VYŽITÍ GIS V HYDROLOGICKÉM MODELOVÁNÍ

Martin Adamec

Využití geografických informačních systémů pro přípravu vstupních parametrů (tvorba a analýza digitálního modelu terénu, příprava srážkových vstupů ze stanic a z radaru), kalibraci (analýza vegetačního krytu, půdních charakteristik…) a vizualizaci výstupů (mapy záplavových oblastí) distribuovaných a semidistribuovaných srážkoodtokových modelů.

Klíčová slova: srážkoodtokové modelování, geografický informační systém

Using of GIS in hydrological modelling. *Using of Geographical Information Systems for determinating parameters for inputs (like an analysis of Digital Elevation Model, preparing input datasets from precipitation gages and radar) and calibration (analysis of land cover, soil characteristics) of rainfall-runoff models and for output visualisation (inundation area maps).*

Key words: rainfall-runoff models, Geographical Information Systems

---

ÚVOD

Rozvoj matematického modelování hydrologických procesů naráží na problém získávání velkého množství údajů o velkém počtu dílčích povodí a odtokových linií, které jsou nezbytně třeba pro co nejlepší reprezentaci reálného stavu studovaného povodí. Většina těchto údajů je odvozena z některého, či z kombinace více prvků krajinné sféry. A právě v této oblasti může být užitečný systém „…zaměřený na sběr, ukládání, správu, analýzu, syntézu a prezentaci prostorových dat…“[3], neboli přesně takový systém, do kterého hydrologové zadají data a on jim dodá právě ty údaje, které potřebují – geografický informační systém (GIS).

V tomto článku bych se pokusil o nástin možností této spolupráce mezi GIS a hydrologickými modely na příkladu srážkoodtokového modelu HEC-HMS (semidistribuovaného modelu) a jeho extenze HEC-GeoHMS.

ÚDAJE O POVODÍ

Hydrografické údaje

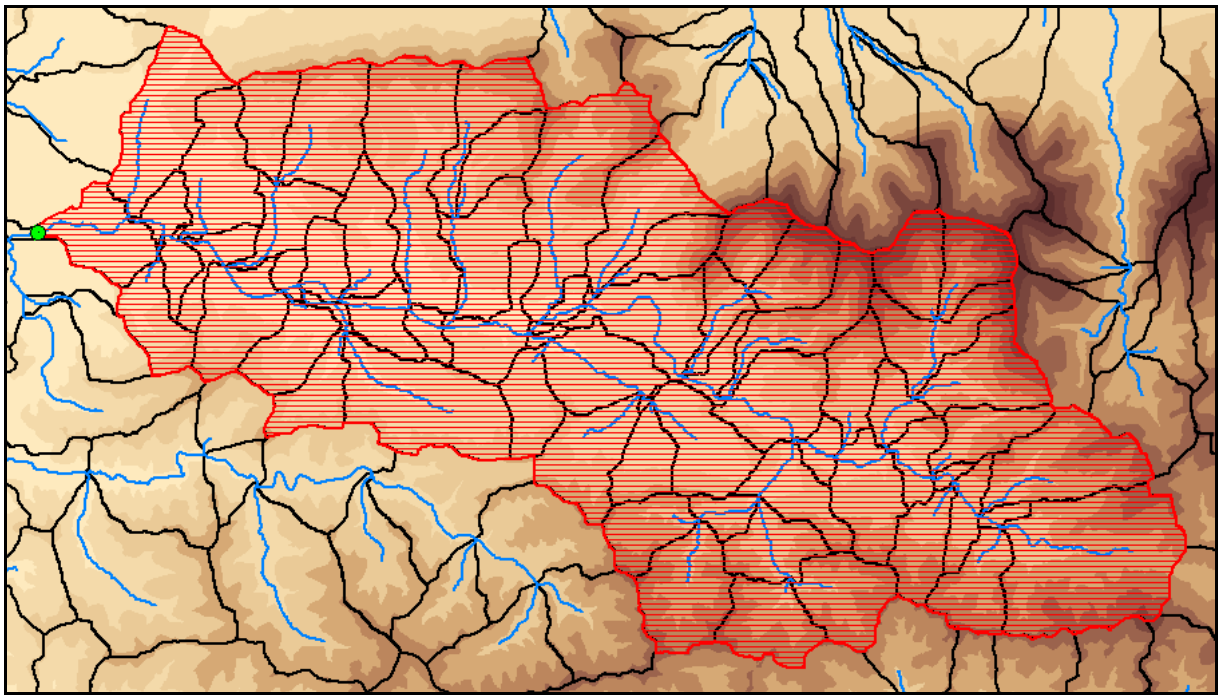
Schematizace povodí

První oblastí, ve které může být GIS nápomocný je zpracování povodí – tzn. definování povodí pro zvolený závěrový profil, jeho rozdělení do dílčích povodí a dílčích odtokových linií v podrobnosti jaká uživatele zajímá a následné převedení do schematizované podoby pro HEC-HMS buď jako lumped, semi-distributed nebo distributed model.

Celý tento proces se skládá z posloupnosti těchto kroků:

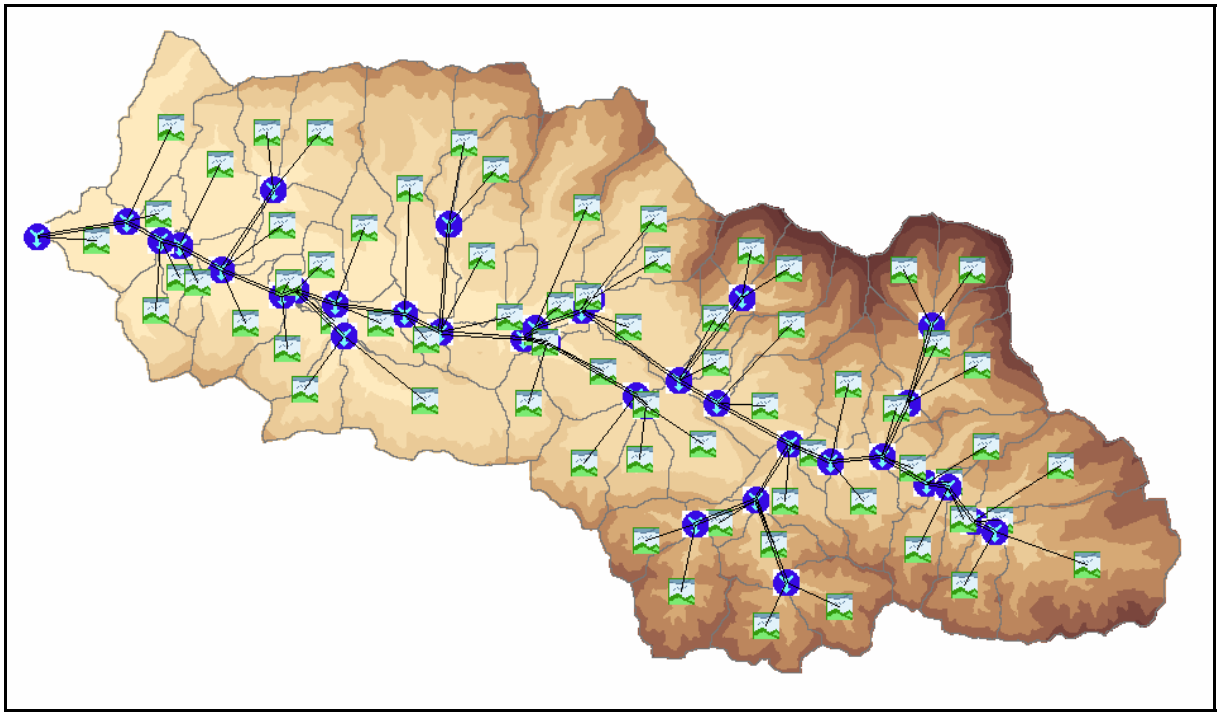
a) Tvorba digitálního modelu terénu (DEM).
b) Odstranění bezodtokých sníženin.
c) Definice odtokových linií z DEM.
d) Volba velikosti dílčího povodí.
e) Segmentace vodních toků.
f) Přiřazení dílčích povodí jednotlivým segmentům toku.
g) Oříznutí zpracovávaných dat dle povodí pro vybraný závěrový profil.
h) Schematizace povodí - nahrazení dílčích povodí centroidem a vodních toků jednoduchými liniemi, jejich jedinečné pojmenování a vybudování topologie.

Potřebná data: Reprezentace nadmořských výšek v povodí (vrstevnice, výškové body).



Obrázek 1 Zpracování povodí v HEC-GeoHMS. Kroky a) – f). Rožnovská Bečva po profil Valašské Meziříčí.

Fig. 1 Determinating of subbasins in HEC-GeoHMS. Points a) to f), Rožnovská Bečva basin to the Valašske Meziříčí outlet.



Obrázek 2 Zpracování povodí v HEC-GeoHMS. Kroky g) a h). Rožnovská Bečva po profil Valašské Meziříčí.

Fig. 2 Determinating of subbasins in HEC-GeoHMS. Points g) and h), Rožnovská Bečva basin to the Valašské Meziříčí outlet.

Výpočet parametrů dílčích povodí a toků

Další možností je výpočet parametrů z DEM a jejich přiřazení jednotlivým centroidům dílčích povodí a liniím reprezentujícím vodní toky.
Z DEM lze zjistit např. tyto parametry pro každé dílčí povodí:

- plocha
- obvod
- průměrná nadmořská výška
- průměrný sklon
- největší možná délka odtokové linie

a pro každý segment toku:

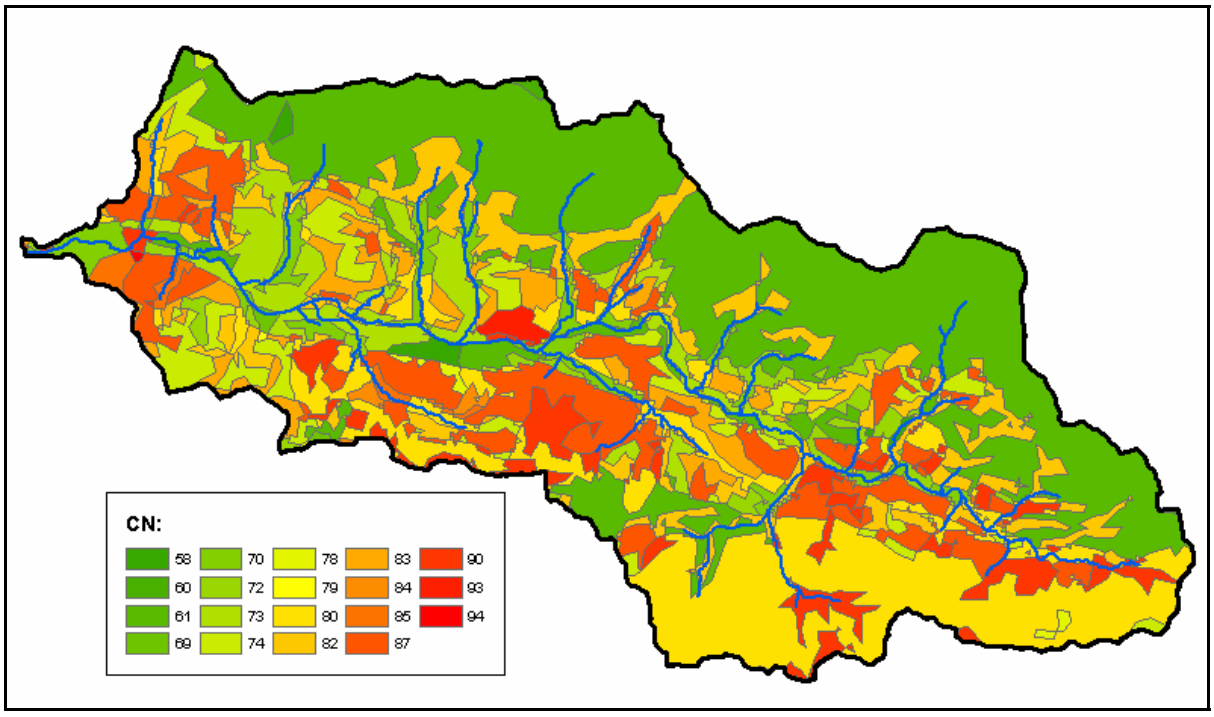
- délka
- sklon

Potřebná data: DEM

Údaje pro kalibraci modelu

Parametry půdního pokryvu a hydrologických vlastností půd

Tyto parametry se zadávají do modelu například pomocí CN křivek, jejichž hodnoty se odvozují na základě kombinace dat land-cover a propustnosti půdy představovanou hydrologických skupinou půd. Na základě jejich vzájemné lokalizace a daného vztahu dochází k výpočtu průměrné hodnoty CN pro každé dílčí povodí.
Potřebná data: údaje o land-cover (letecké snímky, NATURA 2000), údaje o propustnosti půdy.



Obrázek 3 Grid CN. Rožnovská Bečva po profil Valašské Meziříčí.

Fig. 3 CN (Curve Number) grid. Rožnovská Bečva basin to the Valašské Meziříčí outlet.

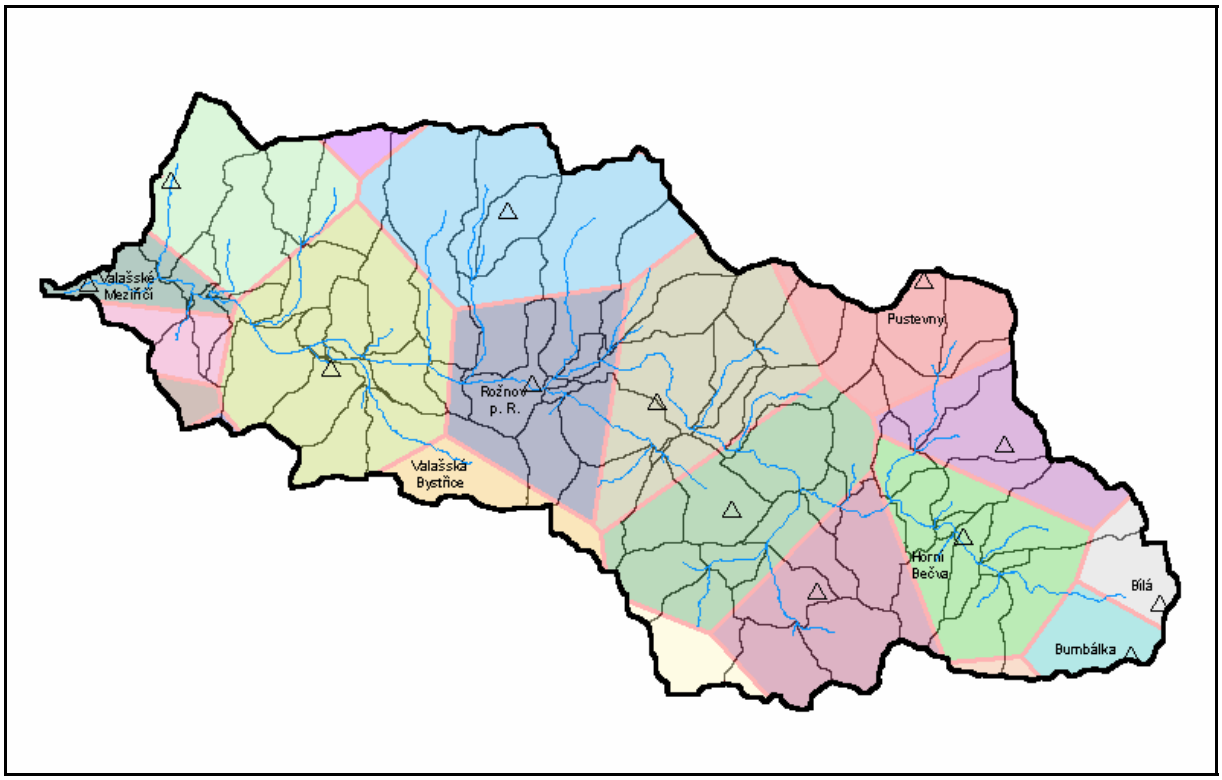
Další parametry

- Procento nepropustných ploch. Při zjišťování podílu nepropustných ploch v dílčím povodí dochází k prostorové operaci – výběru všech nepropustných ploch spadajících k danému dílčímu povodí, zjištění jejich celkové velikosti a vztažení k ploše dílčího povodí.
  Potřebná data: nepropustné plochy vybrané z dat land-cover.
- Počáteční ztráta. Výpočet počáteční ztráty odtoku v mm závisí na průměrné hodnotě CN v dílčím povodí.
  Potřebná data: zpracovaný grid CN
- Doba koncentrace. Doba, za kterou částice vody doteče z nejvzdálenějšího místa povodí do závěrového profilu
  Potřebná data: DEM.
- Doba dotoku. Čas od vypadnutí příčinné srážky na povodí do okamžiku výskytu kulminace v závěrovém profilu – možnost výpočtu více metodami
  Potřebná data: DEM.
- Koeficient retence. Doba zdržení vody v povodí.
  Potřebná data: DEM.

METEOROLOGICKÉ ÚDAJE

Srážkoměrné stanice

Při zpracování údajů ze srážkoměrných stanic dochází k přiřazení každého dílčího povodí k jednotlivým stanicím dle příslušnosti největší části plochy povodí k Thiessenovu polygonu pro danou srážkoměrnou stanici. Výpočet Thiessenových polygonů je možno usnadnit extenzí „Create Thiessen Polygons“ [1] pro ArcView 3.x, která je k dispozici na stránkách uživatelské podpory fy ESRI.



Obrázek 4 Thiessenovy polygony pro jednotlivé srážkoměrné stanice. Rožnovská Bečva po profil Valašské Meziříčí.

Fig. 4 Thiessen polygons determinated to precipitation gauge stations. Rožnovská Bečva basin to the Valašské Meziříčí outlet.

Radarové odhady

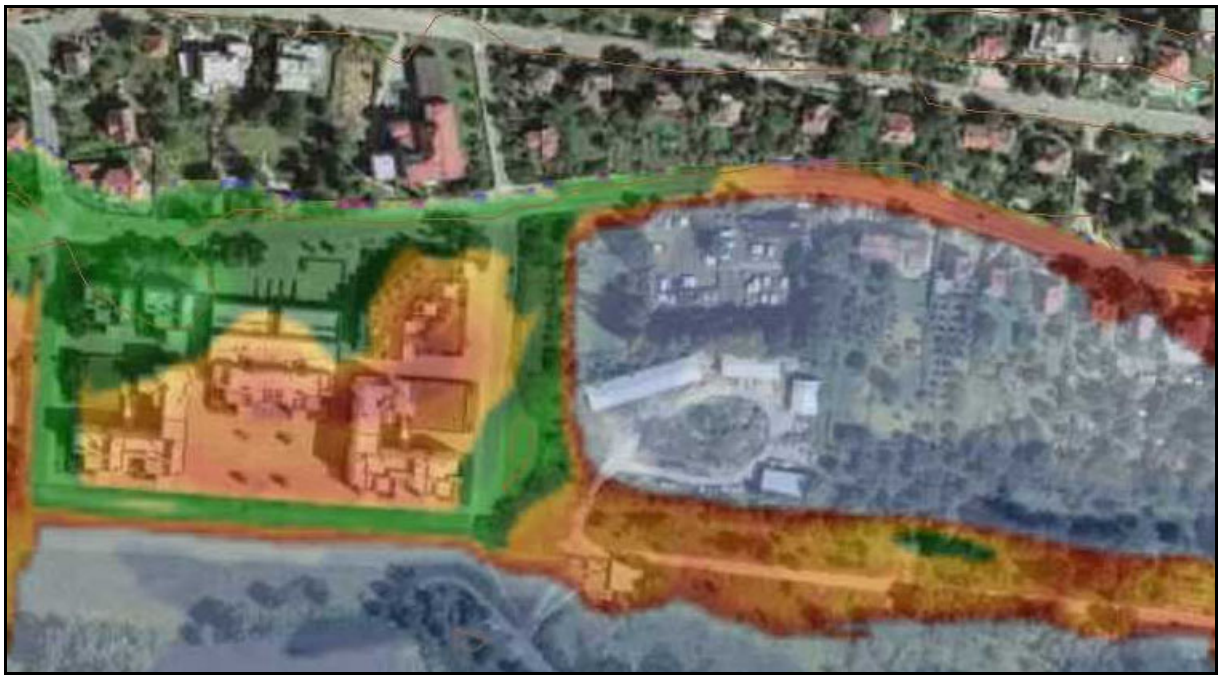
Při zpracování kombinovaných radarových odhadů srážek dochází k výpočtu průměrné srážky spadlé na dané dílčí povodí z gridových radarových odhadů (z gridu o velikosti buňky1x1 km nebo 9x9 km), nebo k výpočtu a přiřazení této hodnoty Tiessenovu polgonu příslušné srážkoměrné stanice.

VIZUALIZACE VÝSLEDKŮ

Geografické informační systémy také umožňují vizualizovat výsledky hydrologického modelování. Tato operace předpokládá zpracování výsledků srážkoodtokového modelování v aplikacích pro 2D modelování proudění vody v korytech a v okolí vodních toků. Získané výšky vodního sloupce nad terénem (převážně pro povodňové průtoky) je možné zobrazit dvěma způsoby:

Mapy inundačních oblastí

Zmíněné výšky vodního sloupce nad terénem jsou statistickými metodami rozklasifikovány do intervalů s požadovanou šířkou a následně vyjádřeny metodou barevné batymetrie a doplněny izobátami, s možností nastavení různé míry průhlednosti tak, aby byl viditelný zvolený podklad, kterým mohou být topografické mapy, plány měst nebo ortofotomapy.
Výslednou mapu je možné zveřejnit na internetu pomocí služeb mapových serverů.



Obrázek 5 Příklad vizualizace - mapa hloubek záplavy s 50% průhledností a s ortofotomapou na pozadí, publikovaná na mapovém serveru. Převzato z Atlasu životního prostředí v Praze.

Fig. 5 Vizualization of transparent inundation map with ortofotomap on beckground. Publicated with map server services.. Adapt from Atlas životního prostředí v Praze (Atlas of environmet in Prague).

3D vizualizace

Další možností, jak si udělat představu o výšce a rozsahu záplavy a o aktuálnosti ohrožení dalších míst je 3D vizualizace terénu pokrytého ortofotomapou či jiným mapovým podkladem. V případě dostatečně přesného 3D modelu obydlených oblastí je možné vidět v jaké oblasti a do jaké výšky budou budovy zaplaveny a rychle rozhodnout o nutnosti evakuace.

ZÁVĚR

Jak si již čtenář, který dočetl až sem, jistě udělal představu, spolupráce GIS a hydrologických modelů může jednak ušetřit hodně času při stavbě modelu a jednak podstatně zpřesnit získávané parametry.
Snad všichni výrobci softwarových produktů určených pro modelování hydrologických procesů pochopili možnosti a dnes již téměř nezbytnost této spolupráce a dodávají prostředek, který umožňuje potřebné údaje v prostředí GIS získat a importovat do vlastního prostředí (např. modely MIKE či HEC využívají software fy ESRI). Někteří šli tak daleko, že svůj produkt postavili přímo v prostředí některého programového prostředku vhodného pro budování GISu (např. TOPMODEL nebo CASC2D v GRASSu).

Literatura:

1. Ammon, G. *Create Thiessen Polygons*. Extension for ArcView 3.x. Last Modified on Oct. 26 2000. [Dostupné na http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=10107, cit. 22. 6. 2005.]

2. Magistrát hl. m. Prahy. *Atlas životního prostředí v Praze*. 2003. [Dostupné na http://www.premis.cz/atlaszp/].

3. Rapant P. *Úvod do geografických informačních systémů*. VŠB – TU Ostrava, Skripta PGS, Ostrava, 2002.

4. Šercl, P. *Odvozování fyzicko-geografických charakteristik povodí v GIS*. Interní materiál CHMÚ, verze 2.0, Praha, 2004

5. US Army Corps of engineers. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS.* User´s manual, version 2.1. Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, 2001. [Dostupné na www.hec.usace.army.mil, cit. 17.6.2005.]

6. US Army Corps of engineers. *Geospatial Hydrologic Modeling Extension HEC-GeoHMS.* User´s manual, version 1.1. Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, 2003. [Dostupné na www.hec.usace.army.mil, cit. 17.6.2005.]

Autor

Martin Adamec, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF, OU Ostrava. Chittussiho 10, 712 00 Slezská Ostrava, e-mail: martin.adamec@osu.cz