

PŘESNOST DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU A JEHO VYUŽITÍ V LESNICTVÍ

M. Klimánek

Došlo: 22. února 2007

Abstract

KLIMÁNEK, M.: *Accuracy of digital terrain model and its application in forestry*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2007, LV, No. 4, pp. 137–144

Digital terrain model (DTM) is considered as an important geospatial data layer. At the present in the Czech Republic, digital contour data sources are often used for constructing regular raster DTM; the initial process requires interpolation between the points in order to estimate values in a regular grid pattern. The commonly used data sources are: the Primary Geographic Data Base (ZABAGED), the Digital Territory Model (DMÚ25) and eventually the Regional Plans of Forest Development (OPRL). In this paper, some constructions of DTM based on the above mentioned data were tested using several software products. Algorithm parameters can be optimized in several ways; in this sense the most useful operations proved comparing the first and second derivative of DTM and its real appearance in terrain and using cross-validation procedure or terrain data measurements to compute and minimize the root mean square error values (RMSE). The Forest Training Enterprise “Masaryk Forest” was the area for the experimental optimization of DTM.

digital terrain model, geographical information system, spatial surface interpolation

Digitální modely (reliéfu) terénu (DMT) popisují souvislé povrchy, které vznikají na základě hodnot diskrétního měření při využití postupů a metod prostorové interpolace dat. Terén představuje základní plochu pro lidskou existenci a svými vlastnostmi bezprostředně ovlivňuje veškerou lidskou aktivitu. Na základě modelu terénu je možné popisovat další procesy v reálném světě, které se odehrávají jak na tomto povrchu, tak také pod a nad touto srovnávací hladinou. Modelem se v tomto případě nejčastěji rozumí zvolená trojrozměrná reprezentace reality, jejímž čtvrtým rozměrem se velmi často stává časová složka. Významným přínosem modelování terénu jsou možnosti získávání dalších odvozených informací, které potom přispívají ke kvalitě a efektivitě různých lidských činností (hospodaření s přírodními zdroji, inženýrská činnost).

Je nutné si však uvědomit, že takovéto modelování je náročnou záležitostí a klade značné nároky zejména na znalosti v oblastech geografických infor-

mačních systémů, dálkového průzkumu Země a statistiky (geostatistiky), včetně specifických znalostí v případě modelování dalších procesů závislých na reliéfu. V lesnictví se současná situace v oblasti modelování terénu omezuje pouze na klasické vyjádření výškopisu ve formě vrstevnic lesnických tematických map. Digitální modely terénu jsou vytvářeny pouze ojediněle a na omezeném území, často bez dostatečných znalostí tohoto procesu a analýzy vstupních dat. Výsledkem jsou potom různé kvalitní (resp. nekvalitní) modely, což si však v první chvíli málokdo uvědomuje, protože jsou používány ve velké míře jen k vizualizaci jiných datových zdrojů. Přitom lesy pokrývají asi jednu třetinu našeho území a právě reliéf výrazným způsobem předurčuje abiotické i biotické faktory těchto ekosystémů.

MATERIÁL A METODY

Základním požadavkem na DMT je jeho přesnost, tedy aby hodnoty nadmořské výšky, kterou repre-

Všechny tři typy vstupních dat byly integrovány do prostředí geografického informačního systému (GIS) a byla provedena kontrola vstupních dat, aby se případné chyby nepřenášely dále do modelů. Ze vstupních dat v kladu příslušných mapových listů byl proveden výřez zájmového území (včetně 500 m přesahu). Nejčastěji se vyskytovaly chyby v atributu (výšce) vrstevnice a topologické chyby. Vzhledem k povaze chyb (chybně uvedený atribut vytváří falešnou singularitu) bylo použito filtrů pro analýzu hran – Laplaceův filtr (zvýraznění hran) nebo Sobelův filtr (detekce hran) s velikostí filtrovacího okna 3×3 a 9×9 pixelů. Pro všechna data byl použit souřadný systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (SJTSK) a výškový systém Balt po vyrovnání (Bpv).

Pro kontrolu přesnosti DMT bylo nutno provést terénní měření kontrolních bodů přesnými geodetickými metodami, včetně kombinace s efektivnějšími technologiemi globálních navigačních satelitních systémů (GPS). Polohová složka kontrolních bodů byla zaměřena pomocí GPS Trimble GeoExplorer XT, a to kódovým měřením statickou metodou při délce observace 10 minut (120 záznamů při intervalu 5 s). Ke zpřesnění měřených bodů byla využita metoda korekce po skončení měření (postprocessing), s využitím dat z permanentní GPS stanice na bodu TUBO (Technical University Brno). Data poskytuje FAST VUT v Brně volně ke stažení na webových stránkách (<http://tubo.fce.vutbr.cz/>). Zpracování naměřených dat bylo provedeno v softwaru GPS Pathfinder Office, který umožňuje jak práci s naměřenými daty, tak jejich korekce a export do běžných vektorových formátů. Výšková složka kontrolních bodů byla zaměřena metodou geometrické nivelace ze středu za použití přístroje Topcon AT-64 s nivelační latí a podložkou. Pro vytvoření nivelačních pořadů byla využita data z trigonometrických bodů na území ŠLP Křtiny podle internetové databáze trigonometrických a zhušťovacích bodů (<http://dataz.cuzk.cz/>). Následně byla pro všechny kontrolní body zjištěna jejich nadmořská výška.

Tvorba DMT pro zvolené území byla realizována v několika softwarových produktech: Idrisi 15 Andes, ArcEditor 9.1, TopoL xT 7.0.17 DMT, Atlas DMT 4, Surfer 8, GRASS 6.1. Každý z uvedených produktů obsahuje řadu interpolačních algoritmů pro tvorbu DMT, a proto probíhalo testování nejvhodnější varianty (parametrů) na základě kontrolních měření. Při konstrukci DMT bylo rovněž využito dalších pomocných dat jako jsou hydrologické parametry (říční síť a vodní plochy) a některé typy singularit (závrty). U výsledných rástrových modelů interpolovaná výška reprezentuje hodnotu pro celý pixel o daném rozměru (ploše), přičemž bylo zvoleno rozlišení výsledných DMT o velikosti pixelu 5×5 m. Obecně bylo hodnocení interpolace rozděleno do dvou fází. V první fázi

docházelo k výběru nejvhodnější interpolační procedury z možností poskytovaných softwarem a následně k optimalizaci jejích parametrů pro dosažení nejlepšího efektu interpolace. Kvalita interpolace byla hodnocena na základě porovnání se vstupními daty. Z vytvořeného modelu byly generovány vrstevnice s polovičním intervalem než měla vstupní data a hodnotila se přesnost s jakou vystihují terén mezi vrstevnicemi původních dat. Dále bylo použito také prvních a druhých derivací povrchu (sklon a expozice) a byly vyhledávány chyby v interpolacích lokálních minim a maxim. Současně s křivostí povrchu byly kontrolovány jejich logické výskyty v terénu. Statisticky byla hodnocena velikost směrodatné odchylky interpolovaných povrchů a pro geostatistické metody byla velkou výhodou i možnost hodnocení variance na celém souvislém povrchu. Tyto způsoby jsou sice velmi zjednodušené a závislé na lidském faktoru, ale poskytují dobré výsledky pro výběr vhodné varianty interpolace a nastavení parametrů. Zatímco v první fázi se prováděla kontrola pouze na základě vstupních dat, která se považují za zásadní a správná, druhá fáze kontroly byla zaměřena na kvantifikaci přesnosti vytvořeného DMT včetně identifikace možných chyb ve zdrojových datech. Tento krok byl realizován terénním kontrolním měřením. Pro experimentální lokalitu byla přesnost hodnocena kvantifikací střední kvadratické chyby výšky (RMSE). Tato hodnota představuje interval, který skutečná odchylka mezi hodnotou interpolovaného povrchu a kontrolním měřením nepřekročí s danou pravděpodobností. Obecně potom platí, že čím je střední kvadratická chyba menší, tím je příslušná interpolace spolehlivější.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vektorové bodové pole kontrolního výškového měření bylo převedeno do rástrové reprezentace (pixely byly ztotožněny jak polohově, tak rozměrově s rastry interpolovaných DMT) a zároveň byla vytvořena maska tohoto rastru (všechny pixely původního bodového pole dostaly hodnotu 1). Touto maskou byly odstraněny hodnoty v interpolovaných DMT mimo body kontrolních měření a následně byly oba rastry odečteny, čímž byl získán rozdíl hodnoty interpolovaného povrchu a hodnoty z kontrolního měření v daném místě. Rozdíly Δh (v atributu daného pixelu) byly exportovány do ASCII souboru a hodnota střední kvadratické chyby byla spočtena podle vzorce:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta h_i)^2} \text{ [m]}, \quad (1)$$

kde N je počet prvků kontrolního měření.

I: Hodnoty RMSE u interpolovaných povrchů v softwaru Idrisi 15 „Andes“

Modul, algoritmus	hodnota RMSE (m)		
	ZABAGED	DMÚ25	OPRL
modul INTERPOL (distanční váhový argument = 2)	6,5	7,9	16,2
modul INTERCON (rasterizované vrstevnice)	7,2	8,1	14,0
modul TIN (povin. hrany, parabolická varianta)	2,9	4,3	9,8
Ordinary kriging (směr minimální variability)	4,6	6,1	12,4
Ordinary kriging (směr maximální variability)	4,9	6,2	12,6

II: Hodnoty RMSE u interpolovaných povrchů v softwaru ArcEditor 9.1

Modul, algoritmus	hodnota RMSE (m)		
	ZABAGED	DMÚ25	OPRL
nástroj IDW (povinné spojnice, power = 2, min. points = 24,)	5,6	8,4	12,4
nástroj Spline (regularized, $\tau = 0,01$, min. points = 24)	6,2	8,6	12,8
nástroj Spline (tension, $\phi = 10$, min. points = 24)	6,4	8,2	11,9
nástroj Topo To Raster (+ vodní toky a plochy)	2,6	4,2	8,2
nástroj TIN	5,4	7,9	11,8
Ordinary kriging (směr minimální variability)	4,9	7,2	11,6

Zvláštní pozornost byla věnována produktu Idrisi (Tab. I) a ArcEditor (Tab. II), vzhledem k počtu variant prostorové interpolace dat; ostatní produkty (Tab. III) jsou uváděny podle možností, které poskytují pro tvorbu DMT. Hodnota RMSE je uváděna pro všechny tři typy zdrojových dat (ZABAGED, DMÚ 25 a OPRL) a princip interpolace je vyjádřen typem

algoritmu (modulem nebo nástrojem softwaru), včetně zpřesňujících parametrů (varianty a hodnot parametrů, či případné využití pomocných dat). Linie (vrstevnice) dat ZABAGED a OPRL byly pro moduly využívající konstrukce nepravidelné trojúhelníkovité sítě (TIN) a nástroj Topo To Raster v místech přerušeni doplněny a uzavřeny.

III: Hodnoty RMSE u interpolovaných povrchů v ostatních softwarech

Modul, algoritmus	hodnota RMSE (m)		
	ZABAGED	DMÚ25	OPRL
TopoL TIN (Delaunayho triangulace)	6,8	7,9	12,8
TopoL TIN (Delaunayho triang. + povin. hrany)	5,4	7,5	12,7
Atlas TIN (povinné hrany)	3,8	5,2	11,4
SURFER Minimum Curvature (varianta minimální křivosti)	6,3	8,9	12,8
SURFER Kriging (směr minimální variability)	5,1	6,9	12,2
GRASS v.surf.rst (tension = 30, smooth = 0,2)	6,2	7,1	13,1

Digitální výškopisná data ve formě vrstevnic jsou velmi častým zdrojem pro tvorbu DMT. Jejich aktualizace probíhá na základě ortorektifikované mozaiky leteckých měřických snímků, sběrem dat místním šetřením a fotogrammetrickým doměřením. Tato data mají však dva zásadní nedostatky: nejsou zde obsaženy hodnoty lokálních maxim a minim (tj. výškové kóty na vrcholech, hřebenech, ale i v údolích) a v závislosti na tvaru terénu jsou data nepravidelně stratifikována, což často vede k nedostatku výškových identifikací (typicky v podélných osách hřbetů a údolí). Základní vrstevnice dat ZABAGED pocházejí z mapových podkladů měřítka 1:10 000 a mají interval 5 m (na některých mapových listech se vyskytuje i interval 1 m u vedlejších a 2 m u základních vrstevnic). Linie nejsou souvislé, v místech singularit jsou přerušeny. To může na jedné straně působit komplikace algoritmům pracujícím primárně s liniemi, ale na straně druhé to umožňuje identifikovat právě místa singularit v terénu, a tak zpřesnit DMT (definice povinných hran). Vrstevnice dat DMÚ25 pocházejí z mapových podkladů měřítka 1:25 000 a mají interval 5 m. Vrstevnice nejsou přerušeny a stejně jako data ZABAGED neobsahují žádné bodové výškové identifikace. Digitální výškopisná data z lesnických zdrojů jsou součástí lesních hospodářských plánů (LHP) a lesních hospodářských osnov (LHO) a dnes také již všech zpracovaných OPRL. Jde o liniová data ve formě vrstevnic, které jsou však přerušeny v místech, kde je textový popis nadmořské výšky. Vrstevnicový interval je 20 m a kóty jsou zaznamenány s přesností na celé metry. Problémem je však velmi diskutabilní přesnost; data často obsahují systematické a náhodné chyby a výsledná přesnost nebyla kontrolována ani vyhodnocována. V oblasti lesnictví se této problematiky dotýká § 5 vyhlášky MZe č. 84/1996 Sb., o lesním hospodářském plánování, avšak nijak neřeší přesnost výškopisných dat. Kvalitativním skokem v efektivním získávání výškových dat (řádově centimetrové přesnosti) by bylo rutinní nasazení technologie laserového snímání. Tato metoda umožňuje zpracovávat data pro rozsáhlá území, obdobně jako metody stereofotogrammetrické, ale není limitována vegetačním pokryvem v krajině.

Kvalita vytvořených experimentálních DMT (vyjádřená kvantifikací RMSE) odpovídá předpokladům vycházejícím z hodnocení kvality použitých vstupních dat. Jako nejpřesnější se ukázala data ZABAGED, potom data DMÚ25 a nakonec data OPRL. Je nutné však upozornit, že lokálně se data DMÚ25 svojí přesností vyrovnala datům ZABAGED.

V souvislosti s výsledky dosaženými při aplikaci vybraných metod interpolace DMT na experimentální ploše (a v závislosti na vstupních datech) se jako nejvhodnější prokázalo využití specificky připravených algoritmů. Nejlepší výsledky byly dosaženy pomocí

modulu Topo To Raster. Tento algoritmus využívá modifikace spline metody a hydrologických charakteristik k vytvoření maximálně přesného DMT a umožňuje i jeho další zpřesnění zavedením pomocných dat do modelu (výškové kóty a hydrologická síť).

Pro oblast lesnictví lze aplikace DMT směřovat do zpracovávaných (resp. aktualizovaných) OPRL a do LHP a samostatně lze vyčlenit oblast lesnického výzkumu. Díla OPRL totiž nejsou určena jenom lesníkům, ale širokému spektru osob, které se jakkoliv podílejí na hospodaření i jiných aktivitách v lesním prostředí a blízkém okolí. V tomto smyslu by byl podpořen vzrůst kvalitativní úrovně komplexního mapového díla, pokrývajícího celé území ČR, a díky jeho zpracování na principech GIS by se rozšířily další analytické možnosti výstupů. Vzhledem k velikostem jednotlivých zpracovávaných oblastí (PLO) při pokrytí prakticky celého prostoru ČR a při „rozumné“ manipulovatelnosti s digitálními daty se jeví jako velmi výhodné rozlišení pixelu 10 m. Při vytvoření kvalitní TIN struktury je ovšem možné rozlišení výsledných rastrů operativně měnit v závislosti na požadované kvalitě DMT pro jednotlivé aplikace. Vytvoření DMT by přineslo řadu výhod i při prezentaci digitálních a analogových prostorových dat OPRL. Z modelu by bylo možné odvozovat vrstevnice v libovolném intervalu pro kartografické vyjádření výšek a výrazně by se také zvýšila úroveň vizuální prezentace mapových výstupů – jednotlivé vrstvy by mohly být distribuovány v soutisku s analytickým stínováním, v interaktivních 3D modelech a zaznamenávány ve formě videosekvencí nad modelem. Z vytvořených DMT lze odvozovat i další parametry pro jednotlivé digitální vrstvy OPRL:

- mapy svahů překračujících kritický sklon (svahy ohrožené půdní erozí z důvodu nadlimitního sklonu),
- podpůrné informace pro další vrstvy: stanoviště lesů ochranných (lesy na nepříznivých stanovištích), transportní segmenty (vylišování přirozených hranic na gravitačních předělech), svážná území a aktivní svahy (potenciální plochy na základě sklonu a geologicko-pedologických poměrů) a lesní vegetační stupně (v rámci vertikálního výškového členění lesního prostředí).

V OPRL existují i další vrstvy dokumentující působení abiotických faktorů na lesní ekosystém. Při použití DMT by mohly být vytvořeny modely pro analýzu jejich specifického působení:

- synergické působení imisí a orograficko-klimatických faktorů (modely proudění v anemo-orografických systémech a imisní působení v lesním ekosystému),
- specifikace lokalit ohrožených sněhem a námrazou,

včetně směrů bořivých větrů v návaznosti na optimalizaci stabilizačních prvků a lesů s funkcí bariér. Analýzou a specifickým modelováním za použití DMT by mohly být vytvořeny i další výstupy typu hydrologických analýz (podpora pro oblast hrazení bystřin a drobných vodních staveb s ohledem na možnosti „zadržení“ vody v krajině), včetně analýz erozního ohrožení. Dále by mohla být také řešena otázka optimalizace LDS a návazné terénní klasifikace (pro

optimalizaci použití současných technologií v lesním hospodářství). Vzhledem k rizikům, která přináší možná klimatická změna pro relativně dlouhověké lesní ekosystémy, může být velmi užitečné modelování klimatických parametrů a jejich změn při využití DMT (zejména predikce teplotních a srážkových modelů v návaznosti na posun LVS a následné změny v dřevinné skladbě).

SOUHRN

Kvalita vytvořených experimentálních DMT, vyjádřená kvantifikací střední kvadratické chyby, odpovídá předpokladům vycházejícím z hodnocení kvality použitých vstupních dat. Jako nejpresnější se ukázala data ZABAGED, s přesností vyjádřenou hodnotou RMSE v intervalu $\pm 2,6$ až $7,2$ m, potom data DMÚ25, s přesností vyjádřenou hodnotou RMSE v intervalu $\pm 4,2$ až $8,9$ m, a nakonec data OPRL, s přesností vyjádřenou hodnotou RMSE v intervalu $\pm 8,2$ až $16,2$ m. To odpovídá i charakteristikám vstupních dat. Data ZABAGED jsou ekvivalentem map měřítka 1:10 000, zatímco data DMÚ25 se vztahují k měřítku 1:25 000 při vrstevnicových intervalech 5 m a nejméně přesná data OPRL mají vrstevnicový interval 20 m. Tyto vlastnosti (nedostatečné a nepravidelné rozložení výškových identifikací pro interpolaci) se při zpracování negativně projeví v přesnosti vytvořených modelů. V tomto směru je důležité upozornit, že všechny dosažené výsledky při kontrole přesnosti DMT překračují povolená kritéria uváděných tříd přesnosti ČSN 01 3410. Nutno ovšem podotknout, že RMSE u podkladů ZABAGED a DMÚ25 přesahuje hodnotu výškového rozdílu sousedních vrstevnic, kdežto v podkladech OPRL se tato chyba pohybuje v rozmezí více než poloviny tohoto výškového rozdílu. Mohlo by se tak zdát, že vzhledem k použitým podkladům jsou nejpresnější data OPRL, bohužel vůči měřením v terénu však poskytují nejnižší přesnost. TUČEK a MAJLINGOVÁ (2004) provedli obdobné hodnocení pro data výškopisu lesnické mapy (analogie dat OPRL) ze své vlastní experimentální lokality na Slovensku a vypočtená hodnota RMSE byla v intervalu $\pm 12,71$ až $17,35$ m.

Pokud se zaměříme i na ekonomickou stránku problému, potom můžeme konstatovat, že uživatel může vhodnou volbou interpolační metody (softwaru) a použitím dat DMÚ25 dosáhnout srovnatelné přesnosti s daty ZABAGED při podstatně nižších nákladech. Data ZABAGED se v současné době prodávají v ceně 244 Kč za mapový list (pokrývající území 18 km^2 , tedy 14 Kč za 1 km^2), zatímco data DMÚ25 v ceně 474 Kč za mapový list (pokrývající území 84 km^2 , tedy 6 Kč za 1 km^2).

Volba vstupních dat, prostorového rozlišení (mez přesnosti pro rastrové reprezentace) a metoda interpolace DMT včetně parametrů se nezbytně podřizují účelu, za jakým bude model tvořen. Pro inženýrské aplikace jsou stále nutná geodetická měření, aby tak byl zajištěn dostatek výškových identifikací, včetně záznamu povinných hran. Velmi vhodná je TIN struktura (maximum prostředků pro inženýrské aplikace poskytuje software Atlas DMT). Pro většinu ostatních aplikací (odvození sklonů, expozic a křivostí, hydrologické modelování apod.) postačují data z vrstevnic (ZABAGED, DMÚ25). Nezbytné je doměřit výškové identifikace pro lokální maxima a minima (nivelací, tachymetrií) – potom lze použít TIN strukturu. Pokud nelze tyto doplňující informace získat (přílišná rozsáhlost území, nedostatečná přístrojová vybavenost apod.), je možné v první řadě (z hlediska přesnosti) využít specifické algoritmy pro tvorbu DMT z vrstevnicových dat (ArcGIS Desktop Topo to Raster, Idrisi TIN), anebo metody geostatistiky a metody minimální křivosti, případně metody radiálních funkcí. Jako nejméně vhodné se ukázaly metody založené na inverzních vzdálenostech (vzhledem k vrstevnicovým vstupním datům) a naprosto nepoužitelné jsou z tohoto hlediska Thiessenovy polygony. Obecně lze říci, že při výběru metody jsou výhodnější algoritmy, u kterých je možné modifikovat maximum parametrů, a to jak u zpracování vstupních dat (rozsah, tvar a dosah oblasti), tak u samotného algoritmu výpočtu interpolace nebo metody, které umožňují použití dalších pomocných dat pro zpřesnění výpočtu.

V rastrové reprezentaci DMT nelze volbu rozlišení dostatečně zobecnit, protože tato hodnota závisí na charakteristikách zdrojových dat. Při použití vrstevnic lze doporučit spodní hranici velikosti pixelu na úrovni základního vrstevnicového intervalu, horní mez je potom omezena požadovanou přesností pro danou aplikaci, resp. únosnou hranicí ztráty detailu vzhledem k časové náročnosti zpracování a objemům výsledných dat pro „rozumnou“ manipulaci.

Nastavení optimálních parametrů interpolace s ohledem na maximální kvalitu výsledného DMT lze realizovat na základě posouzení první a druhé derivace povrchu (sklonitost a zakřivení), s využitím vizuální interpretace logických výskytů v terénu. Součástí kontroly může být i odvození vrstevnic z vytvořeného DMT a porovnání výsledku se vstupními daty (vhodná je polovina vrstevnicového intervalu zdrojových dat). Dále lze využít křížovou validaci pro kvantifikaci kvality DMT hodnotou střední kvadratické chyby. Při výpočtu jednotlivých variant DMT se v příslušném kroku vypustí konkrétní hodnota ze vstupních dat a interpoluje se povrch, přičemž se zjišťuje rozdíl mezi takto interpolovanou hodnotou a původní vstupní hodnotou v rámci opakování pro všechna zdrojová data. Čím je potom střední kvadratická chyba menší, tím bývá interpolace přesnější.

digitální model terénu, geografický informační systém, prostorová interpolace dat

SUMMARY

Digital terrain model (DTM) is considered as the important geospatial data layer. A proper concept of “surface modeling” generally describes the process representing a physical or artificial surface by a geometric model, using a mathematical expression. Input data for DTM constructing is usually extracted from elevation contour lines with given interval to resulting irregular point array. In Czech Republic, the most common digital contour data sources are represented by (1) the Primary Geographic Data Base (ZABAGED) – a civil domain, (2) the Digital Territory Model (DMÚ25) – a military domain and (3) the Regional Plans of Forest Development (OPRL) and the Forest Management Plans (LHP) – a forestry domain.

In this paper, some selected constructions of DTM based on the above mentioned data were tested using several software products, specifically TopoL xT 7.0.17 DMT program (traditional and massive usage in forestry), Atlas DMT 4 program (Czech product for engineer applications), ArcEditor 9.1 program with extensions Spatial and 3D Analyst (considering its worldwide prevalence) and from the representatives of less used but good-quality software, the products Idrisi 15 Andes, Surfer 8 and GRASS 6.1. Algorithm parameters can be optimized in several ways. In this sense the most useful operations proved (1) comparing the first and the second derivative of DTM and its real appearance in terrain and (2) using cross-validation procedure or terrain data measurements to compute and minimize the root mean square error (RMSE) values.

The quality of created experimental DTM conveyed by quantification of RMSE corresponds to presuppositions proceeding from the evaluation of the quality of used input data. ZABAGED data proved to be the most accurate, with accuracy expressed by the value RMSE in the interval ± 2.6 to 7.2 m, then DMÚ25 data, with accuracy expressed by the value RMSE in the interval ± 4.2 to 8.9 m, and latterly OPRL data, with the accuracy expressed by the value RMSE in the interval ± 8.2 to 16.2 m. This corresponds to characteristics of input data. ZABAGED data are an equivalent of maps with the scale 1:10 000, while DMÚ25 data are related to the scale 1:25 000 at the contour intervals 5 m, and the least accurate data OPRL have the contour interval 20 m. These characteristics (insufficient and irregular distribution of height identifications for interpolation) manifested negatively in the accuracy of created models when processing.

The aim of this study was to identify real obtainable accuracy of DTM from the most used data because the most models generate nowadays within software instruments for GIS and their authors do not often have sufficient knowledge about these problems and do not evaluate the accuracy of the models.

Príspevok vznikol za podpory z magisterského projektu Interní grantové agentury MZLU v Brně č. 54/2006 a z výzkumného záměru LDF MZLU v Brně č. MSM 6215648902.

LITERATURA

BOHÁČEK, R. a kol. Textová část LHP pro LHC ŠLP Masarykův les Křtiny [platnost 1. 1. 2003–31. 12. 2012]. Brno: Lesprojekt Brno, a. s., 2003. 259 s.
ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Federální úřad pro normalizaci a měření Praha, 1991.

TUČEK, J., MAJLINGOVÁ, A. Hodnotenie kvality a vhodnosti použitia digitálnych modelov terénu pre účely mapovania. Sb. ref. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, Zvolen 21.10.2004. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, s. 105–111. ISBN 80-228-1406-7.

Adresa

Ing. Martin Klimánek, Ph.D., Ústav geoinformačních technologií, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika