

Některé možnosti topografického a hydrologického modelování v Idrisi Kilimanjaro

Vladimír Židek

Klíčová slova: topografické modelování, hydrologické modelování, DMT, GIS, malá povodí

Anotace

Příspěvek představuje některé možnosti topografického a hydrologického modelování, které systém Idrisi nabízí pro analýzu spojitých povrchů, především pro práci nad digitálním modelem terénu (DMT). Na příkladu Školního lesního podniku Křtiny se soustřeďuje především na operace, které umožňují detailně charakterizovat parametry odvodňovací sítě.

Úvod – topografické a hydrologické funkce nad DMT

Povodí představují jeden z reálných způsobů úplného členění prostoru, a řada přírodních jevů se k povodím vztahuje. Z topografického hlediska patří k hlavním komponentám povodí jeho topografický tvar a topologická struktura jeho odvodňovací sítě. (Podrobnější informace o malých povodích uvádí např. Krešl 1999.)

Kvantifikace těchto komponent manuálním způsobem je únavná a časově náročná. Automatizovaná nebo uživatelsky řízená determinace těchto komponent nad DMT je naproti tomu velmi efektivním způsobem aplikace analytických nástrojů GIS. Determinace odvodňovací sítě a s nimi spojeného hydrologického členění poskytuje důležitý první krok při tvorbě hydrologického informačního systému konkrétního území.

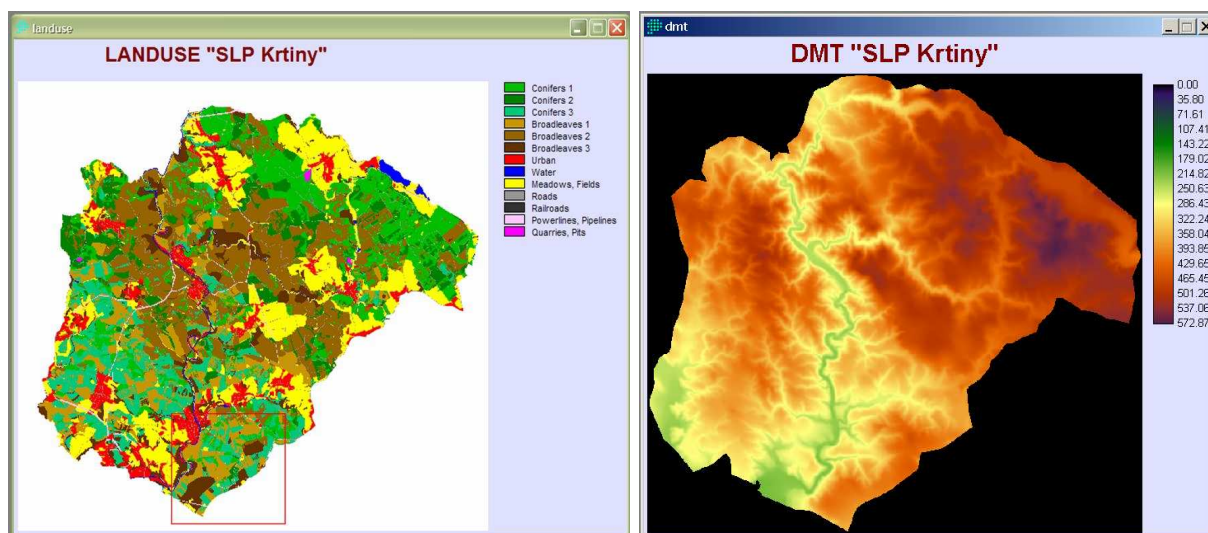
Topografické a hydrologické funkce v Idrisi Kilimanjaro

Topografické a hydrologické funkce v Idrisi Kilimanjaro jsou součástí rozsáhlé palety nástrojů pro analýzu povrchu. V nabídce GIS Analysis/Surface Analysis, která zahrnuje řadu algoritmů pro interpolaci, geostatistiku a pro výpočet topografických charakteristik, je k dispozici soubor modulů Feature extraction. Jejich operace umožňují stanovit některé charakteristiky povodí a identifikovat hlavní morfologické tvary reliéfu.

Zájmové území

Nejzajímavější algoritmy operací vycházející z analýzy povrchu jsme použili v areálu Školního lesního podniku „Masarykův les“ Křtiny (cca 10 400 ha), který je účelovým zařízením MZLU v Brně. Pro základní orientaci v území je důležitá **mapa využití krajiny** (soubor Landuse), která vznikla na podkladě hospodářské mapy, ortofotosnímků a SMO 1:5.000 pro cvičení z předmětu „Základy GIS“ na LDF MZLU v Brně (Klimánek 2004). Základem se stala vektorizovaná hospodářská mapa ŠLP Křtiny pro období 1993-2002. Informace o využití krajiny na ploše pozemků určených k plnění funkcí lesa byly získány z dat numerické části LHP a následně klasifikovány dle cílových hospodářských souborů do 6

kategorií (3 jehličnaté a 3 listnaté kategorie, viz tab.1). Ostatní plochy mimo les byly klasifikovány za využití ortofota a SMO 1:5.000 do dalších 7 kategorií. Pro vlastní topografické modelování slouží **digitální model terénu** (soubor DMT) pro jehož vytvoření byly využity vrstevnice Základní mapy 1:10.000 v intervalu 10 m. Prostorovou interpolací bylo vytvořeno bodové pole v síti 5 x 5 m (cca 7,5 mil.bodů). Toto bodové pole bylo importováno do programu Idrisi - zde byla nejprve vytvořena nepravidelná trojúhelníková síť a z ní byl potom interpolován výsledný DMT (Klimánek 2004).



Protože často je potřeba pracovat ve velkém měřítku, použili jsme pro většinu zde popsaných operací pouze část zájmového území ŠLP Křtiny, a to jeho nejnižší oblast, do které patří především lokalita Hády (viz obdélník na mapě LANDUSE). Tento výřez je uložen v souborech HadyLanduse a HadyDMT.

Výsledky aplikace topografických a hydrologických funkcí na ŠLP Křtiny

Výpočet hranic a plochy povodí (modul WATERSHED)

Velikost povodí má význam především pro zjišťování jeho ohrožení přívalovými dešti s velkou intenzitou a krátkou dobou trvání.

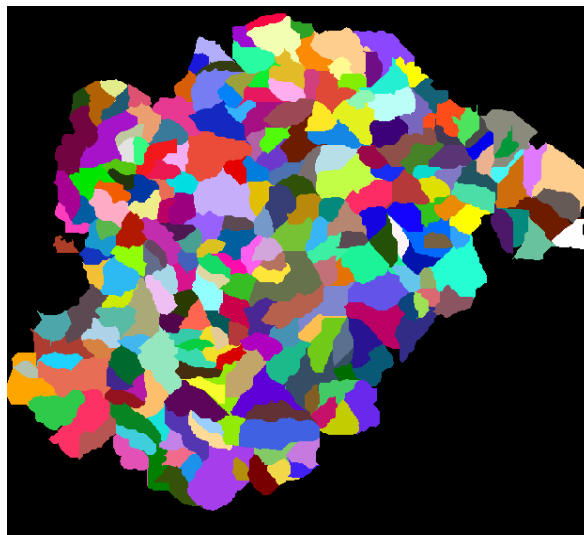
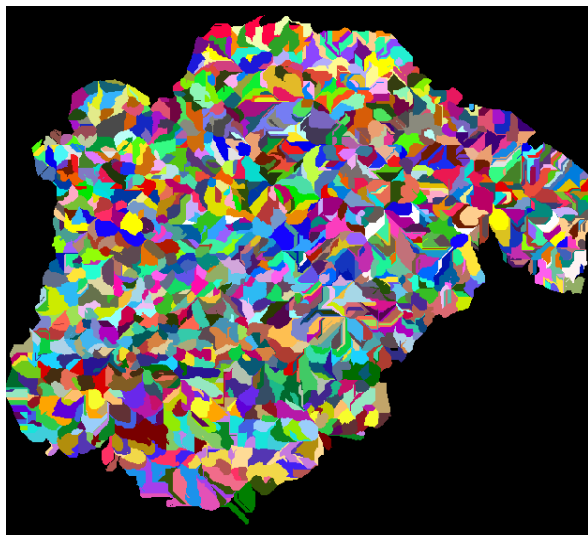
Pro výpočet povodí existují v Idrisi dvě metody:

a) Automatizovaná

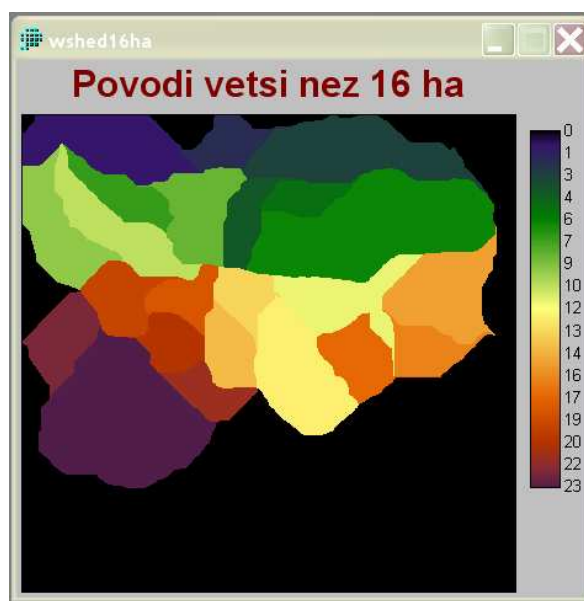
Tato metoda identifikuje povodí o definované minimální velikosti v celém snímku.

- Minimální prahová hodnota pro výpočet je definována minimálním počtem pixelů. Chceme-li tuto hodnotu definovat v metrických jednotkách, musíme znát velikost pixelu ve snímku. V našem případě se jedná o hodnotu 5m. Pokud není tato velikost uvedena v metadatech, lze ji zjistit na základě rozdílu souřadnic x nebo y, který podělíme počtem řad nebo sloupců.

- Na základě stanovené prahové hodnoty (v ha, km²) modul WATERSHED rozčlení zájmové území na dílčí povodí o definované velikosti, se kterou je možno experimentovat.



ŠLP Křtiny – mapa lokálních povodí do 1 km² [modul WATERSHED]



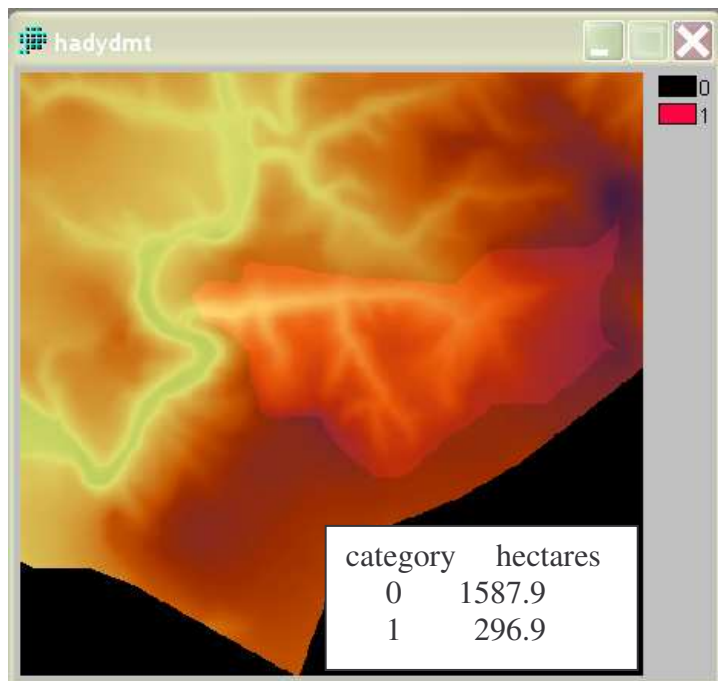
ŠLP Křtiny – mapa lokálních povodí pro lokalitu Hády [modul WATERSHED]

b) Interakční

Při ní uživatel vytvoří uzávěru (seed image) na vybraném místě odvodňovací sítě, a systém vypočte plochu povodí vztahující se k tomuto místu. Uzávěra se pohodlně vytvoří digitalizací linie na stanoveném místě, uložením tohoto objektu ve vektorovém tvaru, a transformací objektu do rastrového formátu.

- Uzavírací objekt (seed image) se vytváří na tom místě (profilu) odvodňovací sítě, pro které chceme výpočet povodí realizovat.
- Prakticky lze snadno provést tak, že se digitalizací na obrazovce vytvoří linie, která se uloží jakožto nový vektorový soubor.
- Tento liniový soubor se převede do rastrového tvaru modulem RasterVector. (K vytvoření nového rastrového souboru slouží modul INITIAL, do kterého se zadají parametry formátem odpovídajícího souboru.
- Modul WATERSHED spuštěný se příslušným souborem digitálního modelu terénu souborem a s volbou Provide seed image, pak vypočte hranice odpovídajícího povodí a vytvoří výstupní obrazový soubor.

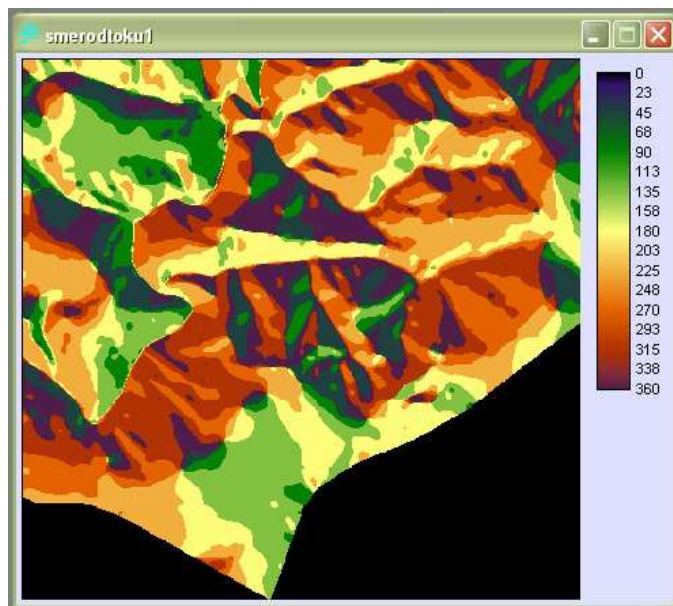
Pro Těsnohlídkovo údolí, které je významným rekreačním zázemím města Brna, byla uvedeným způsobem zjištěna plocha povodí 297 ha. Obdobně lze popsanou operaci realizovat na kterémkoli profilu odvodňovací sítě.



Plocha povodí Těsnohlídkova údolí

Zjištění směru povrchového odtoku pro lokalitu Hády (modul FLOW)

- Při výpočtu se zdává vstupní soubor DMT a definuje se název výstupního. Lze použít volbu odstraňující dílčí bezodtoké deprese (Perform pit removal) a definovat hodnoty pozadí, které se nemají zpracovávat.
- Modul FLOW vypočte a zobrazí pro stanovené území příslušné směry povrchového odtoku. Pro lokalitu Hády připadá největší plocha (216.3 ha) pro směr 225°, tj. JZ, viz následující obrázek.



category	ha	category	ha
0	432.88	225	216.32
45	136.01	270	202.28
90	100.18	315	236.57
135	173.68	360	173.76

Směry povrchového odtoku v lokalitě Hády

Výpočet povrchového odtoku (modul RUNOFF)

U malých povodí je povrchový odtok ovlivňován charakterem povodí, jeho geofyzikálními vlastnosti - především retenční schopností půdy, a způsobem obhospodařování. Povrchový odtok je veličinou, která rozhodující měrou podílí na vzniku vodních přívalů (Krešl 1999).

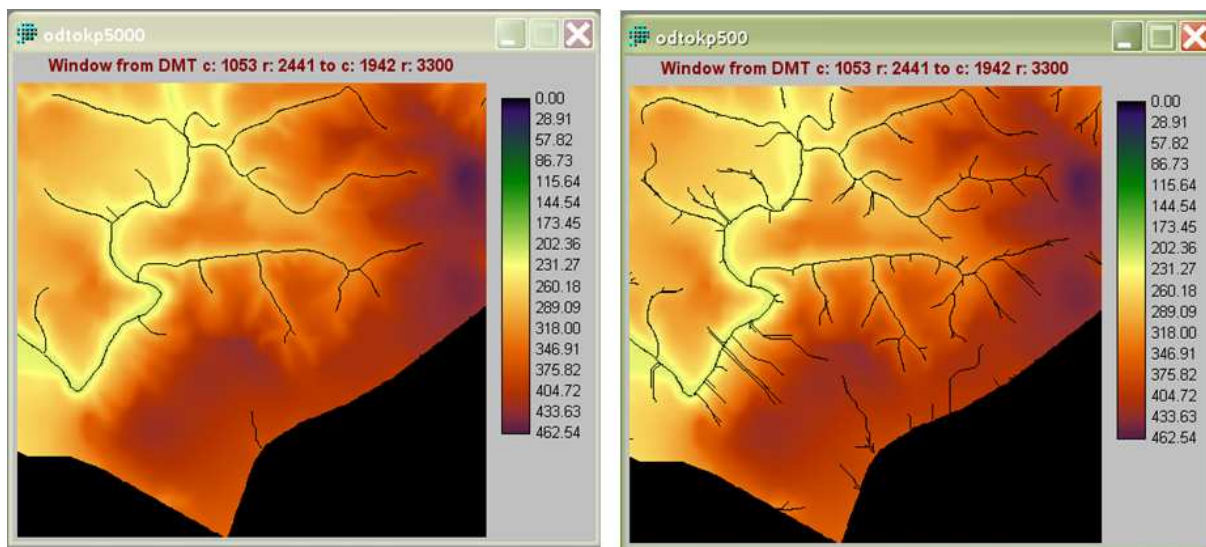
V nejjednodušší variantě lze povrchový odtok zjistit základní variantou modulu RUNOFF. V této variantě se předpokládá, že na každý pixel terénu dopadne jednotka srážek a počítá se akumulace srážkových jednotek (per pixel) na základě příslušného DMT.

Modul RUNOFF nejprve zjišťuje směry povrchového odtoku a potom počítá odpovídající kumulované úhrny srážkové vody.

Tento výpočet povrchového odtoku může být upřesněn využitím pomocných souborů srážek a propustnosti půdy, které lze do algoritmu začlenit jako samostatné dílčí soubory.

Pixel souboru HadyDMT má rozlišení 5 m, jeho plocha je tedy 25m². V základní variantě modulu RUNOFF (se zanedbáním půdní retence) dopadne na každý pixel 25 l srážek. Nejvyšší zjištěná hodnota 439.4 m³ ve výstupním profilu pak znamená, že spadne-li na území 1 mm srážka, projeví se to ve výstupním profilu odtokem cca 439.4 m³.

Reklasifikací výsledného souboru Odtok (definováním prahové hodnoty, která se bude zobrazovat) lze získat strukturu odvodňovací sítě území o různé úrovni podrobnosti. Po transformaci výsledného souboru do vektorového formátu a zobrazení výsledné vrstvy nad DTM obdržíme názorný grafický výstup



Odvodňovací síť v lokalitě Hády (práh zobrazení 5m³ a 0.5m³)

Při modifikaci souboru Odtok přirozeným logaritmem se minimálními hodnotami použité palety zobrazují rozvodnice.

Výpočet eroze půdy proudící vodou (modul RUSLE)

Modul RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) počítá erozi půdy na základě rovnice popsané v USDA Agricultural Handbook, Number 703.

$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ [t.ha-1.rok-1], kde

A - průměrná roční ztráta půdy,

R - faktor erozní účinnosti deště, K - faktor erodovatelnosti půdy,

L - faktor délky svahu, S - faktor sklonu svahu,

C - faktor vegetačního krytu a osevního postupu, P - faktor protierozního opatření

K výpočtu je nutný DMT, obrazový soubor srážek R, obrazový soubor faktoru erodovatelnosti půdy K, obrazový soubor půdního krytu C a obrazový soubor faktoru protierozního managementu P.

Dále je nutno stanovit prahové hodnoty pro sklon svahu, expozici svahu, délku svahu a nejmenší velikost plošek (patch). Prahové hodnoty sklon a expozice svahu slouží k rozdělení topografického povrchu do homogenních plošek.

R - faktor erozní účinnosti srážek se vyjadřuje v závislosti na četnosti jejich výskytu, kinetické energii, intenzitě a úhrnu

K - faktor erodovatelnosti půdy vyjadřuje vliv kvality půdy na její odolnost vůči dopadajícím dešťovým kapkám a proudící vodě a vliv velikosti infiltrace na množství povrchového odtoku

LS - faktory svahu vyjadřují vliv nepřerušené délky svahu a vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy

C - faktor vegetačního krytu a osevního postupu vyjadřuje ochranný vliv vegetačního pokryvu, v závislosti na druhu a vývoji vegetace a použité agrotechnice. Velikost faktoru C se stanoví jako poměr zjištěného smyvu půdy na pozemku s pěstovanými plodinami (vegetací) ke smyvu na pozemku s kypřeným černým úhorem (kde $C = 1$) při stejných ostatních podmínkách. Hodnoty v intervalu 0–1.

P - faktor účinnosti protierozních opatření zahrnuje organizační opatření, technická opatření, agrotechnická a vegetační opatření.

Velikost faktoru P se stanoví jako poměr zjištěného smyvu na pozemku s použitým protierozním opatření ke smyvu na standardním pozemku. Hodnoty v intervalu 0–1.

Aplikace výpočtu RUSLE pro zalesněná povodí je dosud ve stádiu experimentálního ověřování (Suk 2005).

Identifikace morfologických tvarů reliéfu (modul TOPOSHAPE)

Modul TOPOSHAPE klasifikuje obraz digitálního modelu terénu do jedenácti morfologických tvarů reliéfu: peak, ridge, saddle, flat, ravine, pit, konvex hillside, saddle hillside, slope hillside, concave hillside, inflection hillside. Česky: vrchol, hřeben, sedlo, plošina, strž, deprese, konvexní svah, svah v sedle, úbočí, konkávní svah, inflexní část svahu. Uživatel si tak může učinit představu o morfologii území dříve, než ho osobně navštíví. Není ovšem vyloučeno, že se skutečnost bude od digitální klasifikace morfologických tvarů v některých ohledech lišit.

Algoritmus pro odvození tvarů reliéfu je založen na údajích, které publikoval Pellegrini (1995).

Další možnosti

Nezmínili jsme zde klasické operace topografického modelování nad DMT, jako jsou výpočty sklonitosti a expozice svahů, výpočet vrstevnic nebo analytické stínování reliéfu, protože tyto možnosti dnes poskytuje většina komerčních GIS.

Za zmínku ovšem stojí ještě několik dalších zajímavých modulů pro analýzu povrchu, které jsou v Idrisi Kilimanjaro implementovány:

Modul **PIT REMOVAL** vytváří DMT bez bezodtokých depresí (pits), které by mohly komplikovat práci s modulem povrchového odtoku.

Modul **SLOPELENGTH** zjišťuje nejvyšší délku svahu ve stanoveném regionu. Hodnota této maximální délky svahu se pak přiřazuje každému pixelu uvedeného regionu.

Modul **CURVATURE** počítá maximální změnu polynomického povrchu v každém okně o velikosti 3x3 pixely.

Modul **FRACTAL**, jakožto texturální operátor, vypočítává fraktální rozměr povrchu (na základě výpočtu sklonitosti) pomocí vztahu (Eastman 2003):

$$\text{Fractional Dimension} = \frac{\log(2)}{\log(2) + \log\left(\sin\left(\frac{180 - \text{slope}}{2}\right)\right)}$$

Závěr

Operátory pro analýzu povrchu v systému Idrisi Kilimanjaro poskytují uživateli řadu velmi užitečných nástrojů, umožňujících zjišťovat nejdůležitější prostorové charakteristiky sledovaného území. Ty lze velmi dobře uplatnit při ekologických a hydrologických analýzách na různé úrovni detailu.

Kromě uvedených modulů je pro pokročilé uživatele k dispozici také grafické prostředí **Spatial Dependence Modeler**, které zprostředkovává pohodlný přístup k programu geostatistického modelování, predikce a simulace **Gstat**. Gstat je volně dostupný pod GNU General Public License na stránkách www.geog.uu.nl/gstat/. Modifikace zdrojového kódu Gstat pro Idrisi jsou umístěny na www.clarklabs.org.

Literatura

- Eastman J.R., 2003: IDRISI Kilimanjaro, Guide to GIS and Image Processing. Clark University, Worcester.
- Klimánek M., 2004: MapServer ve výuce GIS na LDF MZLU v Brně. Sborník konference Informační systémy pro zemědělství, lesnictví a rozvoj venkova – nově rozšířená EU. CD. České centrum pro strategická studia, Praha.
- Krešl J., 1999: Vliv lesa na utváření odtoku při přívalových a dlouhotrvajících deštích. Lesnická práce 78 (1999), č. 11, 501-503.
- Pellegrini G. J., 1995: Terrain Shape Classification of Digital Elevation Models using Eigenvectors and Fourier Transforms; UMI Dissertation Services.
- Suk P., 2005: Možnosti kvantifikace erozního ohrožení půdy v GIS Idrisi. Prezentace SVOČ, ÚGT MZLU Brno.
- Zidek V., Klimánek M., 2004: Geospatial Technologies in Czech Forestry and Landscape Management Students Education. Proceedings of the 4th European GIS Education Seminar, 2nd –5th September 2004, CD, paper 08. School of Geoinformation, Carinthia Tech Institute, Villach, Austria.

Příspěvek vznikl jako součást řešení výzkumného záměru Lesnické a dřevařské fakulty MZLU Brno č. MSM 6215648902

Kontakt:
Prof. Vladimír Židek
Ústav geoinformačních technologií
LDF MZLU v Brně
e-mail: zidek@mendelu.cz