

## Využitie modulu ModelBuilder v hydrologickom modelovaní

Hurčíková Viera · Informačné technológie

09.11.2015



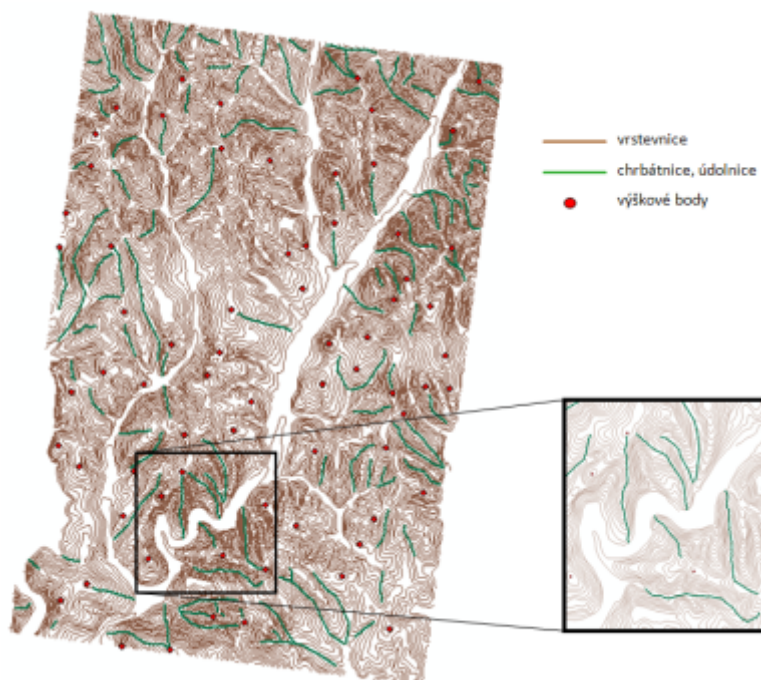
Článok je zameraný na popis tvorby nástroja, slúžiaceho na riešenie základných hydrologických analýz, s využitím softvéru ArcGIS. Príspevok popisuje proces vytvárania a funkcionality vlastného nástroja. Ako vstup pre tento nástroj slúžia vrstvy popisujúce priebeh reliéfu ľubovoľného záujmového územia. Výsledkom sú výstupné rastrové vrstvy popisujúce hydrologické pomery v danom vybranom území.

### Úvod

Pri analyzovaní určitej lokality z hľadiska hydrologických pomerov sa v súčasnej dobe využívajú analytické nástroje geografických informačných systémov (GIS). Vzhľadom na to, že proces analyzovania určitého územia je pre akékoľvek záujmové územie vždy rovnaký, vzniká snaha do určitej miery tento proces zautomatizovať. Toto je možné realizovať taktiež pomocou špeciálnych nástrojov a aplikácií, ktoré GIS poskytujú. Postupy a nástroje týchto aplikácií nám vo veľkej miere umožňujú zrýchliť a zefektívniť celý proces analýz a tiež proces vytvárania výstupov.

### Vstupné dáta

Ak potrebujeme určitú lokalitu analyzovať z hľadiska hydrologických pomerov, potrebujeme mať k dispozícii digitálny model reliéfu tejto lokality.



Obr. 1 Vstupné dáta

Kvalita digitálneho modelu reliéfu v plnej miere závisí na kvalite vstupných dát. Akákoľvek nepresnosť vo vstupe má za následok chyby v modeli reliéfu, ktoré sa následne prenesú do všetkých analýz nad modelom vykonávaných. Tieto chyby svojou prítomnosťou v modeli znehodnocujú celý proces analýzy vybraného územia, keďže výsledné výstupy nezodpovedajú modelovanej skutočnosti [1, 5]. Vstupné dáta môžeme získať rôznym spôsobom. Najjednoduchším a zároveň ekonomicky najmenej náročným spôsobom získania vstupných dát je vektorizácia analógových mapových podkladov. Ďalším spôsobom je získanie vstupných dát priamym meraním v teréne, či už pomocou leteckej fotogrametrie, skenovania, alebo použitím geodetických metód. Použitá metóda v tomto prípade závisí od požadovanej presnosti, veľkosti analyzovaného územia a finančných zdrojov.

V tomto prípade sme ako vstupné dáta použili dáta získané vektorizáciou. Boli vytvorené tri základné vrstvy a to vrstva zobrazujúca vrstevnice, vrstva zobrazujúca výškové body a nakoniec vrstva predstavujúca tzv. kostru terénu, teda vrstva, ktorá obsahuje chrbátnice, údolnice, hrany, tvarové čiary, atď. Ide o čiary ktoré predstavujú napr. styky častkových terénnych plôch, čiary na ktorých priebeh terénu výrazne mení smer alebo sa láme. Jednotlivým prvkom v každej vrstve boli priradené priestorové výšky podľa mapového podkladu. Výsledné vrstvy pripravené na ďalšie modelovanie a analýzy sú zobrazené na obr. 1.

### Digitálny model reliéfu

Na základe takto vytvorených vstupných vrstiev bolo možné vytvoriť digitálny model reliéfu typu TIN použitím softvéru ArcGIS a jeho nadstavby 3D Analyst. Zoznam vytvorených vrstiev s uvedením, názvu, typu vrstvy a popisu obsahu jednotlivých vrstiev je uvedený v tabulke 1.

Tab. 1

názov vrstvy	typ vrstvy	popis
body	bodová	výškové body
kostra	líniová	kostra terénu (chrbátnice, údolnice, hrany)
vrstevnice	líniová	vrstevnice

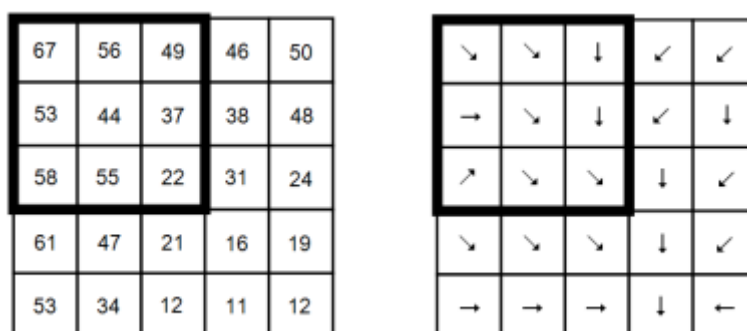
TIN (Triangular Irregular Network; nepravidelná trojuholníková sieť) je štruktúra vyvinutá ako presný a účinný prostriedok pre reprezentáciu reliéfu terénu. TIN môže byť zobrazený ako množina nepravidelných trojuholníkov, ktoré spájajú body reliéfu do spojitaj plochy. Digitálny model reliéfu typu TIN sa niekedy označuje ako vektorový digitálny model. Výhodou TIN je, že vedie k lepšej reprezentácii reliéfu pri menších nárokoch na počítačovú pamäť a zároveň, generovanie TIN reprezentácie reliéfu je rýchle. TIN navyše môže reprezentovať takmer akýkoľvek povrch, vrátane nepravidelných hraníc a strmých povrchov. Rozlíšenie detailov reprezentovaného povrchu je obmedzené iba rozlíšením pôvodných dát [3].

### Základné hydrologické analýzy

Pri týchto analýzach je cieľom zistiť odtokové pomery modelovaného územia, odvodiť priebeh siete povrchového odtoku, zistiť plochy povodí a priebehy rozvodníc a podobne. Obvykle sa tieto analýzy vykonávajú nad modelom typu grid, ale je možné ich realizovať aj nad vektorovým modelom.

#### Určenie smeru odtoku vody

Ako náhle kvapka vody dopadne na terén, začne po ňom stekať v smere najväčšieho sklonu. Smer a veľkosť sklonu svahu je možné odvodiť z gridu. Predpokladá sa stekanie v jednom z ôsmich smerov. Algoritmus prehľadá vyznačené okolie bunky, určí najväčší spád a výsledný smer uloží do rastra smeru odtoku z bunky (obr. 2).



Obr. 2 Určenie smeru odtoku

#### Depresie

V prírode sa depresie vyskytujú napr. ako jazerá apod. Modelovacie softvéry obvykle ponúkajú funkciu detekcie týchto depresií. Niektoré programom nájdené depresie však bývajú iba chybami v generovanom gride a je potrebné ich vyplniť.

#### Odvodňovacia sieť

Časť vody, ktorá spadla na povrch v podobe zrážok, steká pôsobením zemskej

gravitácie v smere najväčšieho sklonu. Pomocou gridu s informáciou o smere stekania vody a o akumulácii vody, alebo pomocou reklasifikácie, vieme identifikovať bunky, ktoré budú reprezentovať odvodňovaciu sieť.

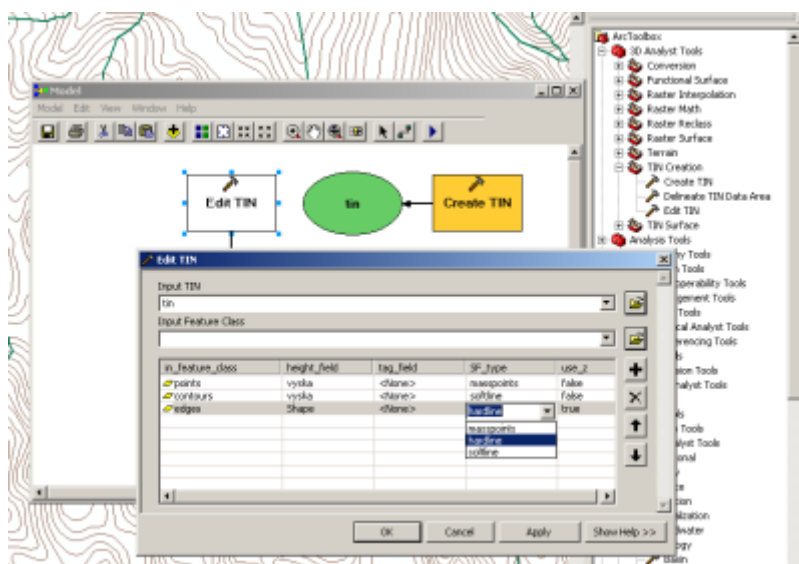
### Analýza povodia

Povodie je reprezentované oblasťou reliéfu, z ktorej stekajú zrážky do zadaného bodu. Postupuje sa podobne, ako v prípade odvodňovacích sietí. Zvolí sa bunka reprezentujúca uzáverový profil a všetky bunky ležiace „proti smeru šípok“ predstavujú spádovú oblasť danej bunky, tzn. povodie [4].

### Model Builder

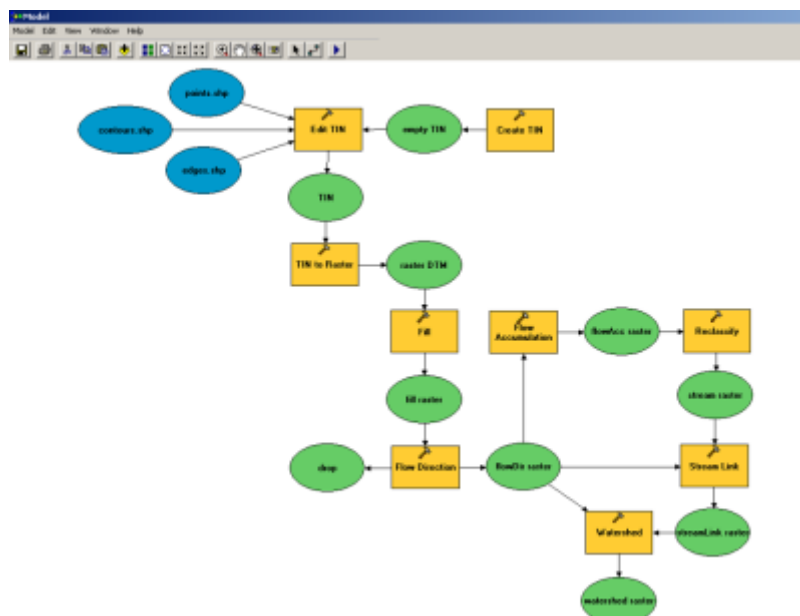
Ak by sme postupovali klasickým spôsobom, v jednotlivých krokoch by sme pomocou príslušných nástrojov a funkcií programu ArcGIS vytvorili digitálny model reliéfu a následne by sme tento model podrobili požadovaným analýzám. Pokiaľ by sme však chceli vstupné dáta pozmeniť, doplniť alebo analyzovať nové územie, museli by sme tento postup práce zopakovať po jednotlivých krokoch. Program ArcGIS však umožňuje navrhovať a vytvárať vlastné nástroje. Ak nie sme zdatní v programovacom jazyku VBA, pomocou ktorého je možné pre softvér ArcGIS vytvoriť nové aplikácie, ďalším zo spôsobov ako si v programe pripravíme vlastný nástroj je využitie modulu ModelBuilder.

ModelBuilder je aplikácia, ktorá umožňuje interaktívne vytváranie, editovanie a spravovanie modelov, ktoré slúžia na spracovanie geografických údajov, a ich ukladanie ako nové nástroje softvéru ArcGIS v ponuke nástrojov ArcToolbox. Vytvorené modely je možné zdieľať a tým ModelBuilder zároveň ponúka rozšírenie funkcionality softvéru ArcGIS [2]. Po aktivovaní nástroja ModelBuilder sa otvorí dialógové okno, ktoré umožňuje vkladanie jednotlivých funkcií, prácu s týmito funkciami ako aj prácu so samotným modelom. Funkcie sa vytvárajú graficky, prepojením vybraných nástrojov z ponuky ArcToolbox. ModelBuilder zobrazuje jednotlivé funkcie a súvislosti medzi nimi vo forme tzv. vývojového diagramu [6]. Pre každú vloženú funkciu môžeme následne špecifikovať požadované vstupné a výstupné parametre, tak ako to ukazuje obr. 3.



Obr. 3 Model Builder – vloženie nástroja

Na tomto obrázku sme práve do modelu vložili funkciu slúžiacu na editáciu TIN modelu. Tá predstavuje načítanie vstupných vrstiev, nastavenie polí v ktorých sú pre jednotlivé vrstvy priradené výškové údaje a nastavenie spôsobu, akým tieto vrstvy do modelu vstupujú. Napríklad, kým vrstevnice do modelu vstupujú ako „softlines“, pre kostru terénu je to vždy „hardlines“, čiže tzv. pevné hrany, na ktorých dochádza k prudkej zmene priebehu reliéfu. Vstupné vrstvy sú v modeli zobrazované modrou farbou.



Obr. 4 ModelBuilder - výsledný model

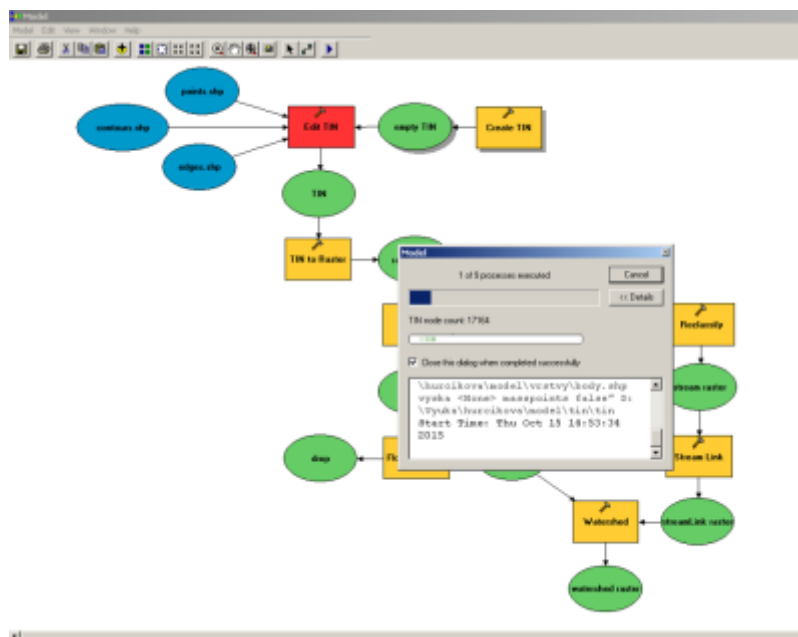
Po priradení príslušných parametrov pre danú funkciu, je táto funkcia aktívna a pripravená na použitie, čo sa v modeli automaticky prejaví vyfarbením poľa funkcie žltou farbou. Zelené pole zase predstavuje výstup z funkcie, ako napr. raster, tabuľka hodnôt, apod. Podobným spôsobom do modelu vložíme všetky požadované nástroje. Tieto nástroje sú v modeli zoradené tak, že výstup jedného nástroja predstavuje vstupnú hodnotu pre ďalší nástroj. Schéma vytvoreného nástroja v aplikácii ModelBuilder sa nachádza na obr. 4.

### Vytvorenie nástroja v aplikácii ModelBuilder

V prvom kroku bol vytvorený prázdny model typu TIN, ktorý bol naplnený príkazom Edit TIN. Vstupnými vrstvami boli už spomínané vrstvy body, kostra a vrstevnice. Následne bol model TIN konvertovaný na rastrový model typu grid, keďže postup analýz nad rastrovým modelom je matematicky jednoduchší a presnosť je dostačujúca. V ďalšom kroku boli v tomto modeli vyplnené lokálne depresie funkciou Fill, aby sa odstránili prípadné chyby v modeli. Ďalej nasledujú základné hydrologické analýzy, ako sú smer odtoku - Flow Direction, a na jeho základe akumulácia vody - Flow Accumulation. Funkciou Reclassify bol vytvorený raster predstavujúci odvodňovaciu sieť. Funkciou StreamLink sme raster predstavujúci odvodňovaciu sieť rozdelili na jednotlivé úseky tokov. K takto rozdeleným tokom sme funkciou Watershed vytvorili ich povodia.

Niektorým vybraným analytickým funkciám bola priradená požiadavka Add To Display, ktorej úlohou je pridať do zobrazenia novovytvorený výsledný raster. Pre túto

novovytvorenú vrstvu existuje možnosť priradenia spôsobu zobrazenia dát (angl. symbology), ktorý definuje napr. požadovanú farebnú škálu, hypsometrickú stupnicu, kartografické symboly, atď., tak aby výsledné vytvorené vrstvy spĺňali požiadavky kladené na kartografické výstupy.



Obr. 5 Model Builder – spustenie modelu

Takto vytvorený nástroj bol pripojený medzi štandardné nástroje softvéru ArcGIS v ponuke ArcToolbox a je pripravený na použitie pre ľubovoľné územie. Podmienkou funkčnosti sú korektne pripravené vstupné vrstvy. Spustením nástroja sa spustí proces, ktorého priebeh je zobrazený v dialógovom okne. Zároveň, práve spracovávaná funkcia je v schéme zobrazená zvýraznenou červenou farbou (obr. 5). Nástroj postupuje podľa jednotlivých za sebou nadväzujúcich funkcií, pričom pre vybrané funkcie automaticky pridá do zobrazenia novovytvorené vrstvy, podľa nastavených parametrov.

## Záver

Geografické informačné systémy obsahujú množstvo metód, postupov a nástrojov, ktoré sú nápomocné pri analyzovaní lokalít z hľadiska hydrologických pomerov. Cieľom práce bolo vytvoriť nástroj, ktorý zo vstupných vrstiev popisujúcich priebeh reliéfu, automaticky vytvorí výstupné rastrové vrstvy podľa zadaných požiadaviek. Na vytvorenie požadovaného modelu bol použitý modul ModelBuilder, ktorý predstavuje akúsi vizuálnu programovaciu aplikáciu vhodnú na vytváranie vlastných pracovných nástrojov, pomocou ktorých vieme riešiť špecifické úlohy.

Na základe týchto možností bola táto aplikácia použitá na vytvorenie nástroja, ktorý komplexne rieši problematiku posudzovania vybraného územia z hľadiska základných hydrologických analýz. Vytvorený nástroj bol zároveň priradený do ponuky nástrojov ArcToolbox, čím sa stal bežne dostupným a použiteľným na analyzovanie ľubovoľného územia. Ďalšou výhodou takto vytvoreného nástroja je, že vytvorený model je možné zdieľať prostredníctvom ArcGIS servera a tým umožniť použitie tohto nástroja aj iným užívateľom.

## Literatúra

1. Berry, J. K., Keck, W. M.: GIS modeling and analysis, Geography Department, University of Denver, 2005
2. ESRI, oficiálna webová stránka, 2006,  
<http://www.esri.com>
3. Hurčíková, V.: Terrain edges and their importance in digital terrain modeling, MMK 2014: International Masaryk Conference, Hradec Králové
4. Hurčíková, V.: Digitálne modely reliéfu, ES-FBERG, Košice 2011
5. Li, Z., Zhu, Q., Gold, Ch.: Digital terrain modeling - Principles and methodology, CRC Press, 2004
6. Pacina, J.: Prostorové analýzy nad oblasť Šumavských jezer, ZČU Plzeň,  
<http://grass.wz.cz/index.html>

---

Ústav geodézie, kartografie a GIS, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií,  
Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, Košice, Slovenská republika

---