Geomorfologický informační systém

Karel Jedlička[1]

Oddělení geomatiky, katedry matematiky, Fakulty aplikovaných věd, Z8padočeské university v Plzni, Univerzitní 22, 312 00, Plzeň, Česká republika
smrcek@kma.zcu.cz

Abstrakt. Geomorfologie je interdisciplinární a systematická věda o tvarech a formách zemského povrchu a procesech, které je utvářejí a mění. Geomorfologický informační systém (GmIS), vyvíjený geomorfology a geomatiky z Univerzity Komenského v Bratislavě, Západočeské univerzity v Plzni a Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, je navržen tak aby sloužil geomorfologovi v průběhu jeho výzkumu zájmového území. Jedná se o speciální typ geografického informačního systému (GIS), zaměřený na zpracovávání a analýzu geomorfologických dat. GmIS poskytuje užitečné geomorfologické nástroje, použitelné v různých situacích: První je terénní výzkum, kde může GmIS sloužit jako mobilní GIS pro sběr dat. Další nezbytnou aktivitou je ukládání sebraných dat do geomorfologické databáze (GmDB) spolu s podkladovými daty. Klíčovou oblast využití GmIS je ovšem zejména při geomorfologické analýze. Při ní GmIS poskytuje nástroje, které umožní zpracovat data geomorfologickými metodami v digitálním prostředí. Nakonec lze GmIS samozřejmě využít i pro prezentaci výstupů, ať již map, grafů, či například tabulkových sestav. Geomorfologický informační systém se sestává ze tří hlavních částí. Geomorfologické databáze, nástrojů a procesů. Geomorfologická databáze je koncepčně rozdělena do tří skupin datových vrstev: adoptované vrstvy jsou vrstvy převzaté z externích zdrojů (hydrologie, geologie, topografie, atd.); Základní (geomorfologické) vrstvy jsou vytvářeny geomorfologem v průběhu terénního mapování či odvozením a analýzou převzatých vrstev, skládají se z vrstev elementárních forem, dokumentačních materiálů, genetických a morfodynamických vrstev, povodí a geomorfologické mřížky; Speciální (geomorfologické) vrstvy jsou vrstvy vznikající v průběhu pokročilé geomorfologické analýzy, například morfostrukturní, či komplexní geomorfologické analýzy, vyhodnocování geomorfologických rizik atp. Geomorfologické nástroje jsou instrumenty, které mění stavy datové základny systému (GmDB) a tedy potažmo stavy celého GmIS. Jsou geomorfologem používány v průběhu výzkumu zájmové oblasti a lze je rozdělit do dvou skupin: dávkové nástroje zpracovávající jednu nebo více vstupních vrstev najednou, a vytvářející na výstupu novu vrstvu, či opět více vrstev. Tyto nástroje jsou sdruženy v nástrojové sadě „Geomorphologic Tools“. Druhou skupinu tvoří interaktivní nástroje (sdružené do „Geomorphologic Analyst“). Tyto nástroje mohou být za sebou řetězeny a kombinovány i se standardními GIS nástroji. Tento způsob práce umožňuje provádět i složité analytické operace podle existujících geomorfologických metod. Způsob jakým lze v geomorfologickém informačním systému provádět a řetězit zmiňované analytické postupy, je popsán v případech užití (Jedlička 2008). Technologicky je GmIS postaven na softwarové platformě ArcGIS Desktop od firmy ESRI.

Klíčová slova: Geomorfologický informační systém, geomorfologické nástroje, geomorfologická databáze, návrh a vývoj systému.

[1] Autor příspěvku byl podpořen Výzkumným záměrem MSM 4977751301.

Abstract.

Geomorphologic information system

Geomorphology is a science which deals with systematic study of landforms and their landscapes as well as the earth surface processes that create them. Geomorphologic information system (GmIS) is being developed in a team containing of professional geomorphologists and geoinformatics from Commenius University in Bratislava (Slovakia), University of West Bohemia in Pilsen and University of Jan Evangelista Purkyně in Ústí nad Labem (Czech Republic). The Geomorphologic Information System is a special type of Geographic Information System (GIS), which can be helpful to geomorphologist in various situations in research. It can be understand as a specific type of GIS, focused on geomorphologic data. GmIS provides useful geomorphologic tools and techniques, which can be used in various situations. First is a field survey, where GmIS can work as a mobile GIS solution for data collection. Next necessary activity is to store the collected data to the structure of geomorphologic database (GmDB). GmDB consists of both collected data and other fundamental data (topography, geology, hydrology, etc.). But the core of GmIS functionality is in geomorphologic analysis, where GmIS can offer efficient tools to process geomorphologic methods in computer environment. Last but not least it of course can serve tools for presentation of created outputs, such maps, graphs, etc. Geomorphologic information system consists of three main parts: geomorphologic database, geomorphologic tools and workflows (Use Cases). The geomorphologic database (GmDB) is conceptually divided in three main groups of layers: Adopted layers are layers which have been taken from external sources, such as hydrology, geology, topography and others. Basic layers are layers which are created by a geomorphologist; by field survey or by derivation from adopted layers or using them in combination. This group is composed of layers of elementary forms, a digital elevation model (DEM) and its derivatives, documentation materials, genetic groups of landforms, morphodynamic phenomena, basin based features and geomorphologic network. Special layers are layers created by special geomorphologic analysis, such as morphostructural analysis, comprehensive geomorphologic analysis, geomorphologic hazard evaluation and so on. Geomorphologic tools (GmT) are instruments which can be used by Geomorphologist in various situations during his or her research of area of interest. They are implemented in ArcGIS and can be divided into two separate groups: First group consists of typical batch oriented tools where one (or more) layer is the input and another layer(s) is the output. These tools are grouped in Geomorphologic Toolbox - specific set of tools which can be added as typical ArcToolbox. Second group consists of interactive tools whose can be used in different situations. These tools are accessible from Geomorphologic Analyst - an extension of ArcGIS conceptually similar to e.g. Spatial Analyst, 3D Analyst, but focused on Geomorphology. Geomorphologic tools can be thematically chained into pathways which are described in Use Cases. All Use Cases are described in the article Geomorphologic Information system - Use Cases presented at Symposium GIS Ostrava 2008. Technologically, the GmIS is a system based on ESRI platform. It can be understand as a plug-in to ESRI software ArcGIS.

Keywords: Geomorphologic information system, geomorphologic tools, geomorphologic database, system design and development

1 Úvod

Příspěvek popisuje práce odvedené na vývoji geomorfologického informačního systému (GmIS) za posledních pět let. Popisuje proces jeho návrhu, vývoje a implementace od konceptuálního modelu po fyzickou implementaci.

Před vlastním popisem je nejprve důležité uvést definice základních pojmů používaných v článku (jsou již zmiňovány např. v Jedlička 2009a).

Geomorfologie je mezinárodní asociací geomorfologů (International Association of Geomorphologists – IAG) definována jako interdisciplinární a systematická věda o tvarech a formách zemského povrchu a procesech, které je utvářejí a mění (http://www.geomorph.org/).

Geomorfologický informační systém lze obecně chápat jako jakýkoli geografický informační systém, ve kterém jsou zpracovávána geomorfologická data (např. Barsch & Dikau 1989, Dikau 1992, Minár 1996, Kusendová 2000, Voženílek et al. 2001). Návrh a implementace GmIS, které jsou popisovány v příspěvku, jsou realizovány podle definice GmIS, jak jej chápe Minár et al. 2005. Podle něj lze GmIS označit jako specifický druh GIS, který je zaměřen na práci s geomorfologickými daty ve smyslu všech jeho čtyř funkcí: vstupu, správy, analýzy a prezentace prostorových informací (Voženílek 1996). GmIS poskytuje geomorfologii nástroje a techniky, kterých může využívat při

terénním mapování (sběr dat). Dále sebraná data spolu s převzatými podkladovými daty (pro něž poskytuje importní nástroje) ukládá do geomorfologické databáze. Jádro jeho funkcionality je ovšem především v oblasti geomorfologických analýz, kde se stává výkonným nástrojem, usnadňujícím práci geomorfologa. Samozřejmě poskytuje i nástroje pro následnou prezentaci výsledků. To klade na zvolenou technologii velké nároky. Po srovnání nároků na GmIS s členěním typů geografického software je vidět, že při tvorbě GmIS lze potenciálně využít skoro všechny typy geosoftware (více o typech geosoftware v Longley et al. 2001.

Autor práce se zbývá koncepcí GmIS kterou postuloval ve spolupráci s kolektivem prof. Minára, rozpracovanou v pracích Minár et al. 2005 a Mentlík et al. 2006, která navazuje na Voženílkovu koncepci využití moderních mapovacích metod pro geomorfologii (Voženílek et al. 2001). Tato koncepce vychází z geomorfologického pohledu z plošného přístupu k zájmového území a jeho členění na elementární formy georeliéfu (dále kráceno na elementární formy).

Elementární forma (georeliéfu) je na dané rozlišovací úrovni (měřítku) geometricky homogenní plocha, která má jednotnou genezi a předpoklady pro stejný průběh současných dynamických geomorfologických procesů, přičemž je ohraničena liniemi, na kterých je její geometrická, genetická i dynamická homogenita narušena. Je tedy na dané rozlišovací úrovni přirozeně ohraničeným základním segmentem georeliéfu (Minár 1996).

2 Vývoj GmIS

Geomorfologický informační systém je vyvíjen v týmu složeném z profesionálních geomorfologů a geoinformatiků z Univerzity Komenského v Bratislavě, Západočeské univerzity v Plzni a Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Tým je složen z geomorfologů:

- Jozef Minár, Ján Sládek – Univerzita Komenského v Bratislavě,
- Pavel Mentlík – Západočeská univerzita v Plzni.

A geoinformatiků:

- Karel Jedlička a Jakub Šilhavý – Západočeská univerzita v Plzni,
- Jan Pacina – Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.

Geomorfologové hrají klíčovou roli v průběhu definice obecné koncepce systému a uživatelských potřeb. Ty jsou popsány v již zmiňované publikaci Minár et al. 2005 a dále rozpracovány v Mentlík 2006, kde jsou doplněny o popis geomorfologických analýz, které může GmIS podporovat. Požadavky uživatelů byly následně v interním dokumentu přesně zaznamenány do slovního popisu jednotlivých případů užití systému. Stručná verze tohoto dokumentu byla následně publikována v Jedlička 2008.

Geoinformatická role spočívá následně v návrhu logického modelu systému a jeho implementaci v digitálním prostředí. Autor tohoto příspěvku pracoval jako hlavní návrhář systému a jeho značnou část i implementoval. Začátky implementace geomorfologické databáze jsou popsány ve Vracovském 2007. Pacina 2008 popsal metody využitelné při automatizovaném vymezování elementárních forem. Šilhavý vyvinul nástroje využitelné při terénním výzkumu a interpretaci jeho výsledků[2]. V současné době pracuje na pilotní implementaci GmIS v serverovém prostředí.

2.1 Návrh systému obecně

Na systém lze nahlížet ze dvou hlavních pohledů: strukturního a procesního. Procesy systému mohou být modelovány například vývojovými diagramy. ERA model (Entity Relationship Attribute Model) lze využít pro návrh struktury systému (viz Longley et al. 2001 či Arctur & Zieler 2004). V dnešní době lze ale také využít metody postavené na UML (Unified Modeling Language), které jsou schopny jedním jazykem popsat jak strukturní, tak i procesní aspekty systému. Popis UML lze nalézt např. v Bell 2003a,b,c a Quatrani 2003. Popis metodik založených na UML lze nalézt například v Arlow &

[2] http://git.zcu.cz/wiki/index.php/GmIS_GmT_DEMProfileLinesComparsion, http://git.zcu.cz/wiki/index.php/GmIS_GmT_GUIForEditingElementaryForms

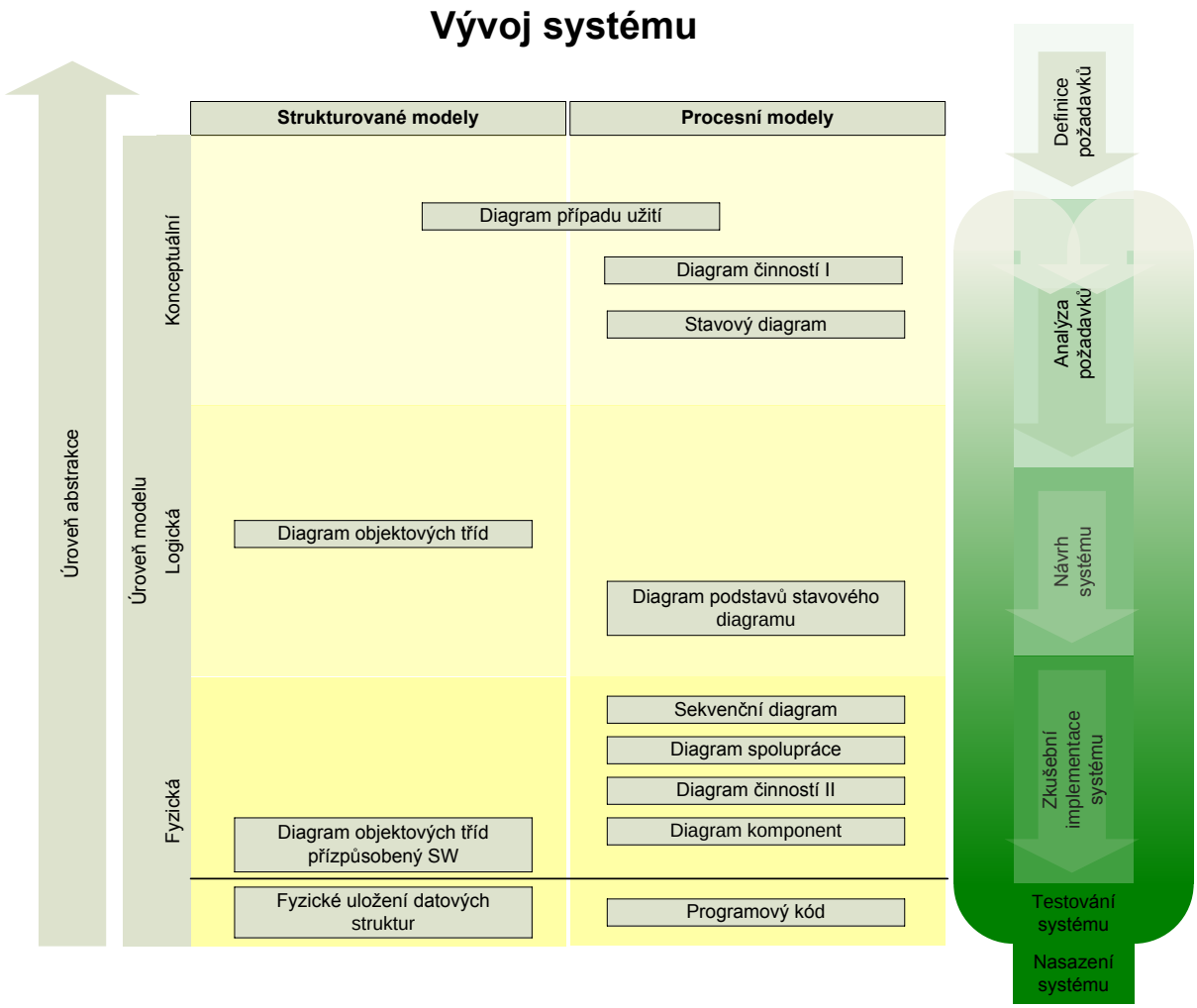
Neustadt 2007 (nekomerční technologie unifikované metodiky vývoje software – **U**nified Software Development **P**rocess, zkráceně UP) či Kruchten 2000 (RUP – Rational Unified Process, komerční obdoba UP).

V literatuře lze nalézt různé metody systémového a databázového návrhu, nicméně většina z nich obsahuje tři stádia modelování návrhu a následného vývoje systému:

- Konceptuální model, který definuje uživatelské potřeby,
- Logický model transformující uživatelské požadavky do návrhu datových struktur a procesů systému,
- fyzický model – implementovaný prototyp systému.

Tyto modely jsou vytvářeny postupně a celý proces může mít iterativní charakter.

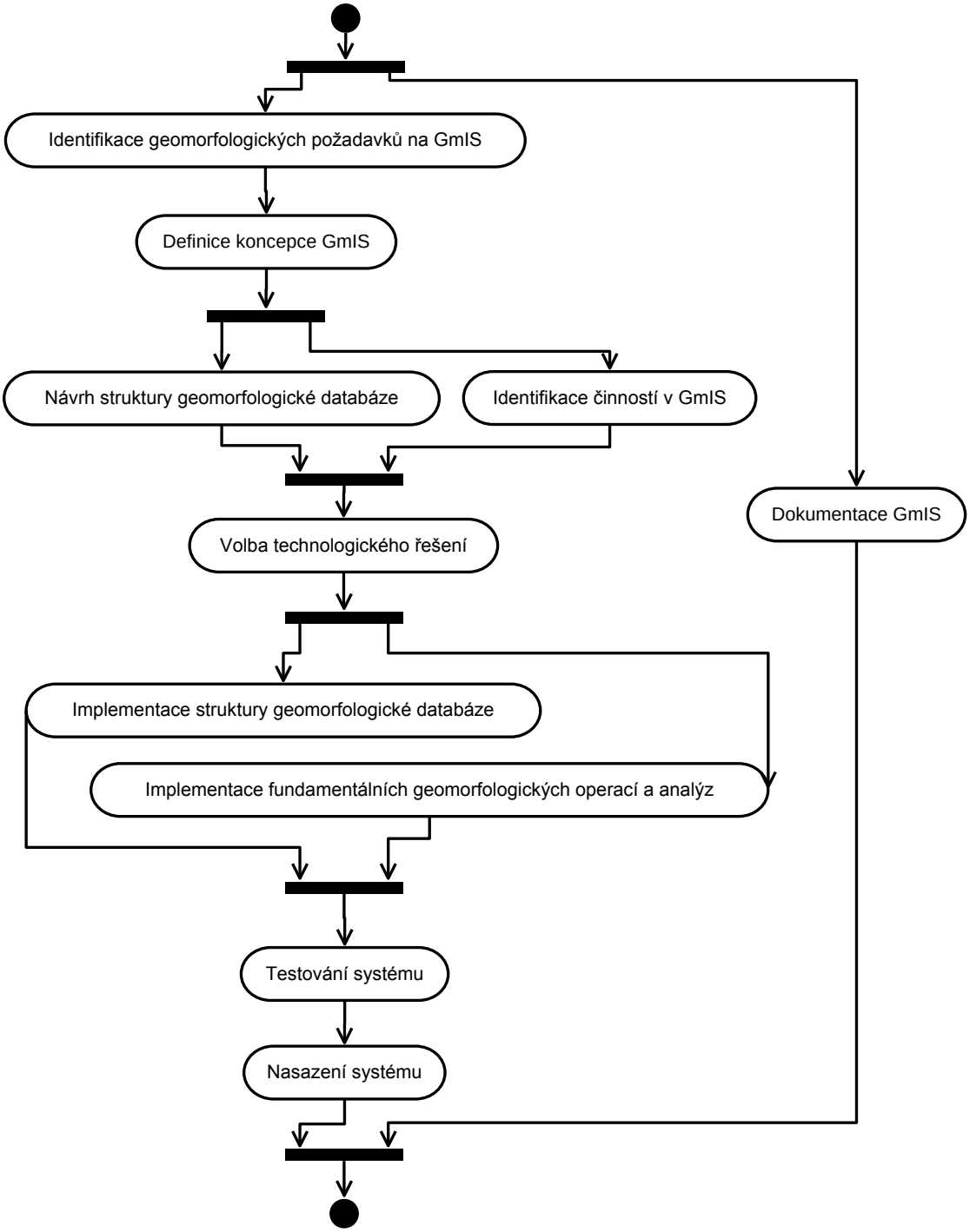
Z obrázku 1 je patrný postup od konceptuální, přes logickou, až po fyzickou úroveň návrhu. Na konceptuální úrovni se začíná zjišťováním a definováním uživatelských požadavků, které jsou následně analytickým procesem rozkládány (dekomponovány) na jednotlivé případy užití. Pro jednotlivé případy užití jsou následně do stavových diagramů zakreslovány stavy, ve kterých se může systém v daném případu užití nacházet. Dále je v logickém modelu precizováno chování systému v jednotlivých případech užití (specifikace podstav stavového diagramu). Na fyzické úrovni dochází k implementaci buďto datových struktur (diagramy objektových tříd a fyzického uložení struktur) tak i konkrétních algoritmů (různé diagramy sloužící pro dokumentaci chování algoritmu, ale hlavně vlastní programový kód). Závěrečnou fází návrhu je testování vyvinutého systému, většinou na určitém pilotním projektu či v rámci případové studie. Celý vývoj systému má iterativní charakter. Počet iterací (návratů z fyzické úrovně na logickou, eventuelně konceptuální úroveň) je nepřímo úměrný kvalitě prvotního návrhu, ovšem minimálně jedno opakování po testování pilotního projektu lze očekávat vždy.



Obr. 1. UML nástroje pro vývoj systému. Zpracováno podle Bell 2003a-c, Quatrani 2003.

2.2 Návrh a vývoj GmIS

Při vývoji geomorfologického informačního systému bylo postupováno podle výše uvedených zásad. Konkrétní kroky jsou znázorněny na schématu na obrázku 2. Nejprve byly v koncepční fázi *identifikovány geomorfologické požadavky* na systém. Všechny požadavky byly odvozeny od základního, který vyžaduje, aby geomorfologický informační systém byl postaven na koncepci elementárních forem georeliéfu. Na základě toho byla *definována koncepce systému*, navržena *koncepce struktury geomorfologické datové báze* systému a *identifikovány činnosti/procesy v GmIS*. Dále byly podle geomorfologických požadavků navrženy postupy vedoucí k realizaci činností v digitálním prostředí.

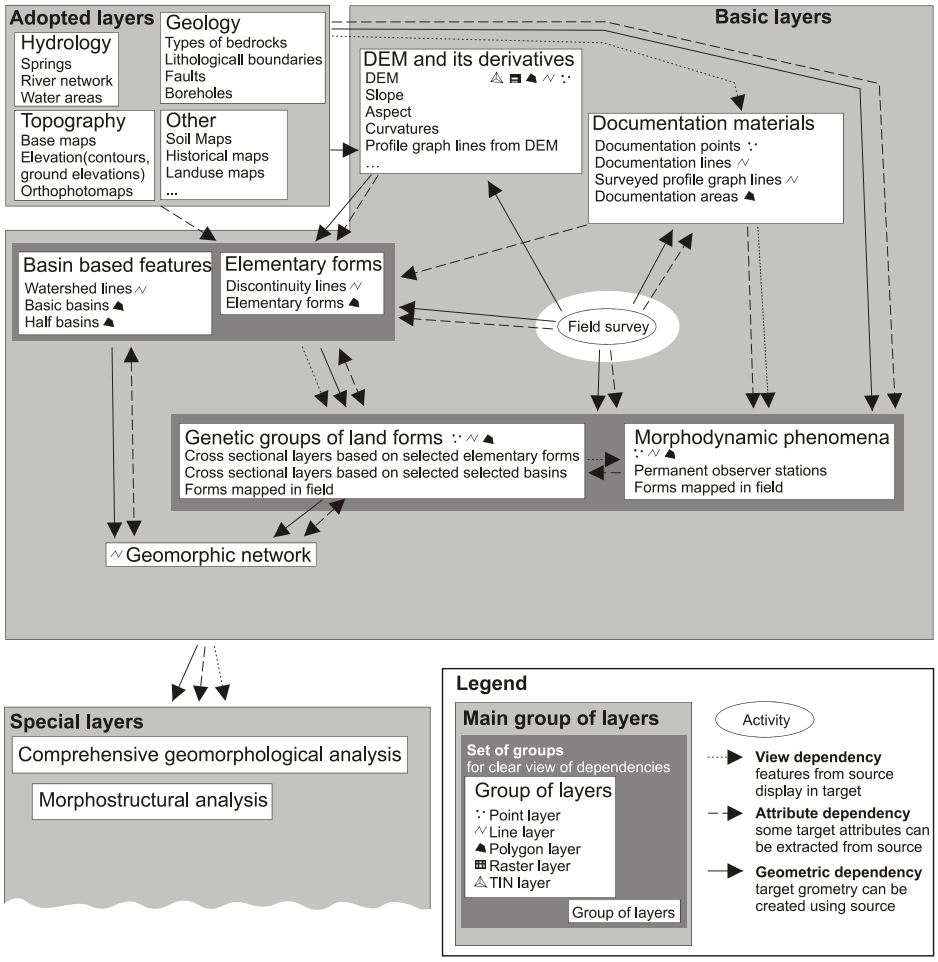


Obr. 2. Postup vývoje geomorfologického informačního systému.

V realizační fázi vývoje systému následuje volba vhodné technologie. Dalším krokem při realizaci systému je *implementace navržené datové struktury* do zvolené geografické databáze a *implementace algoritmů a postupů, realizujících navržené činnosti* ve zvoleném vývojovém prostředí. Potom je třeba systém *otestovat nasazením na pilotních zájmových územích:* Okolí Prášilského jezera, Devínská kobyla a Turčianská kotlina. V průběhu celého vývoje GmIS samozřejmě probíhá dokumentace prací.

Poznámka: Unifikovaného modelovacího jazyka a jeho diagramů bylo využito v koncepční fázi návrhu systému. Struktura datového modelu je dokumentována pomocí uzpůsobeného nástroje Geodatabase Diagrammer, založeného na ERA diagramech. Implementované geomorfologické operace a funkce jsou dokumentovány v grafickém prostředí ModelBuilder, které vychází z vývojových diagramů, dále pak komentovaným zdrojovým kódem.

Dále jsou v této kapitole představeny klíčové části návrhu systému: návrh struktury geomorfologické databáze a identifikace činností v GmIS (realizováno podle analyzovaných uživatelských požadavků), a volba technologického řešení. V následující kapitole je představen prototyp GmIS (implementace struktury GmDB a základních geomorfologických operací a analýz.



Obr. 3. Konceptuální model strukturního jádra systému (geomorfologické databáze) s naznačenými funkčními/procesními vazbami. Převzato z Minár et al. 2005.

Základní konceptuální model strukturní části systému (geomorfologické databáze) s nastíněnými funkčními závislostmi, které indikují procesy a činnosti probíhající v GmIS systému je znázorněn na obrázku 3. **Geomorfologická databáze** (GmDB) je budována okolo základní vrstvy využívané při plošném geomorfologickém přístupu k území, okolo elementárních forem. Struktura databáze je rozčleněna do tří základních skupin (převzato z Mentlík et al. 2006):

- Převzaté vrstvy – vrstvy převzaté z externích zdrojů. Jedná se především o hydrologická, geologická a topografická data.

- Základní (geomorfologické) vrstvy – vrstvy vytvořené geomorfologem; mapováním v terénu nebo zpracováním převzatých vrstev, či kombinací obojího. Jádrem této skupiny je zejména vrstva elementárních forem a digitální model reliéfu včetně povrchů z něj odvozovaných. Doplňují ji dokumentační materiály, genetické skupiny forem, morfodynamické jevy, povodí a geomorfologická síť.
- Speciální (odvozené) vrstvy jsou vrstvy vznikající geomorfologickými analytickými činnostmi, např. morfostrukturní analýzou, komplexní geomorfologickou analýzou, odhadem geomorfologických rizik, atp.

Je vidět, že geomorfologická databáze má ve svých skupinách pevně určené fundamentální vrstvy, které jsou základem GmIS, budovaným nad takovou databází. Konkrétní realizace GmIS se však bude vždy lišit podle oblasti nasazení a proto může dojít k tomu, že bude potřeba pro konkrétní oblast přidat vrstvy určitého typu (základní vrstvy ovšem zůstávají stejné). Proto je systém koncipován jako otevřený, s možností doplnění dalších vrstev (a eventuelně dalších, na ně navazujících analytických činností). Podrobný popis struktury geomorfologické databáze byl poprvé publikován v práci v Minár et al. 2005 a následně rozvinut v Mentlík et al. 2006.

Výše popisovaná geomorfologická databáze dává celému GmIS strukturní členění. To má již z principu převážně statický charakter. **Dynamiku do GmIS přinášejí činnosti** – děje, které převádějí systém (a tedy i databázi) z jednoho stavu do jiného. Činnosti probíhající v GmIS lze rozdělit na:

- import dat ze základních datových sad ~ provádí geoinformatik,
- terénní sběr tematických (geomorfologických) dat ~ provádí geomorfolog,
- zpracování dat (uložení do GmDB, budování dalších databázových struktur) ~ provádí geoinformatik,
- geomorfologické a jiné analýzy ~ provádí geomorfolog.

Z charakteru činností vyplývá i členění uživatelských rolí. Lze říci, že činnosti zabývající se sběrem základních geodatových vrstev (resp. častěji jejich konverzí z již existujících datových zdrojů) a jejich následným zpracováním a ukládáním do databáze se zabývá geoinformatik. Pro většinu těchto činností lze využít standardní nástroje GIS a jejich řetězení.

Druhou kategorii činností vykonává geomorfolog v rámci studia zájmového území. Jedná se hlavně o dva typy činností: terénní mapování a geomorfologické analýzy. Tyto činnosti jsou často specifické a standardní nástroje GIS lze využít spíše omezeně, respektive je třeba nejen je řetězit za sebou ale i programovat části kódu, které ve standardních GIS nástrojích nejsou a navíc je kombinovat s interaktivními vstupy erudovaného uživatele – geomorfologa.

Poznámka: Systém nevylučuje překryt uživatelských rolí, kdy geomorfolog je schopen prací geoinformatického charakteru a naopak. Dokonce lze říci, že GmIS je koncipován tak aby poskytoval takové uživatelské rozhraní, aby geomorfolog byl schopen vykonávat většinu činností sám. I tak je nasazení (~ aplikace) GmIS na zájmovou oblast ze začátku náročnější, než práce klasickými geomorfologickými metodami, zejména kvůli nutnosti seznámení se s novou technologií. Výsledně nasazení GmIS ale přinese urychlení a zjednodušení řady prací a hlavně objektivizaci výsledků a výstupů, protože řadu činností umožňuje automatizovat a dokumentovat.

V GmIS jsou konkrétní činnosti popsány pomocí *případů užití:*

- Terénní mapování
- Výpočet morfometrických charakteristik polygonů elementárních forem
- Výpočet morfometrických charakteristik hranic elementárních forem
- Určení morfogenetických vlastností elementárních forem
- Tvorba vyšších hierarchických úrovní (hierarchická regionalizace)
- *Vymezení povodí*
- *Výpočet členitostí pro (polo)povodí*
- Tvorba geomorfologické mřížky
- Vymezení bázových povrchů

Podrobněji jsou jednotlivé případy užití popsány v Jedlička 2008.

Jsou-li popsány interakce uživatele se systémem a identifikovány požadavky na strukturu i procesy (činnosti) systému, je třeba **zvolit vhodnou technologii**, která umožní realizaci celého systému. Při volbě vhodných technologií bylo zvažováno několik kritérií:

1. *Podpora geografických databází, včetně topologických vztahů* – pro možnost víceuživatelské editace a zejména pro možnost konzistentního uložení duální reprezentace elementárních forem.
2. *Otevřenost zdrojového kódu* software, respektive otevřenost software pro programování dalšího kódu (včetně možnosti jeho další distribuce) – pro možnost vývoje nástrojů GmIS.
3. *Množství standardně implementovaných analytických nástrojů* – čím více nástrojů existuje, tím méně jich bude potřeba vyvíjet.
4. *Podpora standardů* zejména v oblastech datových formátů a mapových služeb – pro zajištění interoperability s dalšími GIS.
5. *Celková robustnost* řešení a stupeň uniformity filosofie ovládání software – pro možnost vývoje různorodých nástrojů a pro jednoduchost ovládání.
6. V případě komerčních technologií jejich *dostupnost na akademické půdě* (v ČR, SR, i ve světě) – pro minimalizaci nákladů na pořízení GmIS.

Po vyhodnocení jednotlivých kritérií a zvažování řady dostupných technologií[3] bylo zvoleno technologické řešení firmy ESRI.

3 Prototyp GmIS

V současné době je vytvořena koncepce systému. Jsou zvolené technologie pro implementaci GmIS. Existuje fyzický návrh struktury GmDB testovaný na oblasti Prášilského jezera na Šumavě, v lokalitě Slovinec na Devínské Kobyle a také v Turčianské kotlině. Všechny případy užití jsou rozpracovány na konceptuálně-logické úrovni a je zjištěno, že je lze realizovat pomocí standardních nástrojů GIS (v takovém případě je dokumentován konkrétní postup) nebo jsou implementovány nástroje pro jejich realizaci. Výjimkou jsou případy užití popsané u činností zaměřených na alternativní členění reliéfu na povodí[4]. GmIS je v současné době realizován jako prototyp.

Prototyp GmIS je postaven na technologiích firmy ESRI a může na něj být nahlíženo jako na rozšíření těchto technologií o nástroje, které umožní urychlit činnosti vykonávané při plošném geomorfologickém výzkumu (elementarizace reliéfu, terénní mapování, výpočty morfometrických a vymezení morfogenetických charakteristik, a dále tvorba geomorfologické mřížky. Analytické jádro GmIS je postaveno nad profesionálním GIS (ArcGIS 9.2) sestávajícího se z aplikací ArcMap a ArcCatalog, doplněných o sadu analytických nástrojů ArcToolbox. Pro sběr dat je využívána aplikace ArcPad, určená pro mobilní zařízení. Prototyp GmIS ovšem není záležitost pouze *geosoftware*, musí samozřejmě fungovat na nějakém operačním systému (nejčastěji Windows, resp. Windows Mobile pro příruční GIS), který je provozován na *hardware* (notebook, pocket PC, stolní PC, atp.). GmIS musí též obsahovat *data*, která jsou uložena v geomorfologické databázi. Ta může být uložena například v osobní nebo souborové geodatabázi, ovšem může být uložena také v plnohodnotné databázi, např. Oracle, pomocí jejího rozšíření pro ukládání geografických dat (ArcSDE). GmIS je obsluhován *lidmi*, tedy geoinformatiky a geomorfology.

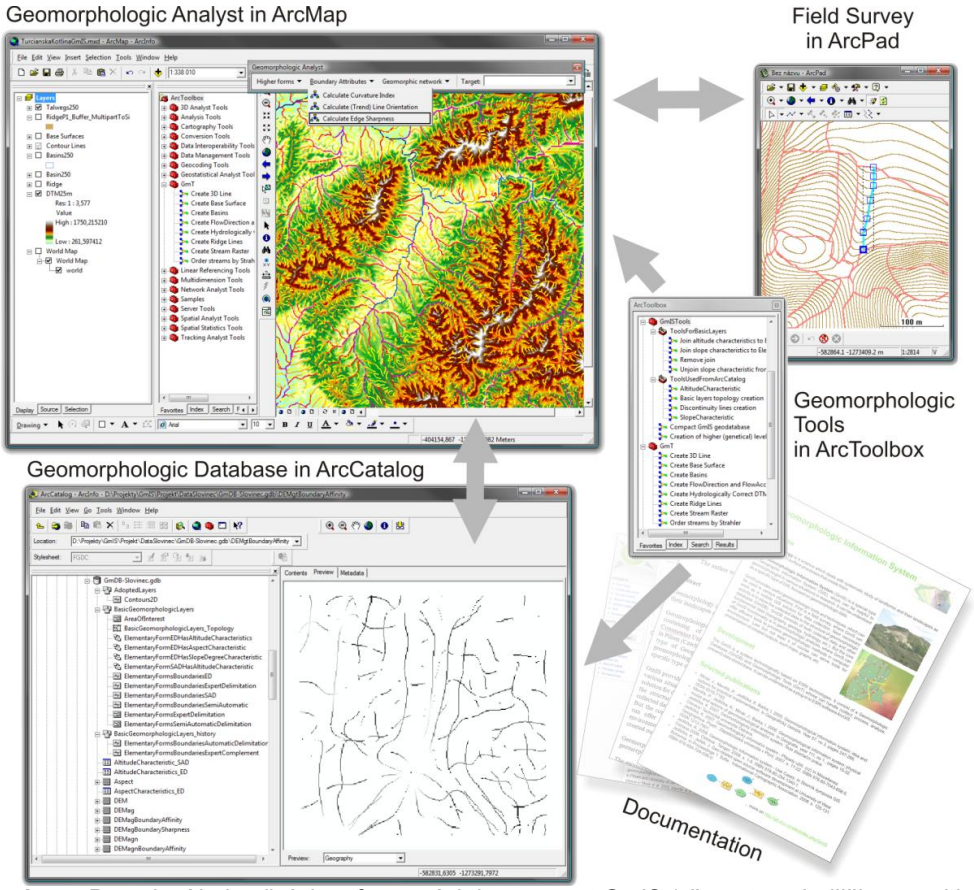
Konkrétní geomorfologické nástroje jsou sdruženy v nástrojové liště *Geomorphologic Tools* v ArcToolbox a je možné je volat buď z aplikace ArcCatalog nebo ArcMap. Aplikace ArcMap dále poskytuje řádkové menu *Geomorphologic Analyst*, které sdružuje další, interaktivnější nástroje. Průběh prací v GmIS vychází z již popsaných činností. Nejprve je potřeba V ArcCatalog založit novou geomorfologickou databázi (geodatabázi s patřičnou strukturou) a importovat do ní dostupná podkladová data.

V ArcMap lze jsou následně geomorfologické nástroje využity pro tvorbu digitálního modelu reliéfu a z něj odvozených vrstev. Na základě jejich interpretace je pak provedena elementarizace reliéfu na elementární formy. Takto připravená geomorfologická databáze slouží jako podklad pro

[3] Z open source software byla zvažována kombinace: GIS GRASS, PostgreSQL+PostGIS, OpenJump, a UMN MapServer a byla vyřazena pro nesplnění kritéria 5. Z komerčních řešení připadaly v úvahu technologie ArcGIS, AutoCAD, Geomedia, MGE, MicroStation, z českých pak například ATLAS či MISYS.

[4] Členění zájmové oblasti na povodí již je v GIS řešeno a pro návrh GmIS byla prioritou elementarizace reliéfu na formy, proto se povodími nezabýval.

geomorfologické mapování v terénu. Data jsou proto pomocí standardních nástrojů ArcGIS exportována z geomorfologické databáze do projektu pro ArcPad, ve kterém probíhá záznam veškerých sebraných dat při práci v terénu. Po skončení terénních prací jsou data importována zpátky do GmDB. Je tvořena sekundární reprezentace elementárních forem reliéfu a nástroji geomorfologického analystu jsou počítány morfometrické charakteristiky ploch a hranic forem. Po jejich vymezení geomorfolog za pomoci nástroje *Update Elementary Form* vyplňuje morfogenetické atributy k jednotlivým formám reliéfu. Po jejich doplnění lze generovat vyšší hierarchické či typologické úrovně forem. Nakonec poskytuje GmIS návod, jak pomocí řetězení standardního uživatelského rozhraní ArcMap vymezit segmenty geomorfologické mřížky. Důležitá je samozřejmě také dokumentace celého systému. K tomu slouží také tato práce. Další informační zdroje lze nalézt na stránkách věnovaných projektu (http://git.zcu.cz/index.php/GmIS). Ukázka propojení jednotlivých softwarových komponent je na obrázku 4.



Obr. 4. Propojení jednotlivých softwarových komponent GmIS (převzato z Jedlička 2009b)

Prototyp v současné době existuje v několika verzích pro různá zájmová území. Součástí každé verze je geomorfologická databáze jako osobní geodatabáze (*.mdb) nebo souborová databáze (uložena v adresáři *.gdb), nástrojová lišta s používanými geomorfologickými nástroji (*.tbx) a projekt pro ArcMap (*.mxd) s horizontálním menu které obsahuje použité funkce geomorfologického analystu.

4 Diskuse

- Je nutno konstatovat, že GmIS je komplexní nástroj, nicméně energie vložená do jeho vývoje a ovládnutí jeho možností se vrátí v podobě možnosti rychlejší a objektivnější práce se zkoumaným územím.
- GmIS umožní geomorfologovi objektivizovat pohled na zkoumané území. Zároveň dokáže řadu klasických postupů automatizovat a urychlit. Nenahrazuje však geomorfologa jako takového, jeho oborová znalost je vždy klíčová pro vyhodnocení výsledků prováděných analýz a výslednou syntézu informace.

- Potenciálními uživateli systému jsou geomorfologové, pracující s informačními technologiemi. Lze očekávat nutnost spolupráce geoinformatika a to hlavně ve fázi zavádění systému.
- Další vývoj GmIS lze vidět v několika oblastech. První oblast se týká vylepšení uživatelského komfortu: je co vylepšovat například na grafickém uživatelském rozhraní geomorfologického analystu, je možné dodělat kontextovou nápovědou, či použít více interaktivní nástroje pro tvorbu geomorfologické mřížky.
- Dále lze očekávat implementaci dalších analytických funkcí, například funkce podporující členění zájmové oblasti na povodí. Vzhledem k poměrně mladé technologické platformě (započaté produktem ArcGIS 8.0) lze předpokládat dlouhodobou využitelnost systému.
- Další oblast rozvoje GmIS se týká distribuovaného prostředí. V posledních několika letech přechází celá řada aplikací z desktopu na server. První byly klasické kancelářské aplikace, jako mailový klient, kalendář či kancelářské balíky. Do budoucna lze proto očekávat i rozvinutí GmIS do distribuované verze. Jeho nástroje tak budou poskytovány přes internet jako tzv. geoprocessingové služby (Web processing services – WPS), pravděpodobně s využitím technologie ArcGIS Server.

5 Závěr

Článek shrnuje vývoj geomorfologického informačního systému. Nejprve definuje základní pojmy a uvádí čtenáře do problematiky. Následně popisuje jeden z obecných způsobů návrhu systému a popisuje, jak podle něj bylo postupováno při návrhu GmIS. Jsou představeny klíčové části návrhu systému: návrh struktury geomorfologické databáze a identifikace činností v GmIS, a volba technologického řešení. Dále je nastíněn způsob implementace GmIS. V závěrečné diskusi jsou stručně shrnuty jeho silné a slabé stránky systému. Příspěvek je také zdrojem referencí na předchozí práce autora či autorského kolektivu, které podrobně dokumentují jednotlivé fáze vývoje systému.

Reference

ARCTUR, D., ZEILER, M., 2004. Designing Geodatabases : Case Studies in GIS Data Modeling. Redlands : ESRI Press, xi, 393 s. ISBN 1-58948-021-X.

ARLOW, J. NEUSTADT, I. 2007. UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací. Objektově orientovaná analýza a návrh prakticky. [překlad Bogdan Kiszka]. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Brno. Computer Press. 567 s. ISBN 978-80-251-1503-9

BARSCH, D. & DIKAU, R. 1989. Entwicklung einer Digitalen Geomorphologischen Basiskarte (DGmBK). Geo-informations systeme, 2 (3), 12–18.

BELL, D. 2003a. UML basics: An introduction to the Unified Modeling Language. IBM. 2003. [on-line] <http://www-128.ibm.com/developerworks/rational/library/769.html>.

BELL, D. 2003b. UML basics: Part II: The activity diagram. IBM. 2003. [on-line] <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/RationalEdge/sep03/f_umlbasics_db.pdf>.

BELL, D. 2003c. UML basics: Part III: The class diagram. IBM. 2003. [on-line] <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/RationalEdge/nov03/t_modelinguml_db.pdf>.

DIKAU, R. 1992. Aspects of constructing a digital geomorphological base map. Geologisches Jahrbuch, A122, 357-370.

IAG. 2009. International Association of Geomorphologists/Association Internationale des Géomorphologues. Home page.
On-line <http://www.geomorph.org/>.

JEDLIČKA, K. 2008. Geomorphologic information system - use cases. In Sborník symposia GIS Ostrava 2008. Ostrava. Tanger, 2008. s. 1-9. ISBN 978-80-254-1340-1.

JEDLIČKA, K. 2009a. Development of geomorphologic tools in the framework of geomorphologic information system. In Sborník symposia GIS Ostrava 2009. Ostrava : Tanger spol. s r. o, s. 1-7. ISBN 978-80-87294-00-0.

JEDLIČKA, K. 2009b. Geomorphologic Informatic System - Prototyp. In. 18. Kartografická konference. Quo vadis, Kartografie? (Sborník). Olomouc. UPOL. S. 1-11.

JEDLIČKA, K.; MENTLÍK, P. 2003. Užití některých prvků morfostrukturní analýzy v prostředí GIS. *In* Geomorfologický sborník 2. Plzeň : Západočeská univerzita. s. 223-231. ISBN 80-7082-946-X.

KRUCHTEN, P. 2000. The rational unified process : an introduction. 2nd ed. Boston : Addison-Wesley, xviii, 298 s. : il. ; 23 cm. (Addison-Wesley object technology series). ISBN 0-201-70710-1.

KUSENDOVÁ, D. 2000. *Digitálna legenda pre geomorfologické mapy*. Kartografické listy, 8, 45-54.

LONGLEY, P., A., GOODCHILD, M., F., MAGUIRE, D., J., RHIND, D., W. 2001 *Geographic information systems and science* / Paul A. Longley [et al.]. Chichester : John Wiley & Sons, Ltd., 2001. 0-471-89275-0.

MENTLÍK, P., JEDLIČKA, K., MINÁR, J., BARKA, I. 2006. Geomorphological information system: physical model and options of geomorphological analysis. In Geografie. year 111, no 1., pages 15-32.

MENTLÍK, P. Geomorfologická analýza a tvorba GmIS pro okolí Prášilského jezera a jezera Laka na Šumavě (Česká republika): disertační práce. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2006. 252 s.

MINÁR, J. 1996. Niektoré teoreticko-metodologické problémy geomorfológie vo väzbe na tvorbu komplexných geomorfologických máp. Acta Facultatis Rerum Naturalium Univesitatis Comenianae, Geographica Nr. 36, 7–125.

MINÁR, J., MENTLÍK, P., JEDLIČKA, K.; BARKA, I. 2005. Geomorphological information system: idea and options for practical implementation. In Geografický časopis. Year 57, no 3, pages 247-266, ISSN 0016-7193.

PACINA, J. 2008. Metody pro automatické vymezování elementárních forem georeliéfu jako součást Geomorfologického informačního systému. Disertační práce. FAV ZČU Plzeň.

PAGE-JONES, M., VORÁČEK, K. 2001. Základy objektově orientovaného návrhu v UML. 1. vyd. Praha : Grada. 80-247-0210-X.

QUATRANI, T. 2003. Introduction to the Unified modeling language. IBM. 2003. [on-line] <ftp://ftp.software.ibm.com/software/rational/web/whitepapers/2003/intro_rdn.pdf>.

VOŽENÍLEK, V. 1996: *V labyrintu terminologie – definice GIS.* In: Voženílek,V. (ed): Digitální data v informačních systémech. Antrim 1996, Vyškov, s 117-122.

VOŽENÍLEK, V., KIRCHNER, K., KONEČNÝ, M., KUBÍČEK, P., LÉTAL, A., PETROVÁ, A., ROTHOVÁ, A., SEDLÁK, P. 2001. Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. 185 s.

VRACOVSKÝ, F. 2007. Geomorfologická databáze. Diplomová práce. Plzeň : Západočeská univerzita.