

GIS V HYDROLOGII A HYDROLOGICKÉM MODELOVÁNÍ

Boris Šír¹, Peter Bobál², Jozef Richnavský³, Jan Unucka⁴

¹⁻³ Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 15/2172, 708 33, Ostrava, Česká republika, sir.boris@vsb.cz, peter.bobal@vsb.cz, jozef.richnavsky@vsb.cz

⁴ Institut geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 15/2172, 708 33, Ostrava, Česká republika, jan.unucka@vsb.cz

Abstract

Geographical information systems (GIS) play still stronger and stronger role in environmental practice. They offer wide spectrum of analytical tools and provide very effective way to manage and analyse geospatial data. One of the sphere of the environmental practice where GIS have strong position is hydrological modeling. The input data of hydrological models are geospatial data thus there is a close relation between GIS and hydrological models.

Key words

GIS, geographical information systems, hydrology, model

1 Úvod

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má dlouhou tradici úzkého sepejetí výzkumu s praxí. V poměrech České republiky je možno tuto univerzitu řadit mezi velké vzdělávací a výzkumné instituce, s čímž mimo jiné souvisí i množství řešených projektů napříč jejími sedmi fakultami. Za jednu ze stěžejních odborných problematik v celouniverzitním měřítku je však aktuálně možno považovat environmentální modelování a zejména pak modelování hydrologické na úrovni rutinního provozu.

Této široké oblasti je na VŠB věnováno poměrně hodně prostoru, problematika rutinního provozu hydrologických modelů je řešena ve spolupráci odborníků fakult Hornicko-geologické a Elektrotechniky a informatiky. Na Institutu geoinformatiky Hornicko-geologické fakulty se pak v posledních letech utvořila pracovní skupina doktorandů zabývajících se rozličnými oblastmi environmentálního modelování, zvláště pak modelování srážko-odtokového, hydrodynamického, dynamického erozního, modelování kvality vod i modelování ekologického.

Původní odbornost zapojených doktorandů je rozmanitá zahrnující geoinformatiky, geografy, geology, vodohospodáře či odpadové hospodáře. Společným jmenovatelem jejich zájmu jsou kromě již zmiňovaných modelů i různé geoinformační technologie, zejména pak geografické informační systémy (GIS), jež jako nástroj pro správu a analýzu prostorových dat výrazně zjednodušují práce při výstavbě používaných modelů. Následující text příspěvku bude

tedy věnován vztahu geografických informačních systémů s vědním oborem hydrologie a jejich funkci v procesu hydrologického modelování.

2 Teoretický úvod do problematiky hydrologie a geoinformatiky a GIS

Voda je nejdůležitější složkou přírodního prostředí a její funkční působení v krajině je nezastupitelné. Souhrnně řečeno je voda díky svým jedinečným fyzikálně-chemickým vlastnostem hlavním médiem metabolismu krajinné sféry. Zprostředkovává jak pohyb látek, tak i jejich nepřetržitou přeměnu a výměnu a s její přítomností se v různém množství a formách setkáváme napříč celým vertikálním profilem krajiny, přičemž z hlediska kvantity, dynamiky a přímého působení na socioekonomickou sféru nabývá výskyt vody maximálního významu na zemském povrchu a v jeho nejbližším okolí. I zde je však její časoprostorová distribuce značně variabilní.

Z pohledu člověka lze vodu chápat dvěma různými způsoby, a to jako nepostradatelnou surovinu a zdroj a nebo jako živel. V obou případech je však činnost člověka silně limitována přítomností vody.

Nahlížíme-li na vodu na jako již zmiňovanou surovinu, je její postavení v životě člověka klíčové. Role potřeby vody roste s mírou rozvoje společnosti a optimalizace získávání a racionálního využívání vodních zdrojů patří k nejdůležitějším sociálním a vědeckotechnickým problémům současnosti [4].

Přestože je celkové množství vody na Zemi považováno za stálé (viz [3], [4]) a voda je v dlouhodobém aspektu považována za zdroj nevyčerpatelný, v horizontu lidského života ztrácí toto tvrzení na pevnosti a s vodou je proto třeba uvědoměle hospodařit. Tato myšlenka nabývá na váze nejen zjemněním rozlišovací schopnosti časové, ale i prostorové a s přechodem z měřítek globálních do lokálních, kupříkladu povodí nižších řádů, je vyčerpatelnost vodních zásob stále zřetelnější.

Z výše uvedeného je zřejmé, že chápeme-li vodu jako zdroj, je pro nás určující jak její kvalita, tak i její kvantita. V případě, že na vodu nahlížíme jako na živel, zajímá nás spíše kvantita a dynamika jejího výskytu v krajině, zejména pak extrémní případy jako povodně a sucho.

Jelikož je voda jedním ze základních existenčních faktorů, byl člověk nucen pochopit zákonitosti jejího výskytu a funkcí v krajině. Toto poznávání se postupně rozvíjelo a od počátečních období pozorování vodních útvarů, jevů a procesů v hydrosféře, přes jejich první měření a kvantifikaci začínalo nabývat vědeckého charakteru, až se na přelomu předminulého a minulého století vyvinul samostatný vědní obor – hydrologie.

Existuje celá řada definic pojmu hydrologie jako vědy, které se mezi sebou liší více či méně v detailech, proto si vystačíme s jedinou – Bedientovou [1], která označuje hydrologii za multidisciplinární vědu studující výskyt, cirkulaci, akumulace a rozložení povrchové a podzemní vody na Zemi, a to s ohledem na fyzikální, chemické a biologické reakce mezi ní a přírodním, resp. antropogenním prostředím.

Důležitým bodem uvedené definice je, že hydrologie je naukou multidisciplinární, tedy integrující poznatky více vědních odvětví, a to jak přírodních, tak i technických. Hydrologie na jedné straně z jiných oborů čerpá (zejména přírodní vědy obecně), na straně druhé zásadním způsobem obohacuje jejich aplikační praxi a úroveň jejich poznání (environmentální inženýrství, vodní hospodářství, stavební inženýrství apod.). Výraznou měrou také přispívá ke zlepšování procesu rozhodování (územní a krajinné plánování, krizový management aj.).

V poněkud jiné rovině, než je tomu u výše zmiňovaných oblastí vědeckého bádání, lze poté spatřovat propojení hydrologie s dalším, poměrně mladým, vědeckým a technickým oborem, a to konkrétně geoinformatikou. Vztah těchto dvou věd je v poslední době stále těsnější a výsledky geoinformačního bádání a vývoje, tzv. geoinformační technologie, jsou stále více implementovány do každodenní hydrologické praxe. Geoinformatika tak jakožto velmi dynamicky se rozvíjející odvětví ulehčuje rutinní praktický život hydrologa a přispívá ke zefektivňování a operativnosti jeho rozhodování.

Hydrologie je vědou exaktní. Její závěry jsou postaveny na (v rámci dosavadních možností) přesných měřeních hydrometeorologických dat. Poloha těchto dat v geografickém prostoru je přesně definována (souřadnicemi stanice apod.), lze je tedy považovat za data prostorová, tzv. geodata. Těmi, dle Rapanta [6], rozumíme ta data, která se vztahují k určitým místům v prostoru a pro která jsou na potřebné úrovni rozlišení známy polohy těchto míst. Zpracováním a vyhodnocením těchto vstupních hydrometeorologických geodat vznikají hydrologické informace. Ty mohou být použity jako konečný výstup hydrologického výzkumu nebo se mohou opět zapojit do informačního procesu jakožto vstupní data dalších operací.

Prostorová data a informace generálně jsou na poli vědy i aplikace doménou již uváděné geoinformatiky a geoinformačních technologií. Dle Rapanta [6] rozumíme geoinformatikou vědecký a technický multidisciplinární obor, zabývající se zpracováním (v nejširším slova smyslu) a využíváním geodat a geoinformací pro potřeby rozhodování, plánování a správy zdrojů. Na geoinformační technologie poté stejný autor [6] pohlíží jako na specifické informační technologie určené pro zpracování geodat a geoinformací, jejich získáváním počínaje a vizualizací konče.

Máme-li být konkrétní, tak mezi geoinformační technologie (GIT) řadíme geografické informační systémy (GIS), dálkový průzkum Země (DPZ), globální polohové systémy (GPS), digitální modely reliéfu (DMR), lidar a jiné. Jistou míru využití v hydrologii nalezneme u každé z jmenovaných GIT, s ohledem na téma příspěvku a prakticky i na hloubku vztahu s hydrologií se budeme dále zabývat pouze aplikací GIS, neboli počítačových systémů orientovaných na zpracování geodat [6], a okrajově též DMR v hydrologii.

3 GIS v hydrologii a hydrologickém modelování

Pro vytvoření hrubé úvodní představy o fungování vztahu hydrologie, potažmo z ní vycházejícího vodního hospodářství, a GIS bychom s dovolením využili příkladu publikovaného Shamsim [7], jenž zní následovně: Jednou z největších výzev velkých měst v oblasti správy vodních zdrojů je kvalitní management informací o údržbě stávající a budování nové infrastruktury. To vyžaduje značné množství rozličných informací. Jsou-li informace klíčem k odstraňování problémů infrastruktury, pak prvním krokem k jejímu vylepšování by měl být vývoj informačního systému. GIS je právě zvláštním typem informačního systému, v jehož rámci jsou zdrojová data databází k prostoru vztažených prvků (Shamsi, 2002 In: [7]).

Jinými slovy téhož autora [7] je silnou stránkou GIS právě integrace jak geometrické a prostorové, tak tematické složky informací, což je ideální pro efektivní management vodohospodářské infrastruktury. K tomu je třeba si uvědomit fakt, že více než 80% veškerých informací užívaných ve vodním hospodářství a hydrologii je geograficky referencovaných [7].

Vydáme-li se v problematice o trochu hlouběji, tak jak tvrdí Rapant [6], jsou geoinformační systémy založeny na prostorových modelech umožňujících popsat (modelovat) rozložení objektů a jevů reálného světa v prostoru, jejich vlastnosti a vzájemné

vztahy a v některých případech dovolují modelovat i procesy reálného světa na objekty a jevy působící. Takový model je abstraktním systémem konceptů, mající vlastní přesně definovaný slovník k popisu objektů, jevů a procesů. Prostorový model je se svým slovníkem sto pracovat s prostorovými a případně i časovými aspekty objektů, jevů a procesů [6].

Sepjetí hydrologie a GIS se pak stále více upevňuje ruku v ruce se zaváděním zvláštního druhu prostorových modelů, hydrologických modelů, do rutinního hydrologického a vodohospodářského provozu. Jde právě o tu sortu modelů umožňujících popis procesů reálného světa na objekty a jevy působících. Koneckonců dle Vieux [7] není překvapující, že se právě GIS staly integrální součástí hydrologických studií, a to vzhledem k prostorovému charakteru srážek a dalších parametrů kontrolujících hydrologické procesy a jejich časové proměnlivosti.

Jak tvrdí autorský kolektiv [10], kombinace GIS, hydrologických a hydrogeologických modelů představuje výkonné a logické řešení pro komplexní analýzu povodí. Zmiňovaná logičnost spočívá právě v tom, že jak GIS, tak DPZ a taktéž i samotný modelovací software pracuje s prostorovými daty [10]. Zde je pak důležité si uvědomit, že posledně uvedená citace zmiňovaného autorského kolektivu [10] tak posouvá oproti Shamsimu [7] vztah hydrologie a GIS ještě dále, od managementu k analýzám.

Trend hlavních producentů hydrologického software je tedy zhruba od 80. let 20. století jednoznačný - obecně propojení GIS a hydrologického modelovacího software, kteréžto může nabývat tří následujících podob [10]:

- přímé napojení modelů na GIS software (zejména platforma ESRI a např. erozní model SWAT),
- implementace vybraných GIS funkcí přímo na úrovni modelovacího software (WMS, MIKE Zero)
- implementace modelovacího software do GIS (Topmodel/GRASS GIS).

Hovoříme-li o hydrologickém modelování jako takovém, je třeba si tento pojem a některé další s ním související ve stručnosti definovat. Modelování je tedy experimentální informační proces, při němž se zkoumanému systému (originálu, jevu, dílu) jednoznačně přiřazuje podle určitých kritérií jiný systém, model. Zobrazovanou skutečnost nazýváme předmětem modelování. Modelování dynamických systémů s přímým či nepřímým zpětným působením na zkoumaný objekt se nazývá simulací [5].

Na model, Rapantem [6] chápaný jako tzv. náhradní systém, lze obecně mimo jiné nahlížet jako na sadu pravidel a procedur realizace prostorové analýzy, jejímž účelem je odvození nové, dále analyzovatelné informace, která může pomoci při řešení problému nebo plánování (Neumann, 1996 In: [8]).

Základním jádrem výpočtu srážko-odtokových vztahů a hydrologické bilance povodí jsou hydrologické modely, konkrétně pak modely srážko-odtokové, jejichž základní činností je transformace atmosférické srážky na odtok. Obsahem termínu model je převod vybrané části reálného světa (zde většinou povodí určitého řádu) pomocí účelové a zjednodušené abstrakce (hodnot stavových veličin a numerických metod) do náhradního systému, modelu. Ten je pak reprezentantem reálného světa, jehož základní vlastnosti jsou poplatné účelu, za kterým byl vytvořen. Toto možno přiblížit na příkladu, kdy třeba událostní hydrologický model a erozní model se budou lišit souborem stavových veličin popisujících povodí (např. detailnost popisu vlastností půd aj.) a souborem použitých metod (povrchový odtok, odtok v korytech, plošná a výmlová eroze atd.) [9].

Jiní autoři označují matematický model srážko-odtokového procesu jako zjednodušený kvantitativní vztah mezi vstupními a výstupními veličinami určitého hydrologického systému.

Tento systém je definován jako soustava převážně fyzikálních procesů, působících na vstupní proměnné, jež pak transformuje ve výstupní veličiny. Při matematickém vyjádření možno tvrdit, že jde o algoritmus řešení soustavy rovnic, které popisují strukturu a chování systému (Clarke, 1973 In: Fleming, 1979 In: [11]).

Kvalita výstupů hydrologického modelování je vedle úrovně použitého modelu nejvíce ovlivněna kvalitou a dostupností vstupních dat. To je nutno chápat tak, že sebevíce sofistikovaný model (na úrovni konkrétního softwarového řešení) není schopen vyprodukovat kvalitní výstupy, pokud se mu nedostává odpovídajících informací na straně vstupních dat. Vedle toho pak stojí tzv. robustnost modelu, kdy je model s to poskytnout kvalitní výstupní informace i přes nedostatky v oblasti vstupů (např. lokální výpadky měřících stanic aj.) [9].

Co se týče vstupních dat hydrologického modelování, můžeme z časového aspektu hovořit o dvou druzích vstupů, a to [9]:

- vstupních datech statických,
- vstupních datech dynamických.

Statická data jsou základem pro výstavbu modelu (schematizace povodí, vlastnosti vodohospodářských objektů atd.) a jejich základní parametry (geometrická a topologická složka, morfometrie reliéfu, krajinný kryt, půdní vlastnosti aj.) se v průběhu simulace nemění. [9].

Dynamická data jsou pak proměnlivá nejen v horizontu simulace, ale i v časovém kroku jejich sběru. Konkrétně se jedná o hydrometeorologická data a jiné časové řady [9].

Po stránce prostorové lze pak vstupy, nejen procesu hydrologického modelování, ale i obecně data vstupující do GIS, diferencovat na [9]:

- data „prostorově konstantní“ (krajinný kryt, půdní typ v rámci areálu, apod.),
- data prostorově proměnlivá (morfometrické parametry, hydrometeorologické prvky aj.).

Prostorovou konstantnost je zde třeba chápat tak, že data jsou neměnná pouze v rámci určitých areálů. To je možno demonstrovat na již použitém příkladu krajinného krytu, který do modelu většinou vstupuje jako soubor polygonů reprezentujících právě daný typ krajinného pokryvu. Hodnota dat je tedy v rámci prostoru omezeného polygonem konstantní.

A právě na úrovni vstupů (ovšem také výstupů, viz dále) do hydrologických modelů nachází geografické informační systémy široké pole působnosti. Vztah GIT a hydromodelů začíná již v momentě sběru dat (např. DPZ) o modelovaném objektu (povodí) a procesech v něm probíhajících. GIS jsou posléze pestrou paletou svých analytických funkcí velice vhodným nástrojem pro zpracování „surových“ dat z DPZ a jejich využitím jsme z nich schopni extrahovat velké množství užitečných informací. Soubor činností vedoucí k přípravě a předzpracování vstupních dat do podoby modelem požadované nazýváme tzv. preprocessingem.

Analytické funkce GIS jsou jejich stěžejním přínosem při práci s prostorovými daty obecně a jsou zpravidla členěny do čtyř skupin [9]:

- údržba a analýzy geometrické složky dat,
- údržba a analýzy atributové složky dat,
- integrované analýzy geometrické a atributové složky dat,
- vstupní formátování dat pro hydrologické modely.

Nabídka analytických operací pro integrované analýzy geodat je značně pestrá a jednou z jejich klasifikací, s ohledem na jejich uplatnění v procesu hydrologického modelování, je následující (Horák, 1996 In: [9]):

- klasifikační operace,
- překryvné operace,
- analýzy okolí,
- analýzy spojitosti.

Jak již bylo předesláno, je hydrologie vědou exaktní pracující s naměřenými daty. Je však nutné vzít v potaz, že navzdory veškerému pokroku jsme stále dosti omezeni dostupnými technikami měření, hustotou i četností měření v prostoru i čase. Námi naměřená data mají bodový charakter, proto je nezbytné mezi naměřenými daty interpolovat, případně i z bodů měření extrapolovat, a to opět v prostoru i čase [2]. Zde leží jeden ze základních společných jmenovatelů GIS a hydrologických modelů.

V současné době se povětšinou řešení hydrologických problémů prostřednictvím příslušných modelevacích SW drží následujícího obecného scénáře [10].

1. sběr a zpracování dat (DPZ)
2. preprocessing (GIS)
3. vlastní modelování
4. postprocessing (GIS)

Co se týče preprocessingu, tak jak již bylo nastíněno, je jeho náplní upravit data vstupující do modelu do formátu kompatibilního s jeho požadavky. Jedná se o celou škálu postupů zahrnující hydrologickou korekci DMR, tvorbu odvozených vrstev (viz tabulka č. 1) či vlastní schematizaci povodí (morfometrická analýza reliéfu povodí/subpovodí, LULC a půdní poměry povodí/subpovodí aj.).

DATA	ZRDOJ		PROCES TVORBY V GIS				DŮLEŽITOST DAT		DATOVÝ TYP		
	Primární	Odvozená	Interpretace	Interpolace	Vektorizace	Rasterizace	Povinná	Volitelná	Rastr	Vektor	Tabulka/ ASCII
DMR	•			•		•	•		•		•
Sklony svahů		•	•			•	•		•		
Orientace svahů		•	•			•	•		•		
Zakřivení terénu		•	•			•		•	•		
Směr odtoku		•	•			•	•		•		
Akumulace odtoku		•	•			•	•		•		
Odtoková síť	•	•			•			•	•	polylinie	
Soutoky		•	•		•			•		bod	
Propady, odběry atd.		•	•		•			•		bod	
Rozvodnice subpovodí	•	•	•		•					polygon	
Vodní nádrže	•		•				•				•
CN křivky (SCS CN)	•		•			•	•	•	•		
Čas koncentrace		•	•			•		•	•		
Podélné profily		•	•		•		•				•
Příčné profily		•	•	•	•		•			polylinie	•
Hydrogeologické jednotky	•		•		•	•		•	•	polygon	•
Půdní druhy a typy	•		•		•	•	•	•	•	polygon	•
Land cover	•		•		•	•	•	•	•	polygon	•
Land use	•		•		•	•	•	•	•	polygon	•
Leaf Area Index (LAI)	•		•		•	•	•	•	•	polygon	
Drsnosti dle Manninga atd.		•	•			•	•		•		•

Tabulka 1: Rozdělení vstupních GIS dat pro hydrologické modely. Zdroj: [9].

Jelikož se srážko-odtokový proces v reálném světě odehrává na povrchu georeliéfu nebo v jeho těsné blízkosti a jeho morfometrické parametry jsou jedním ze základních činitelů ovlivňujících odtok srážkové vody, je digitální vyjádření onoho georeliéfu, tedy DMR, prakticky nejdůležitějším primárním vstupem do náhradního systému, tedy modelu. Reprezentací DMR existuje několik, v hydromodelovací praxi jsou nejběžnější vektorová TIN (Triangulated Irregular Network) reprezentace (zejména v modelech hydrodynamických) a reprezentace rastrová (modely srážko-odtokové).

Rastrová reprezentace, jejíž princip tkví ve vyjádření reliéfu ve formě pravidelné matice buněk zvoleného tvaru, nejčastěji čtvercového, je co do využití v jednotlivých modelovacích produktech asi nejfrekventovanější. Oproti reprezentaci TIN sice při hrubším prostorovém rozlišení neumožňuje detekci výrazných lokálních sklonových extrémů a objem dat takto vyjádřeného DMR je často veliký, její výhody však spočívají v možnostech aplikací analýz okolí (hydrologická korekce gridu), analýz spojitosti (akumulace odtoku aj.) a mapové algebry. Zmiňovaná hydrologická korekce vstupního DMR, při níž jsou lokální povrchově-bezodtoké deprese vyplněny na úroveň svého okolí, je pak prakticky prvním krokem schematizace povodí bez ohledu na její stupeň (viz dále, distribuovanost atd.).

Proces preprocessingu dat a schematizace povodí pak pokračuje dle míry distribuovanosti modelu různými způsoby, proto je třeba si pojem distribuovanost modelu vysvětlit. Na úrovni schematizace povodí je tedy možno hydrologické modely diferencovat do tří základních skupin, kterými jsou [9]:

- modely celistvé,
- modely semidistribuované,
- modely distribuované.

Modely celistvé oproti distribuovaným neuvažují prostorovou variabilitu sledovaných prvků a parametry celého modelovaného povodí jsou nahrazeny jedinou hodnotou těchto parametrů pro celé uvažované povodí [9]. Je tedy zřejmé, že toto řešení je vzhledem k požadavkům na reprezentativnost výstupů z modelu použitelné pouze v případě velmi malých a značně homogenních povodí.

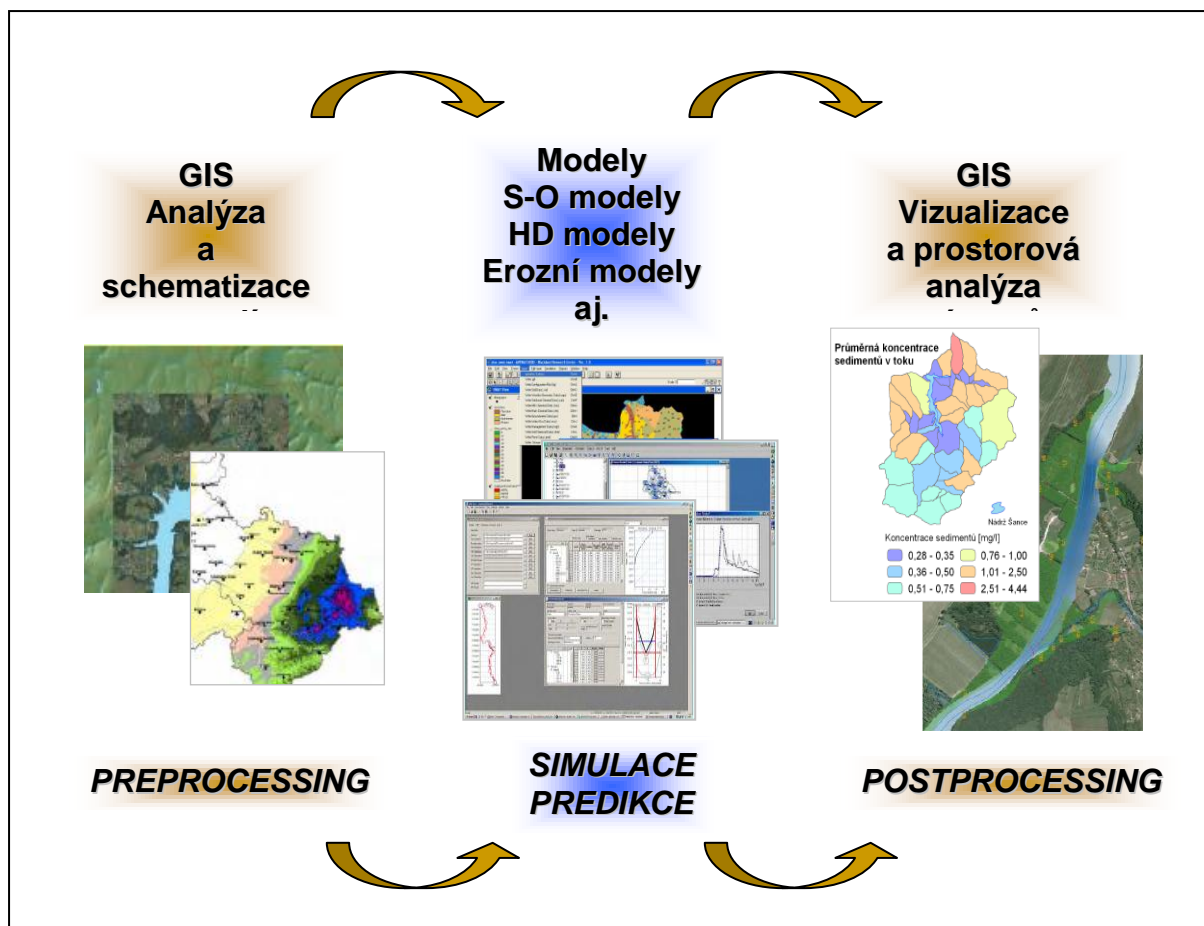
Naproti tomu modely plně distribuované postihují prostorovou proměnlivost vlastností povodí tím způsobem, že povodí diskretizují do jednotlivých buněk rastrů reprezentující jednotlivé parametry figurující v modelovaném procesu. Schematizaci povodí si pak lze představit jakožto proces tvorby rastrů veličin vstupujících do výpočtu modelu. Tedy, jak tvrdí Vieux [12], samotné „GIS mapy“ popisující topografii, využití území a krajinný kryt, půdy, deště a jiné meteorologické proměnné, se stávají vlastními vstupy hydrologických simulací.

Tato skutečnost spolu s jemným rozlišením vstupních rastrů, i přes enormní nárůst výkonu osobních počítačů, způsobuje velkou časovou náročnost výpočtu distribuovaného modelu a stále ho předurčuje k použití pro přiměřeně velká povodí [9].

Z těchto důvodů jsou v současnosti nejpoužívanějšími typy modelů modely semidistribuované. Ty jsou schopny velká povodí rozdělit na menší relativně homogenní jednotky, subpovodí, v nichž jsou stavové veličiny vyjádřeny pouze jednou hodnotou (vážený průměr apod.) [9]. Tento proces je v současnosti prakticky v případě všech nejfrekventovanější používaných modelovacích software do značné míry automatizován, kdy uživatel pouze definuje primární vstupy a nastavení dílčích kroků schematizace. Modelovací SW, popřípadě extenze GIS SW, pak v jednotlivých krocích odvozuje data sekundární, sloužící jako vstup do další fáze schematizace povodí. Prvotním vstupem je DMR, data odvozená jsou např. hydrologicky

korektní grid, grid směru odtoku, grid akumulace odtoku aj. Preprocessing pak např. končí finální extrakcí vektorových vrstev odtokové sítě a polygonů subpovodí s atributy popisujícími morfometrii jednotlivých subpovodí a říčních úseků, půdní poměry a krajinný kryt subpovodí ve vztahu k odtoku srážkových vod (Manningovy koeficienty drsnosti, čísla CN křivek atd.) a další.

Jak již bylo naznačeno výše, tak role GIS v průběhu výstavby hydrologického modelu nekončí preprocessingem, nýbrž pokračuje dále po vlastním výpočtu modelu, a to tzv. postprocessingem. Tím rozumíme proces zpracování a vizualizace dat z modelu vystupujících. Schéma vztahu GIS a hydrologických modelů je na obrázku 1.



Obr. 1: Úloha GIS v procesu hydrologického modelování.

4 Závěr

Z předešlého je tedy zřejmé, že využití GIT, a konkrétně pak GIS, v hydrologické praxi má dnes svou již pevnou pozici a GIS se zde neuplatňuje pouze jako nástroj k jednoduché a efektivní správě dat o povodí. Naopak se v rámci procesu hydrologického modelování pestrou škálou svých analytických funkcí pasuje do role rovnocenného partnera po bok vlastního modelu. Nadto jak v případě vlastních modelů, tak i samotných GIS, můžeme jejich další přínos chápat

v tom, uvědomíme-li si, že oba jsou ideálním instrumentem při řešení nepřístupných míst či oblastí s nedostatkem přímých měření.

Příspěvek bychom zakončili slovy K.J. Bevena, který, jak uvádí v [2], nepochybuje o tom, že hydrologické modely a s rostoucím výkonem výpočetní techniky jejich v současnosti komplexnější skupina, distribuované modely, budou stále detailnější, komplexnější a čím dál tím více spjaté s geografickými informačními systémy. Jeho vlastními slovy je právě toto „current state of art“ [2].

5 Použitá literatura:

1. BEDIANT, P.C., HUBER, W.C., VIEUX, B.C. (2007): Hydrology and floodplain analysis. 4th edition. Prentice Hall, London, 795 s., ISBN: 978-0131745896.
2. BEVEN, K.J. (2002): Rainfall-Runoff Modelling. The Primer. London, John Wiley & Sons, 372 s. ISBN 0-470-86671-3.
3. JANDORA, J., STARA, V., STARÝ, M. (2002): Hydraulika a hydrologie. Fakulta stavební, VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, Brno. ISBN 80-214-2204-1.
4. NETOPIĽ, R. a kolektiv (1984): Fyzická geografie I. Státní pedagogické nakladatelství Praha, Praha, 138 s.
5. PECHOŠKOVÁ, V. (2006): Modelování mělkých sesuvů a eroze v prostředí GIS GRASS. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 71s.
6. RAPANT, P. (2006): Geoinformatika a geoinformační technologie. Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě, Ostrava, 516 s.
7. SHAMSI, U.M. (2005): GIS Applications for Water, Wastewater and Stormwater Systems. CRC Press, Boca Raton, Florida, 413 s. ISBN 0-8493-2097-6.
8. TUČEK, J. (1998): Geografické informační systémy. Principy a praxe. Praha, Computer Press, 424s.
9. UNUCKA, J., HORÁK, J., RAPANTOVÁ, N., HALOUNOVÁ, L. (rukopis): Využití geoinformačních technologií pro hydrologické modelování. Monografie VŠB – TU Ostrava, Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě, datum přechodu do tisku 11/2008, předpokládaný rok vydání 2009.
10. UNUCKA, J., HORÁK, J., RAPANT, J., RAPANTOVÁ, N. (2007): Využití GIT a numerických modelů pro komplexní management povodí. In sborník konference Říční krajina 2007. PřF UP, Olomouc.
11. VAVROŠ, P. (2007): Srovnání výsledků RUSLE a dynamického erozního modelu SWAT na příkladu povodí Rožnovské Bečvy. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě, Ostrava, 74s.
12. VIEUX, B.E. (2004): Distributed Hydrologic Modeling Using GIS. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 289 s. ISBN 1-4020-2460-6.