

Vplyv presnosti digitálneho modelu reliéfu na modelovanie erózneho ohrozenia

Jozef Halva , Marcel Kliment

Katedra Krajinného plánovania a pozemkových úprav FZKI SPU v Nitre
Hospodárska 7, 949 01 Nitra
Kontakt.jozef.halva@uniag.sk, marcel.kliment@uniag.sk

Abstrakt. Podľa použitých zdrojov a metód pri získavaní vstupných dát do tvorby digitálneho modelu terénu (DMR) sa výrazne líši presnosť vstupných nadmorských výšok. Sú od nich závislé chyby, ktoré sa prejavujú nielen pri modelovaní, ale sa prenášajú i do ďalších analýz. Veľmi vhodnou aplikáciou pre poukázanie vplyvu presnosti vstupných dát do DMR je použitie modelovania erózneho ohrozenia územia vodnou eróziou. Vplyv vstupných hodnôt nadmorských výšok do tvorby DMR sa tu prejavuje nielen v samotnom modelovaní DMR, ale i vo využívaní následných morfometrických parametrov. V príspevku je zhodnotená a porovnaná ohrozenosť územia vodnou eróziou na vytvorených DMR z dvoch rozdielnych zdrojových údajov na vybranom pôdnom celku v k.ú. Kolíňany. V prvom prípade sa vytvoril povrch z nadmorských výšok získaných z fotogrametrického merania na meračských snímkach (vyhotovené pre ortorektifikáciu meračských snímkov), poskytnutých spoločnosťou Eurosense s.r.o. Bratislava. Druhé vstupné údaje boli získané priamym meraním výšok (tachymetriou) v teréne geodetickými metódami s prístrojom Leica TC600. V oboch prípadoch bol v prostredí ArcView vytvorený DMR s totožnými parametrami a rovnakým priestorovým rozlíšením rastra. Pomocou univerzálnej rovnice straty pôdy sa namodelovalo a vyhodnotilo erózne ohrozenie a porovnávalo sa. Zistené rozdiely sa prejavili nielen v samotných hodnotách erózneho ohrozenia, ale hlavne v jeho priestorovom rozšírení.

Kľúčové slová: digitálny model reliéfu, vodná erózia, univerzálna rovnica straty pôdy.

Abstract. Influence of Digital Terrain Model Precision on Soil Erosion Modeling.

The precision of altitude (elevation above sea-level) depends on used sources and methods in data capture for digital terrain model (DTM) generation. It causes errors that are displayed not just in GIS modeling, but also in other GIS analyses. Modeling of water erosion is good application for refer to precision impact of input data. Using morphometric parameters is also depending on quality of input data. The paper shows the comparison between analysis on two DTM (made by photogrammetry and made by terrestrial surveying). The first, surface of DTM was made from photogrammetrical data, which was obtained from orthophoto production (copyright by EUROSENSE, s.r.o.) and the second was obtained by terrestrial surveying (tachymetry with LEICA TC600). In ArcView was made DTM for both data, with same parameters and the same spatial resolution of raster. Threat of water erosion was computed and by using of universal soil lost equation (USLE) for both data. Deviation between area of erosion threat (computed from different data) is the goal of paper.

Keywords: Digital Terrain Model, Soil Erosion, Universal Soil Lost Equation (USLE)

1 Úvod

Eróziu pôdy, ako jeden z najrozšírenejších negatívnych vplyvov v životnom prostredí, nemožno chápať len ako proces ohrozenia pôdy a jej produkčných vlastností. Ide o celý komplex škodlivých vplyvov, ktoré sa nedajú jednoznačne ohraničiť. Pritom ako prirodzený proces je neoddeliteľnou súčasťou vývoja prírody a krajiny. Pokiaľ však erózia prekročí určitú hranicu, ktorú je príroda schopná kompenzovať pôdotvorným procesom, nastáva zrýchlená strata pôdy s negatívnym pôsobením na krajinu i jej hospodárske využívanie.

Problematika ochrany pred negatívnymi účinkami vodnej erózie je v súčasných podmienkach poľnohospodárstva stále aktuálna. Z hľadiska časového nepripadá priame meranie intenzity erózie v krajine reálne. V takomto procese, pri ktorom nejde len o presné spracovanie výsledkov ale aj o ich lokalizáciu, je vhodné aplikovať systémy modelovania postavené na informačných technológiách.

Geografický informačný systém (GIS) je progresívny nástroj pre modelovanie prírodných procesov v krajine a ich priestorovú diferenciáciu.

Digitálny model reliéfu (DMR) je najzákladnejšou potrebou pre modelovanie procesov a javov prebiehajúcich na reliéfe. Pri tvorbe DMR sú jedným z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúce kvalitu modelovania vstupné údaje o polohe a nadmorskej výške. K ďalším dôležitým faktorom pri tvorbe DMR patria voľba vhodnej interpolačnej metódy a v prípade tvorby rastrových modelov aj voľba veľkosti samotného rozlíšenia rastra [5]. Hlavne v procese spracovania projektov pozemkových úprav je možné získať vstupné údaje rôznymi spôsobmi a z rôznych zdrojov. Navyiac sú od nich závislé prípadné chyby, ktoré sa prejavujú nielen pri modelovaní, ale sa prenášajú i do ďalších analýz.

Veľmi vhodnou aplikáciou pre poukázanie vplyvu presnosti vstupných dát do DMR je použitie analýz eróznej ohrozenosti územia vodnou eróziou. Metódy modelovania vodnej erózie sú v súčasnosti veľmi dobre rozpracované, no v každej jednej sa vychádza aj z DMR. Najpoužívanjšou metódou je výpočet straty pôdy univerzálnou rovnicou straty pôdy definovanou Wischmeierom a Smithom, ktorú pre pomery vtedy ešte Československa upravil Janeček [2]. Vplyv vstupných hodnôt nadmorských výšok do tvorby DMR sa tu prejavuje nielen v samotnom modelovaní DMR, ale i vo využívaní následných morfometrických parametrov. Dôležitým je práve výpočet sklonových pomerov a svahových dĺžok v LS faktore. Hodnoty vstupných údajov sa tu umocňujú a navzájom násobia, čím sa vplyv jednotlivých vstupných údajov a prípadných chýb ešte zvyšuje. Rozdiely dosiahnuté rôznymi vstupnými nadmorskými výškami do modelovania DMR môžu následne zvyšovať ale i znižovať potreby pre správnu protieróznú ochranu. Tu nie je potrebné len presné určenie množstva straty pôdy, ale hlavne jej presná lokalizácia v krajine, aby tieto opatrenia boli čo najúčinnnejšie [3].

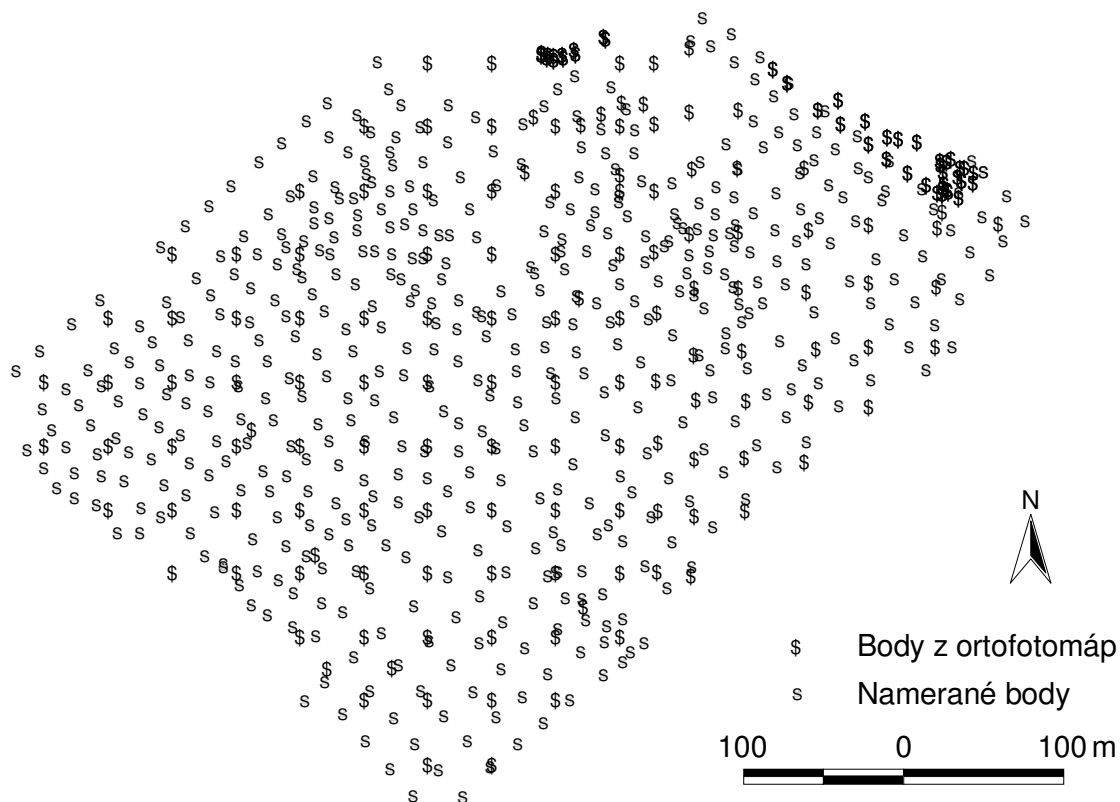
2 Materiál a metodika

2.1 Charakteristika záujmového územia

Za záujmové územie bol vybraný pôdny celok v katastrálnom území obce Kolíňany v povodí vodného toku Bocegaj. Celková výmera pôdneho celku je takmer 17,52 ha, s priemernou nadmorskou výškou 191,77 m n. m. Pôdne pomery sú tvorené v nižšej časti černozemami, nad nimi hnedozemami. Predmetný pôdny celok má v úžití ŠPP Kolíňany pre intenzívne využívanie na poľnohospodársku činnosť (orná pôda).

2.2 Tvorba digitálneho modelu reliéfu

Podľa použitých zdrojov a metód pri získavaní vstupných dát do tvorby DMR sa výrazne líši presnosť vstupných nadmorských výšok. V prvom prípade sa vytvoril povrch z meraných fotogrametrických údajov. Ide o dáta, ktoré boli vyhotovené stereofotogrametricky pre tvorbu ortofotomapy, tzv. ortorektifikáciu meračských snímok. Dáta boli poskytnuté spoločnosťou Eurosense s.r.o. Bratislava. Jednalo sa o sieť 223 bodov s určenými súradnicami y,x,z v systéme JTSK a BpV. Priestorová poloha bodov bola získaná fotogrametrickými metódami v miestach menej členitého terénu s pravidelným krokom 40 m v miestach členitejšieho terénu s krokom 25 m, prípadne rozmiestnenými podľa potreby na hranici pôdneho celku. Druhé vstupné dáta pre tvorbu DMR (499 bodov) boli získané priamym priestorovým meraním v teréne geodetickými metódami s elektronickým tachymetrom Leica TC600 (obr. 1.). V oboch prípadoch bol v prostredí ArcView vytvorený DMR interpolačnou metódou s funkciou, ktorá prechádza všetkými bodmi vstupného výškového poľa (zachovanie daných a meraných nadmorských výšok) s totožnými parametrami a rovnakým priestorovým rozlíšením rastra. Okrem následného využitia týchto modelov v procese modelovania eróznej ohrozenosti boli vykonávané i porovnania základných morfometrických charakteristík DMR.



Obr. 1. Rozmiestnenie priamo meraných bodov a bodov z ortofotomáp.

2.3 Určenie eróznej ohrozenosti v modelovom území

Metodický postup určenia erózie vychádzal z Metodiky pro zavádění výsledků výskumu do zemědělské praxe - Ochrana zemědělské půdy před erozí [2]. Pre výpočet množstva odnesenej pôdy vodnou eróziou v území sa použila univerzálna rovnica straty pôdy- Universal soil loss equation – USLE Wischmeiera a Smitha.

Základné vstupy pre modelovanie vodnej erózie na danom pôdnom celku v prostredí GIS tvoria okrem predmetného digitálneho modelu reliéfu mapa bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek. Ďalšími vstupmi sú mapy odvodené od digitálneho modelu reliéfu, a to mapa sklonov svahov a mapa dĺžok svahov [4]. Digitalizácia prebieha v prostredí ArcView GIS 3.2 s rozšírením Spatial Analyst.

Jednotlivé faktory podieľajúce sa na erózií sa pre výpočet definovali nasledovne :

R–faktor: hodnota eróznej účinnosti dažďov (R-faktor) je pre celý vyšetřovaný pôdny celok konštantná, zistená dlhodobým pozorovaním a tabuľkovo spracovaná. Pre naše záujmové územie sme prevzali faktor stanovený pre Nitru $R = 24,62 \text{ MJ. ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ [2].

K–faktor: ako hodnota K-faktora vstupuje do výpočtu mapa K–faktora odvodená z mapy bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ) poskytnutou Výskumným ústavom pôdoznanectva a ochrany pôdy.

LS–faktor: hodnota LS-faktora je vypočítaná v mapovom kalkulátore z mapy dĺžok svahov a mapy sklonu a to pre jednotlivé DMR vytvorené z oboch vstupných údajov podľa uvedenej metodiky.

C-faktor a P-faktor boli definované hodnotou 1, čím nám nezasiahli do výpočtu určenia erózie.

Výpočet množstva odnesenej pôdy vplyvom vodnej erózie v riešenom povodí sa uskutočnil v mapovom kalkulátore programu ArcView GIS 3.2..

3 Výsledky a záver

Posúdenie vypočítaného odnosu pôdy a jeho škodlivosti sa pre oba modely vyjadrilo podľa stupňa eróznej ohrozenosti pôd (SEOP). Ten vyjadruje ročný alebo dlhší priebeh erózných procesov

pomerným číslom - indexom určujúcim zaradenie erózneho ohrozenia do piatich tried SEOP. SEOP sa získa ako podiel vypočítanej erózie a prípustnej hodnoty straty pôdy [1]. Ak je hodnota SEOP nižšia alebo rovná 1, riešené pôdy nie sú ohrozené vodnou eróziou a naopak, čím je index SEOP vyšší, tým je územie viac ohrozené.

Hodnoty z nášho modelového územia nám poukazujú na skutočnosť, že daný pôdny celok nie je vodnou eróziou ohrozený. Všetku stratu pôdy vplyvom vodnej erózie je schopná príroda kompenzovať pôdotvorným procesom. I tak je z tabuľky 1. a z grafického spracovania (obr.2.) vidieť rozdielnosť spôsobenú rôznou kvalitou vstupných údajov do tvorby DMR a následného modelovania. Tá sa prejavuje hlavne v presnejšej lokalizácii škodlivých erózných procesov.

Tabuľka 1. Porovnanie vypočítaných tried stupňov eróznej ohrozenosti pôd (SEOP).

Trieda SEOP	Pomer vypočítanej erózie a prípustnej hodnoty straty pôdy	Z dát získaných fotogrametricky (výmera v m ²)	Z geodetických dát (výmera v m ²)
1	0 – 0.1	4	32708
	0.1 – 0.2	16864	55056
	0.2 – 0.3	57956	44988
	0.3 – 0.4	45512	26592
	0.4 – 0.5	27408	12484
	0.5 – 0.6	18788	2964
	0.6 – 0.7	7648	348
	0.7 – 0.8	916	52
	0.8 – 0.9	96	0
suma		175192	175192

V celkovom porovnaní nám z hľadiska protieróznej ochrany vychádza lepšie digitálny model reliéfu vytvorený z geodetických dát. Výsledky dosiahnuté modelovaním z týchto vstupných údajov uvádzajú nižšiu eróznou ohrozenosť územia.

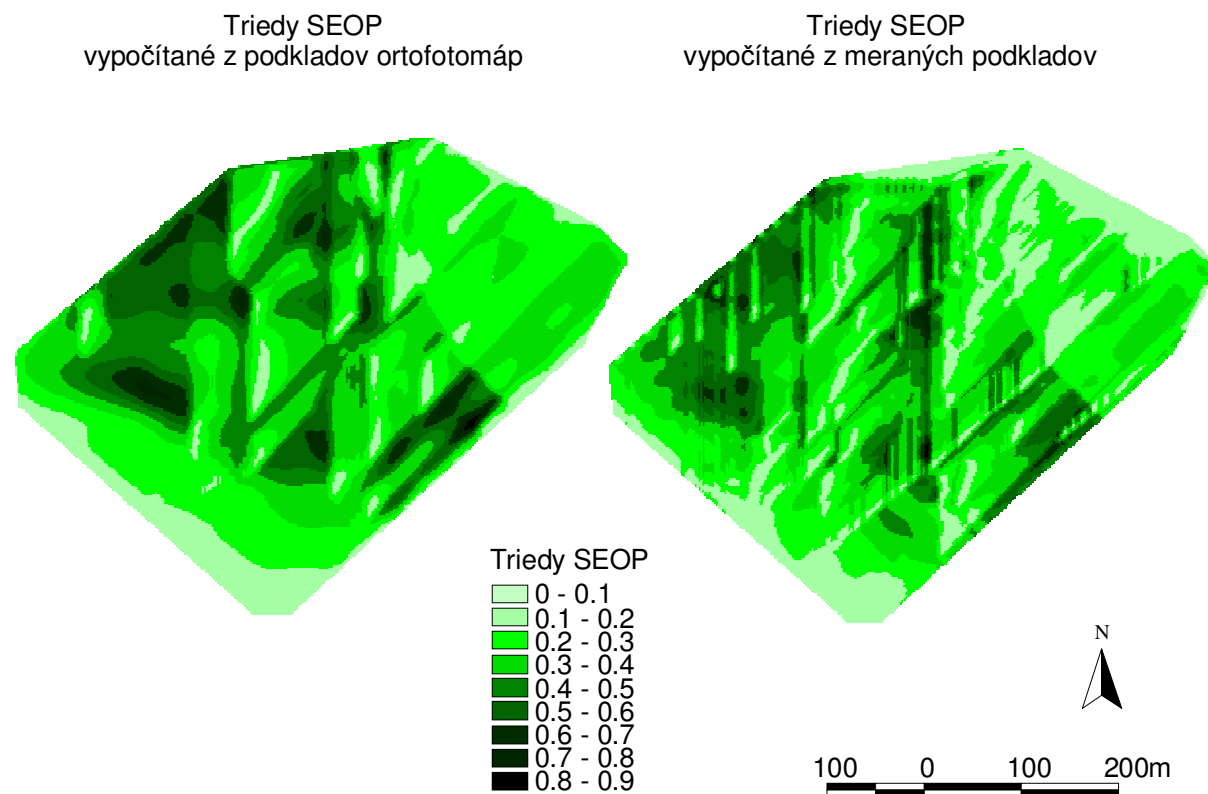
Z hľadiska rozšírenia prejavov eróznej ohrozenosti je možné overiť namodelované výsledky aj priamo v území. Z tohto pohľadu nám vychádzajú ako presnejšie výsledky dosiahnuté z digitálneho modelu reliéfu s priamo meranými vstupnými údajmi. Prejavy namodelované v tomto prípade sú zreteľnejšie a v teréne identifikovateľnejšie. Veľmi dobre sú tu viditeľné jednotlivé dráhy odtoku, ktoré je možné rozlíšiť i priamo v území. Pri modelovaní na takto vytvorenom DMR nedochádza k zlučovaniu jednotlivých dráh odtoku do veľkých celkov, ako pri analýzach na DMR vytvorenom z fotogrametrických dát.

Z hľadiska určenia presnej intenzity erózie však tieto údaje nemajú veľkú výpovednú hodnotu, nakoľko skutočné erózne ohrozenie priamo na skúmanom pôdnom celku nebolo merané a možno ho určiť len modelovaním. Podstata príspevku však nespočíva v určení tohto parametra, poukazujeme na zmeny spôsobené zmenou kvality vstupných dát do modelovania.

Presnosť dát získaných geodeticky je vyššia, pre polohu a výšku je charakteristika presnosti všeobecne definovaná pre 3. triedu presnosti $m_{XY}=0,14$ m a $m_H=0,12$ m. Vo výške však môžeme uvažovať aj o 1,5 násobnom zhoršení kvality, nakoľko povrch nie je trvalo stabilizovaný (povrch terénu tvorený pôdnym krytom).

Dáta získané fotogrametricky sú vytvorené pre vyhotovenie ortofotomapy. Pre správnu ortorektifikáciu sa merajú stereofotogrametricky priestorové polohy bodov na porastoch. Zo vzniknutej ortofotomapy možno sledovať, keďže snímokovanie bolo vykonávané skoro na jar, že výška porastu je malá. Výsledná presnosť v určení výšky je ale týmto vplyvom podstatne znížená. Snímová mierka bola 1:8000, veľkosť pixela 0,20 m. Predpokladáme z toho, že polohová presnosť je na hodnote jedného pixela, teda 0,20 m a výšková na hodnote dvojnásobky, teda 0,40 m. Ďalšia neistota spočíva v automatizovanom meraní, fotogrametrická pracovná stanica automatizovane zbiera údaje na meračských snímkach.

Ďalším dôvodom v rozdieloch dosiahnutých výsledkov je práve hustota vstupných bodov s nadmorskou výškou. Vytvorený digitálny model reliéfu nám pri vyššom počte vstupných bodov zachová lepší priebeh a viac sa priblíži k skutočnému terénu v území. Namodelované výsledky a analýzy na ňom sú potom presnejšie.



Obr. 2. Porovnanie vypočítaných tried stupňov eróznej ohrozenosti pôd (SEOP).

Presnosť vstupných dát do DMR určených geodeticky je vyššia. Výsledky analýz takéhoto DMR vernejšie zachytávajú priebeh terénu, lepšie vykresľujú a zobrazujú areály územia s rôznou eróznou ohrozenosťou. Získavanie takýchto údajov je ale časovo a finančne náročné. Naproti tomu dáta fotogrametrické poskytujú DMR z obrovských území. Ak berieme v úvahu vyhotovenie ortofotomáp z celého územia Slovenskej republiky, môžeme tvrdiť, ak neberieme v úvahu lesné pozemky, na ktorých ohrozenie eróziou nesledujeme, že na poľnohospodárskom pôdnom fonde môžeme z týchto údajov vytypovať erózne ohrozené územia. Kvalitou sú pre tieto práce vhodné aj tieto údaje.

Analýzy DMR predstavujú matematickú formuláciu rôznych procesov. Je nutné si ale uvedomiť, že výsledky vygenerované a zobrazované v mapovom podklade, poprípade v priestore sú vždy závislé od podkladov, na základe ktorých bolo DMR vyhotovené.

Referencie

1. ALENA, F. *Stanovenie straty pôdy eróznym splachom pre navrhovanie protieróznych opatrení. Metodická pomôcka*. ŠMS 1986, Bratislava.
2. JANEČEK, M. a i. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1992. Praha.
3. MUCHOVÁ, Z. KONC, L. Vybrané aspekty spracovania pozemkových úprav. *Veda mladých 2005 III. Medzinárodná vedecká konferencia : zborník vedeckých príspevkov, Galanta – Kaskády, 21. – 22. septembra 2005*. Nitra, 2005. ISBN 80-8069-585-7. S. 89 - 95
4. ŠIMONIDES, I. Tvorba mapy potenciálnej erózie pôdy pre pozemkové úpravy. *Zborník konferencie Enviro Nitra 99*. Nitra, 1999.
5. ŠINKA, K. Tvorba hydrologických podkladov pre návrh protieróznych opatrení v krajine v prostredí GIS. *Enviro i fórum 2008. Odborné fórum o environmentálnej informatike*. 10. – 12. jún 2008. Zvolen, 2008. ISBN 978-80-88850-53-0

Príspevok vznikol za podpory grantového projektu VEGA 1-4404/07 a GA SPU 743/04200.