program Výskum a vývoj Centrum excelentnosti na podporu rozhodovania v lese a krajine, ITMS kód 26220120069, spolufinancovaného z Európskeho fondu regionálneho vývoja.

Literatúra

- BAVLŠÍK, J., ANTAL, P., KOČIK, L., KOMINKA, V., KUČERA, J., MACHANSKÝ, M., RUMAN, K., SZARKA, P., VALACH, L., ŽABKA, L., DUBEN, Z., RIZMAN, I., ŠANDORFI, K., ŽIAKOVÁ, M. (2009). *Pracovné postupy hospodárskej úpravy lesov č. A/2008/1611*. Zvolen (Národné lesnícke centrum vo Zvolene), 147 s.
- BYSTRICKÝ, R. (2007). *Tvorba databanky lesných ciest ako súčasti informačného systému lesného hospodárstva*. Dizertačná práca, Zvolen (Technická univerzita vo Zvolene), 119 s.
- ČSN 73 6108 Lesní dopravní síť.
- HALVOŇ, L. (2008). Forestry map work. In: ŽÍHLAVNÍK, Š., TUNÁK, D. eds. *Forestry geodesy and photogrammetry – trends*. Zvolen (Technical university Zvolen), pp. 112-131.
- HALVOŇ, L. (2011). Posúdenie presnosti vyhodnotenia leteckých meračských snímkov metódami digitálnej fotogrametrie pri lesníckom mapovaní. In: ŽÍHLAVNÍK, Š., TUNÁK, D. eds. *Racionalizácia lesníckeho mapovania*. Zvolen (Technická univerzita vo Zvolene), s. 14-22.
- Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach č. 984 121 I/93*. (1994). Úrad geodézie kartografie a katastra Slovenskej republiky.
- KARDOŠ, M., ŽÍHLAVNÍK, Š. (2012). Modern methods of data collection in Slovak forest management. In SEYFERT, E. ed. *Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation*. 32. *Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF*, Postdam (Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation), pp. 36-43
- KLČ, P., BRÁNKA, L., ŽÁČEK, J. (2010). Výzkum struktury lesní dopravní sítě ve vybraném modelovém území. *Lesnický časopis-Forestry Journal*, 56 (3), pp. 295-304.
- KURČÍKOVÁ, M. (2012). Identifikácia hraníc a klasifikácia lesných pozemkov s využitím DPZ. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 54, suppl. 1, s. 159-172.
- PENTEK, T., NEVEČEREL, H., PIČMAN, D., PORŠINSKY, T. (2007). Forest road network in the Republic Croatia – Status and perspectives. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28, 1, pp. 93-106.
- SAČKOV, I., SMREČEK, R., KARDOŠ, M. (2012). Data sources from airborne laser scanning usable in decision support system in forest and landscape management. In SMREČEK, R., SEDLIÁK, M., MAJLINGOVÁ, A. eds. *Implementation of DSS tools into the forestry practice*. Zvolen (Technical University in Zvolen).
- SAČKOV, I., KARDOŠ, M. (2013). Point Clouds from Airborne Laser Scanning and Aerial Images for Forestry Application. In SEYFERT, E. ed. *Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation*. 33. *Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF*, Freiburg i. B. (Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation), pp. 160-169.
- SVAČINA, O. (2010). IS MCS – Informačný systém Modelu cestnej siete, *ITAPA 2010* [citované 2013-02-15] Dostupné na: <<http://www.itapa.sk/2372-sk/is-mcs-informacny-system-modelu-cestnej-siete/>>
- Štandard digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva* (2007). Zvolen (Národné lesnícke centrum). [citované 2013-06-06] Dostupné na: <http://www.forestportal.sk/SitePages/lesne_hospodarstvo/doc/StandardLDM.pdf>
- TOMÁNEK, J., VOLNÝ, C., KLČ, P. (2010). Výzkum současného stavu porušenosti sítě odvozních cest ve flyšovém území lesní správy Ostravice. *Lesnický časopis-Forestry Journal*, 53 (1), s. 47-57.
- Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesa a ochrane lesa.*
- Zákon NR SR č. 135/1961 Z. z. o pozemných komunikáciách.*
- Zákon NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii.*
- Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch.*
- Zákon NR SR č. 3/2010 Z. z. o Národnej infraštruktúre pre priestorové informácie.*
- ŽÍHLAVNÍK, Š., TUNÁK, D. (2009). Optimálne spôsoby vytyčovania hraníc lesných pozemkov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 1, s. 89-100.

Summary

Forest roads as object of forest thematic mapping and part of information systems

The issue of the forest roads construction and accessibility of forests has a long tradition in Slovakia. The aim of the present paper is to analyze the current state of the collection, use and storage of information on forest road network for the purpose of forestry thematic mapping. Propose a change of the representation of this network and create the information layer and database of forest road network as part of the broader concept of the information system, in this case for the purpose of forests accessibility, terrain and technological typing and selection and optimization of harvesting and transport technology. These approaches are validated on the model experimental area of the Kriváň Forest Enterprise. In terms of forest mapping is essential to obtain reliable spatial data for the creation of forestry maps and plans for the purpose of determination of the forest spatial distribution units boundaries and land evidence. Forest mapping can be understood in two ways. As a thematic mapping with aim to capture forest detail and forest mapping with aim to obtain data for determination of forest land ownership boundaries. Mapping of forest roads as one of the objects of the forest mapping is also connected to this topic. Roads can pass through several lands with different owners which may influence the accessibility of the forest stands and their management. Right in this area it is necessary to find a suitable measurement technology, which also will be efficient in the difficult forest conditions. At present, there are used within the forest mapping data from digital aerial images with high resolution and airborne laser scanning data, which provide much better possibilities of the manual or automated interpretation of forest roads (e. g., Kardoš and Žihlavník 2012, Sačkov et al. 2012, Sačkov and Kardoš 2013).

National Forest Centre has developed the Standard of the digital map work. The purpose of the standard is to ensure uniform collection of geospatial information in digital form, creating one single database on forests and their publication. In terms of technological linkages unfortunately there are neither addressed the issues of complex processing of the territory, regardless of land ownership, nor the issue of the current status evaluation of the new roads construction. Another problem is the possibility of using the content of the thematic map work, including forest roads as part of the forestry information system for such a purpose. For the purpose of the forest road network optimization, terrain and technological typing and optimizing harvesting and transporting technologies, we have created a specific information system based on GIS, mobile geoinformation technologies and system for the support of spatial decision support. We ensured, adapt and integrated useful data sources for its fulfillment provided by the Lesy SR, s. e., National Forest Centre in Zvolen and Topographic Institute in Banská Bystrica, so we created a special purpose geographic database.

The basic source of information for the proposed solution of creation and updating a database of forest road network is the content of digital forestry map, which, however, do not model and do not represents a network of forest roads as a network of line objects. Data processing procedure therefore starts with the control of content by adjusting the geometry and construction of the network topology. Such created preliminary network was adjusted on the basis of orthophoto or field surveying. During the field survey there were measured new roads, not existing, unused and unusable, respectively destroyed roads have been deleted from the database. At the same time was recorded the status and quality of the road network using mobile GIS applications and GNSS. We recorded the road strengthening, damage, stability of the excavations and embankments, drainages and it's type, technical equipment of the road we carried out the photo documentation of these facts. As part of the road network, we also investigated the location and characteristics of hauling places and hauling roads. During the field survey, we intensively used knowledge of the local workers of each forest administration. This approach allows flexible use of the content of the proposed database as part of an information system.

In the area of interest, there is more than 2 500 km of roads, of which about 47 %, which is nearly 1 200 km of roads, is located on forest land in the use of the enterprise Lesy SR, s. e. The length of the road network density produces 58,4 m/ha of forest roads. Created database in relation to other content of generated information system allows variable evaluation of the content and the calculation of additional and derived data. For the purpose of calculating the skidding distances and network analysis has been to every extracting site, if necessary, assigned one or more node points, representing the exits on the extraction or public roads to the extraction sites and also connections of skidding roads. On the area of interest there is located 390 hauling places. In the area of interest there is together 2 556,87 km of roads. Of these, 1 193,85 km, representing almost 47 % of the total length, is situated on the lands in the use of forest enterprise Lesy SR s. e. Complexity of property ownership is documented by the size of the share on the road on the land of unregistered or unknown owners. This is about 33 % with length of 843,28 km. Public roads in the state ownership create 10 %, forest roads on the lands of the other owners of forest 7 %. Roads that are owned by the cities and communes are represented by more than 3 %.

In view of the comprehensive solution of forest roads should be considered particularly the complicated process for resolving ownership relations and mismatch of the graphic information in the real estate evidence with reality. The possible solutions are geometric plans, cadastral map renewal, land consolidations including the area of forest land. We consider as necessary to examine the possibility of using modern methods of contactless survey (aerial images with high spatial resolution, airborne laser scanning outside the growing season), for this purpose, which would also be able to provide geodata with the required accuracy. Currently there are studies that document the uses of such data, for example for mapping forest road network (e. g. Sačkov and Kardoš 2013).

Fig. 1 Overview of the accuracy categories of forestry map work. Source: Standard of the digital map work with forestry content, 2007

Fig. 2 Forest management units within the Kriváň Forest Enterprise

Fig. 3 Transformation keys for the Kriváň Forest Enterprise

Fig. 4 Details of hauling places measured in terrain with connection to road network

Fig. 5 Distribution of forest stands according to the appropriateness of the utilization of the universal wheel tractor Zetor 7045