

**Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava  
Řada hornicko-geologická**

Volume LI (2005), No.2, p. 17-26, ISSN 0474-8476

**Jan JELÍNEK<sup>\*</sup>, Jiří ARDIELLI<sup>\*\*</sup>, Jakub JIRKA<sup>\*\*</sup>, Vlastimil KAJZAR<sup>\*\*</sup>**

**VÝVOJ A APLIKACE PROGRAMOVÝCH EXTENZÍ ARCGIS PRO ÚČELY  
STRUKTURNÍ A MORFOTEKTONICKÉ ANALÝZY**

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ARCGIS SOFTWARE EXTENSIONS FOR  
UTILIZATION AT STRUCTURAL AND MORPHOTECTONIC ANALYSE

**Abstrakt**

Příspěvek informuje o nově vyvinutých extenzích v prostředí ArcGIS 9.0, které jsou nápomocny při řešení morfostrukturních a strukturně tektonických problémů. Programové prostředí ArcGIS umožňuje vzájemnou a rychlou konfrontaci výsledků geomorfologických analýz digitálních modelů terénu s geologickými daty. Bohužel v současné době neexistuje vhodný software pro použití moderních geologických a morfostrukturních analýz digitálních modelů terénu v prostředí GIS, řešících strukturní a morfostrukturní problémy. První vyvinutá extenze převádí gridy z formátu GRD v Surferu do formátu ESRI v ArcMapu a naopak. Druhá extenze slouží pro interaktivní a rychlé ukládání strukturních dat do existující databáze strukturních měření podle pozice lokality na mapě. Další extenze využívá statistických metod pro analýzu strukturních dat nebo analýzu směrů linií vybrané vrstvy (například vrstvy říční sítě). Modul analyzuje azimuty každé části linie v různých vybraných polygonech. Výsledky jsou zobrazeny pomocí růžicových diagramů pro každý polygon zvlášť. Správnost chodu a vhodnost použití vytvořených extenzí byla ověřena na datech z oblasti Opavska.

**Abstract**

The aim of this paper is to inform about newly developed extensions at ArcGIS 9.0, which are helpful at resolving structure and morphostructure problems. Application of digital terrain analysis in GIS environment enables fast mutual confrontation of results of geomorphologic analysis with geological data. Unfortunately there is no suitable software for application of some modern geological and morphotectonic digital terrain analyses in GIS at present. The first developed extension is conversion of grid data from Surfer 8 software into ESRI ArcMap. The function transfers feature data into ESRI shapefile format and grids into ESRI grid file format. The second extension is used for interactive fast saving of structural data of map to existent structural database. Another extension uses statistic methods for analysis of structural data or analysis of azimuths of polyline in different coverages. Typical example is stream network. Application finds out azimuth of each segment of river stream located in defined polygon. Azimuths are shown in rose diagrams for each separate polygon. Rightness of run and suitability of application of created extensions were verified at data from Opava region.

This work was supported by the grant IGS (project # 2101/541) and GAČR (project # 105/05/P545).

**Key words:** digital terrain model (DTM), morphotectonic analysis, GIS, extension, shapefile.

**Úvod**

Cílem příspěvku je informovat o výsledcích interního grantového projektu Hornicko-geologické fakulty VŠB-TU Ostrava (IGS 2101/541), který byl zaměřen na vývoj nových programových extenzí pro prostředí GIS ArcGIS 9.0. Tvorba extenzí orientovaných na potřeby strukturně tektonické a morfostrukturní analýzy byla podmíněna požadavkem ze strany řešitele grantového projektu GAČR č. 105/05/P545 s názvem

\* Ing., PhD., Institut geologického inženýrství, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba

\*\* Ing., Institut geologického inženýrství, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba

„Morfotektonická analýza zlomového porušení na styku variského a karpatského orogénu, ve vztahu k migračním cestám metanu a stabilitě horského masivu“. Vytvořené moduly najdou obecně široké uplatnění v oblasti metodické a významně přispějí k usnadnění realizace morfotektonických a strukturně tektonických analýz v prostředí GIS.

### **Současný stav poznání**

Mezi moderní postupy morfotektonické analýzy reliéfu krajiny a strukturně tektonické stavby horninového prostředí patří analýzy digitálních modelů reliéfu (Jordan et al. 2003) a digitálních modelů strukturních ploch (např. paleoreliéfů, slojových úrovní, vrstevních rozhraní atd.). Stále se zvyšující přesnost vytvářených digitálních modelů reliéfu (DMR) má za následek rozšiřující se pole jejich uplatnění v různých oborech. Lze jen velmi obtížně sledovat nové a nové postupy využití DMR a v souvislosti s tím i nově vyvíjený software usnadňující realizaci různých analýz. Programové extenze ArcGIS dodávané výrobcem neobsahují vhodné nástroje, které by řešily specifické úkoly strukturně tektonické a morfotektonické analýzy. Běžně používané softwarové vybavení umožňuje provádět některé úkoly morfotektonické analýzy, ale neřeší současně úkoly strukturní analýzy. Ty je nutné realizovat pomocí jiného softwaru zcela nezávisle na výsledcích získaných z morfotektonické analýzy DMR.

Problematika geomorfologické stavby reliéfu a strukturně-geologické stavby horninového prostředí byla donedávna řešena odděleně, bez vzájemné konfrontace výsledků jednotlivých použitých metod. V současné době se již začínají využívat moderní morfotektonické postupy ve strukturní geologii a naopak strukturně tektonické analýzy nacházejí uplatnění v geomorfologii (Pánek 2004). I přes tento fakt a běžné využití GIS prostředků stejně jako DMR v obou vědních disciplínách, dosud neexistují dostupné softwarové prostředky ArcGIS, umožňující provádět některé sloučené morfotektonické a strukturní či morfometrické analýzy přímo na datech získaných z DMR. Existující programy nejsou pro současné studium morfotektoniky a strukturně tektonické stavby vhodné. Výsledky jednotlivých analýz provedených v různém softwarovém prostředí je nutné složitě převádět do společného prostředí, mnohdy ovšem jen v rastrové podobě, což neumožňuje interaktivní práci s výsledky.

Úkolem celého projektu bylo vytvořit uživatelsky snadno přístupné statistické zpracování terénních strukturních a morfostrukturních dat získaných z DMR v prostředí ArcGIS 9.0 a otestování jejich vhodnosti použití ve vybrané geologické a geomorfologické zajímavé oblasti. Za vhodnou oblast testování byla vybrána užší oblast Opavska, na styku Nízkého Jeseníku se Středoevropskou nížinou. Rozhraní mezi oběma geografickými jednotkami je tvořeno tektonicky – okrajovým jesenickým zlomem, který je dílčí součástí pokračování dětmarovické tektonické zóny k západu (Jelínek, Grygar 2002). Intruze a povrchové výlevy neovulkanitů spolu s výskyty minerálních vod bohatých na CO<sub>2</sub> (Dopita et al. 1997) především podél dětmarovické tektonické zóny jsou jedním z mnoha dokladů neoidní geodynamické aktivity celého poruchového pásma.

### **Studovaná oblast**

Vybrané testovací území se nalézá v severní části moravskoslezské oblasti Českého masivu. Na jeho geologické stavbě se podílejí významnou měrou provrásněné kulmské sedimenty Nízkého Jeseníku, které byly při variské orogenezi nasunuty na platformu brunovistulika od západu až severo-západu (Grygar, Vavro 1995). Strukturně geologická stavba oblasti, stejně jako charakter reliéfu krajiny jsou ovlivněny výraznou zlomovou strukturou okrajového jesenického zlomu. Jeho průběh lze nejvýrazněji sledovat mezi městy Opava a Ostrava, kde ze severu odděluje povrchový výskyt kulmských sedimentů Nízkého Jeseníku od miocénních sedimentů. Západně od Opavy se přepokládá jeho kloubovitě ukončení nebo rozštěpení do více nevýrazných zlomů paralelního průběhu. Morfotektonická studie digitálního modelu paleoreliéfu hornoslezské pánve potvrdila východní navázání okrajového jesenického zlomu na dětmarovickou zlomovou zónu (Grygar, Jelínek 2001). Na základě podložené neotektonické činnosti dětmarovické zóny (Dopita et al. 1997) a jejímu výraznému projevu v paleoreliéfu hornoslezské pánve, stejně jako prokopírování přes sedimenty vněkarpatské předhlubně k povrchu, lze předpokládat podobnou ovšem méně výraznou neotektonickou aktivitu také na okrajovém jesenickém zlomu.

Současný reliéf studované oblasti neobsahuje zřetelné krajinné formy ukazující na mladou tektonickou činnost. Exogenní dynamika se na reliéfu krajiny podílí mnohem intenzivněji než endogenní. Nicméně i v oblastech, kde exogenní faktory jsou v krajině považovány za dominantní, je prokázán významný vliv tektoniky na charakter reliéfu (Ahnert 1998; Bloom 1998; Ritter et al. 2002). Za účelem zjištění charakteru projevů okrajového jesenického zlomu v reliéfu krajiny a potvrzení předpokladu jeho navázání východním směrem na

dětmoravickou tektonickou zónu byla využita morfotektonická analýza kombinovaná se strukturně tektonickou analýzou.

Morfostrukturní analýza DMR zaměřená na křehké porušení horninového masivu je schopna odhalit v konfrontaci se strukturně geologickými poznatky složité strukturní vztahy a vazby mezi terénem a geologickou stavbou oblasti. Vlastní morfostrukturní analýza studované oblasti vychází z konfrontace výsledků z DMR se strukturně geologickými mapami a terénním strukturním mapováním, stejně tak i z měření a syntézy křehké tektoniky (paleonapěťová analýza zlomů, analýza puklinového porušení atd.).

## **Metodické postupy**

Pro komplexní zpracování výsledků strukturní a morfotektonické analýzy bylo vybráno programové prostředí ArcGIS, které je běžně používaným prostředkem GIS. Umožňuje pracovat ve vrstvách s různými daty, provádět jejich analýzy a navzájem jejich výsledky porovnávat. Předností ArcGIS je snadná komunikace s Visual Basicem, ve kterém byly vyvíjené extenze programovány.

Naopak nevýhodou ArcGIS je omezená možnost volby a nastavení interpolačních metod výpočtu DMR. Vzhledem k tomu bylo nutné většinu výpočtů DMR provést v programovém prostředí Surfer, který je v tomto směru mnohem pestřejší. Bohužel v současné době neexistuje softwarový prostředek přímého převodu vytvořených gridů v Surferu do ArcGIS. Proto bylo nezbytné vyvinout extenzi na převod gridů a to tak, aby uživatel mohl v ArcGIS přímo načíst grid jako další vrstvu a dále s ní pracovat.

Úkolem druhé extenze bylo usnadnění vkládání strukturních dat do databáze strukturních měření a celková úprava databáze pro potřebu třetí navazující extenze. Vyvinutý modul je zaměřen na statistické zpracování strukturních dat a vrstev obsahující liniové informace získané z DMR. Současné moduly ArcGIS umožňují analyzovat DMR z různých hledisek, ale neumožňují přímo navzájem porovnat výsledky různých morfostrukturních a strukturně tektonických analýz.

Grafickým výstupem vytvořené extenze jsou různorodé diagramy zobrazující různou orientaci liniových objektů určitého polygonu (říční sítě, vrstevnicového plánu, fotolineamentů, morfolineamentů, atd.) nebo různých strukturních dat (zlomů, puklin, lineací, vrstevnatosti, atd.). Pro snadnější konfrontaci výsledků metod morfostrukturních se strukturně tektonickými bylo nezbytné vytvořit modul, který usnadňuje vzájemnou konfrontaci strukturních a morfotektonických výsledků. Ve vytvořeném modulu výběr analyzovaných dat v dílčích oblastech probíhá naráz pro všechny vrstvy s liniovými nebo strukturními daty, stejně jako vykreslení různorodých diagramů. Dosud se pro určitou dílčí oblast (např. geologická jednotka) musel provádět výběr polygonem pro každou vrstvu zvlášť.

## **Popis funkce první extenze**

Vytvořená funkce implementovaná do prostředí systému ArcGIS převádí data gridů ve formátu GRD, který je používán v prostředí programu Golden Surfer 8 (dále jen Surfer), do prostředí programu ESRI ArcGIS 9 (dále jen ArcGIS) a opačně. Jako formát pro práci s těmito daty v prostředí ArcGIS byl vybrán formát ESRI Grid.

Funkce byla naprogramována pomocí programovacího jazyka Microsoft Visual Basic 6.0 a uložena v dynamických knihovných formátu DLL, které se dají do prostředí ArcGIS importovat. Při konverzi byly použity programové objekty programu Surfer - objekt Grid a objekt Dokument, které umožňují práci s daty ve formátu GRD. Pro vytvoření a práci s daty typu ESRI Grid se využívá převážně objektů knihovny ESRI GeoDatabase, která je k dispozici v systému ArcGIS. Ve formátu ESRI Grid lze uchovávat pouze pravidelné gridy (tvořené čtvercovými buňkami), na rozdíl od formátu GRD, který umožňuje uložení i gridů nepravidelných (tvořených obdélníkovými buňkami). Oba typy souborů obsahují hlavičku, ve které se vždy jiným způsobem definuje lokalizace gridu, počet buněk, jejich rozměr, minimální, maximální, příp. nulové hodnoty atd. Za hlavičkou následuje výčet jednotlivých hodnot buněk.

Při programování konverzních funkcí se vyskytlo několik problémů, které bylo potřeba vyřešit:

- Bylo nutné kontrolovat vstupní GRD soubory, zda mají pravidelný grid. V případě nepravidelného gridu se po vypsaní chybového hlášení procedura ukončí.
- Pro tvorbu hlavičky nového souboru musí být některé parametry vypočítávány, jiné se převezmou z původního souboru. Parametry, které je nutné vypočítat při konverzi z formátu GRD do formátu ESRI Grid jsou velikost buňky gridu, souřadnice levého dolního rohu gridu. K přepočtu souřadnic dochází z důvodu jiného způsobu načítání a zobrazování gridu, zatímco je ve formátu GRD přiřazena souřadnice

středu buňky, tak ve formátu ESRI Grid je přiřazena souřadnice levému dolnímu rohu buňky. Při převodu dat z formátu ESRI Grid na formát GRD je nutné vypočítat minimální a maximální hodnotu na ose X a Y, a minimální a maximální hodnotu buněk. Nulové hodnoty se u jednotlivých formátů liší. V případě, že se jedná o buňku s nulovou hodnotou, je nutné tuto hodnotu změnit dle zvoleného konverzního formátu.

- U formátu GRD se načítají řádky gridu odspodu nahoru, narozdíl od formátu ESRI Grid, u kterého se řádky načítají ze shora dolů. Proto bylo nutné zapisovat řádky v opačném pořadí.

Jediné vstupní informace, které je nutné při spuštění funkcí zadávat jsou cesty, názvy vstupních a výstupních souborů. Na konci celé operace dojde k automatickému vykreslení výstupů v prostředí ArcGIS, resp. Surfer.

### **Popis funkce druhé extenze**

Vyvinutý ovládací prvek nástrojové lišty slouží pro interaktivní a rychlé ukládání poloh souřadného systému JTSK vybraných na mapě, společně se zadanými hodnotami popisujícími vybrané pozice. Aplikace je zkompileovaná jako COM komponenta využívající datový model ArcObjects firmy ESRI, kterou je možno zaregistrovat v aplikaci ArcMap a využívat její funkci. Pro interakci uživatele s aplikací jsou v knihovně implementovány rozhraní Icommand a Itool.

Registrace této DLL knihovny probíhá za pomoci „customize...“ dialogu a umístění ovládacího tlačítka na lištu nástrojů. Nástroj je aktivní pouze pokud je aktivní i vrstva. Je tedy nutno vybrat tu vrstvu, která je součástí bodového shapefile souboru, do kterého chceme ukládat výsledky výběru společně s dalšími zadanými hodnotami. Při inicializaci nástroje se změní kurzor myši indikující použití právě vybraného nástroje. Nyní je možno začít s výběrem pozice v mapě. Po výběru pozice se testuje, zda aktivní vrstva je součástí bodového shapefile souboru, do které se budou ukládat výsledky. V negativním případě není vybraná pozice registrována a uživatel obdrží varovnou hlášku. Pokud je vše v pořádku, otevře se dialog, v němž jsou zobrazeny hodnoty souřadnic X a Y v souřadném systému JTSK vybrané pozice, popup menu pro výběr jednoho z několika nabízených typů sledovaných objektů a pole pro zadání hodnot směru a úklonu. Na místě kliku se vykreslí v mapě modrá značka. Při nevhodném výběru polohy může uživatel opakovaně provádět výběr místa v mapě (modrá značka se přesouvá na místo aktuálního výběru), a hodnoty X a Y se v dialogu průběžně mění. V případě nalezení vhodného místa a vyplnění hodnot v dialogu se tyto potvrdí přidáním místa a hodnot do zásobníku. Dále je možno opakovaně pokračovat výběrem dalšího nového místa pro umístění modré značky (opět je možno provádět korelaci umístění), zadáním hodnot v dialogu pro toto nové umístění a rychlým přidáním místa do zásobníku. Po přidání jednoho a více míst do zásobníku provede uživatel uložení těchto hodnot do bodového shapefile vybraného při inicializaci nástroje. Tím se veškeré hodnoty nastřádané rychlým přidáváním do zásobníku uloží do diskových souborů. Po tomto bezpečném uložení je opět možné od začátku naplňovat nyní prázdný zásobník novými místy a hodnotami a při ukončení práce opět vysypat zásobník do bodového shapefile souboru. V případě, že se uživatel rozhodne ukončit dialogové okno a v zásobníku se stále nachází neuložené hodnoty, je na tuto skutečnost upozorněn. Pokud je v zásobníku nastřádáno 64 pozic, zásobník se automaticky přepíše do shapefile.

Při pozdějším otevření tohoto bodového shapefile souboru jsou všechny dříve uložené polohy míst vykresleny do mapy. V databázi shapefile se navíc u těchto poloh nacházejí záznamy, které blíže specifikují tyto pozice a je možno je dále zpracovávat.

### **Popis funkce třetí extenze**

Popisovaná aplikace je vytvořena jako nadstavba programu ArcMap. Při jejím vytváření byly použity předprogramované objekty firmy ESRI – ArcObjects. Tyto objekty tvoří základní stavební kameny systému ArcGIS, jehož součástí je i ArcMap.

Aplikace je rozdělena do čtyř modulů. Interakce uživatele je zajištěna formulářem. Jeho prostřednictvím je uživatel dotázan na vstupní data a druh analýzy: vykreslení růžicových diagramů nebo barevné rozlišení jednotlivých úseků podle azimutů. Je samozřejmě možné provést obě analýzy současně. Po vybrání požadované analýzy je formulář rozšířen a umožňuje zadat informace potřebné pro provedení vybrané analýzy. Jedná se zejména o barevná schémata pro vykreslení růžic a směrů a o výstupní textový soubor (růžicové diagramy) nebo shapefile (vykreslení směrů).

Nejdůležitější částí je modul výpočtu azimutů, který je společný pro obě analýzy. Výpočet je rozdělen do dvou částí. V první je proveden pro linie, které leží celé uvnitř obálky (hraničního polygonu) – např. mapového listu. Každá vybraná linie je rozdělena na jednotlivé segmenty a u těchto segmentů je spočtena jejich

délka. Pokud je délka segmentu větší než minimální délka zadaná ve formuláři, je spočten azimut tohoto segmentu. V druhé části je výpočet proveden pro linie, které obálku pouze protínají. Zde je výpočet složitější. U každého segmentu linie je nejprve nutné zjistit, zda leží celý uvnitř obálky. Je tedy nutné procházet celou linii, bez ohledu na to, kolik segmentů z celé linie leží uvnitř obálky. Po vybrání segmentů linií je výpočet stejný jako v prvním případě.

Následné zpracování hodnot azimutů se liší podle použité analýzy. V případě růžicových diagramů jsou spočítány četnosti azimutů v jednotlivých intervalech a následně vrcholy jednotlivých trojúhelníků růžicového diagramu. Vykreslení probíhá v pořadí: pozadí, trojúhelníky, pomocné kružnice a na závěr směrový kříž s označením severního směru. Střed diagramu je umístěn do bodu, který je v ArcMapu označen jako LabelPoint. Umístění tohoto bodu vychází z těžiště hraničního polygonu. V případě, že by těžiště leželo vně tohoto polygonu, je LabelPoint posunut dovnitř polygonu. Poloměr diagramu zadává uživatel ve vstupním formuláři. Azimuty jsou uloženy do výstupního textového souboru, aby bylo umožněno jejich případné další zpracování.

Pro vykreslení barevného rozlišení směrů jsou spočtené azimuty uloženy do výstupního shapefile souboru. Tento soubor je přidán jako vrstva do ArcMap. Při jeho vykreslení je použito rozdělení do intervalů a každý tento interval je vykreslen jinou barvou. Barevnou škálu určuje uživatel zadáním počáteční a koncové barvy, na jejichž základě je škála vygenerována.

### **Ověření funkčnosti a vhodnosti použití**

Správnost funkce a vhodnost použití vytvořených modulů při morfotektonické analýze byla ověřena ve vybraném testovacím území Opavska. Požadavkem správné funkce první extenze při převodu dat gridu ze Surferu do ArcGIS je existence gridu formátu GRD s čtvercovou buňkou. Formát ESRI může uchovat pouze pravidelný grid tvořený čtvercovými buňkami na rozdíl od formátu GRD, který umožňuje uložení i nepravidelných gridů tvořených obdélníkovými buňkami. Uživatel musí tuto skutečnost zohlednit již při vytváření gridu v Surferu. Při automatickém načtení vstupních dat, Surfer implicitně nastaví maximum a minimum osy X a Y podle okrajových vstupních bodů. Při následném rozdělení tohoto prostoru na celočíselný počet řádků a sloupců, vznikne jen zcela výjimečně přesně čtvercová buňka gridu. Proto je vhodnější zadat stejnou velikost gridové buňky pro osu X i Y a upravit následně maxima a minima na těchto osách, aby počet řádků a sloupců byl celočíselný.

Vhodnost použití první extenze byla ověřena nejen při vytváření vlastního gridu DMR, ale také při převodu gridů druhé směrové derivace DMR, která se používá při studiu zakřivení reliéfu a následné studii morfolineamentů (Jordan et al. 2003). Široká škála metod analýzy DMR v ArcGIS, které nelze provést v Surferu a naopak, rozšiřuje pole použití vytvořeného modulu. Možnost převádět jakékoli gridy patřičného formátu nabízí jeho použití i v celé řadě jiných oborů než jen v morfotektonické analýze.

Druhá z vytvořených extenzí byla testována při vkládání nových strukturních dat do již existující databáze strukturních měření. Vlastní způsob doplňování dat databáze je velmi elegantní. Uživatel lokalizuje místo získání dat přímo v mapovém podkladu načtené vrstvy v ArcMapu nebo jej může zadat podle souřadnic zvoleného souřadnicového systému (např. při vkládání dat lokalizovaných pomocí GPS). Extenze je přímo propojena s třetí vytvořenou extenzí, která analyzuje strukturní data a libovolné liniové objekty. Umožňuje provádět strukturní a morfostrukturní analýzu současně. Způsob zobrazení výsledků je volen tak, aby vzájemná korelace mezi nimi byla snadná. Vhodnost aplikace vytvořeného modulu přímo vychází z běžného použití a konfrontace strukturních a morfostrukturních analýz při studiu morfotektoniky (Centamore et al. 1996, Jordan et al. 2003, Hartvich 2004, atd.).

Během testování liniové vrstvy, kterou byla říční síť zájmové oblasti, se vyskytly problémy technického i aplikačního rázu. První problém vyvstal s volbou minimální délky analyzované linie. Při analýze říční sítě je nezbytné odstranit meandrující části řeky, které nevystihují svým směrem generelní směr toku. Pokud se pro měřítko 1:50 000 převezme běžné nastavení minimální délky 200 m pro podobný typ reliéfu (Hartvich 2004), dojde k odfiltrování velkého množství úseků. Ve zbylé skupině analyzovaných toků pak dominují uměle narovnané části a to především v městských aglomeracích. Aby nedošlo ke zkreslení výsledku analýzy říční sítě, je nutné předem odfiltrovat z datového souboru napřímené úseky toků, případně polygony městských aglomerací do analýzy vůbec nezahrnovat. Před vlastní analýzou musí být odfiltrovány také okraje vodních ploch. Často jedinou přímoúhelníkovou linií na obvodovém polygonu vodní plochy je uměle vybudovaná hráz.

Z výsledku testování říční sítě vyplynulo, že je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost vhodnému nastavení minimální délky analyzovaného úseku pro každý typ reliéfu zvlášť. Modul umožňuje provést současně směrovou analýzu v různých polygonech, čehož bylo využito při analýze testované oblasti Opavska. Pro členitý reliéf Nízkého Jeseníku byl nastaven minimální úsek jiný, než pro rovinný reliéf Středoevropské nížiny. U

rovinatých reliéfů je mnohem těžší nastavit délku minimálního úseku. Pokud se délka stanoví moc malá, jsou analyzovány i části meandrů či mrtvých rmen. Výsledné směry meandrujících koryt mají zcela odlišný průběh od generelního směru říčního toku.

## Závěr

Vhodné použití vytvořených extenzí při morfotektonické analýze vyžaduje ze strany uživatele zvýšenou opatrnost. Každá z morfometrických, morfostrukturních nebo strukturních analýz má svá specifika, na která uživatel musí být předem připraven. Pokud nebudou respektována uvedená doporučení, nemusí moduly fungovat správně nebo výsledky z nich získané nebudou hodnověrné.

Významný přínos má projekt v oblasti metodické. Vytvořené extenze doplňují metody studia morfotektoniky a strukturně tektonické analýzy v prostředí GIS a uživatelsky zjednodušují práci. Umožňují využití morfostrukturních metod studia reliéfu krajiny při zjišťování křehké tektoniky prostřednictvím interpretace DMR, při přesném vytýčení průběhu zlomových ploch v terénu, v inženýrské geologii při zjišťování stability svahů nebo při jejich sanaci, při průzkumu pro výstavbu liniových staveb, tunelů, přehrad a jaderných elektráren nebo při vytváření geologických map.

Projekt byl řešen z metodického hlediska v rámci interního grantu IGS 2101 s názvem „Vývoj a aplikace programových extenzí ArcGIS pro účely strukturní a morfotektonické analýzy“ a výsledky budou využity v rámci grantu GAČR č. 105/05/P545 s názvem „Morfotektonická analýza zlomového porušení na styku variského a karpatského orogénu, ve vztahu k migračním cestám metanu a stabilitě horského masivu“.

## Poděkování

Autor děkuje za podporu VŠB-TU Ostrava projektem IGS 2101 a Grantové agentuře ČR projektem 105/05/P545.

## Literatura

- [1] Ahnert F. (1998): Introduction to Geomorphology. London, *Arnold*.
- [2] Bloom A. L. (1998): Geomorphology – A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms. New Jersey USA, *Prentice Hall Upper Saddle River*.
- [3] Centamore E., Ciccacci S., Del Monte M., Fredi P., Lupia Palmieri E. (1996): Morphological and morphometric approach to the study of the structural arrangement of northeastern Abruzzo (central Italy). *Geomorphology 16, Elsevier Science, s. 127–137*.
- [4] Dopita M., et al. (1997): Geologie české části hornoslezské pánve. Praha, *Ministerstvo životního prostředí ČR*.
- [5] Grygar R., Jelínek J. (2001): Alpine rejuvenation of Epi-Hercynian foreland – the complex morphostructural and tectonic analysis (Moravosilesian region, Bohemian massif). *Geolines, 13, 6th Meet. Czech Tectonic Group Donovaly – Nízké Tatry, May 3-6, s. 60-61*.
- [6] Grygar R., Vavro M. (1995): Evolution of Lugosilesian Orocline (North-eastern periphery of the bohemian Massif): Kinematics of Variscian deformation. *Journal of the Czech Geological Society, 40, 1-2, s. 65-90*.
- [7] Hartvich F. (2004): Morfostrukturní analýza SV okraje Šumavy v okolí Pošumavského zlomu. *Miscellanea geographica 10, KGE, s. 54 – 67*.
- [8] Jelínek J., Grygar R. (2002): Interaction Between Alpine and Variscan Orogeny on the Basis of Study Digital Elevation Models – Moravosilesian Area. *Acta Montana, Praha, IRSM AS CR, 20 (124), s. 51-55*.
- [9] Jordan G., Csillag G., Szucz A., Qvarfort U. (2003): Application of digital Terrain modelling and GIS methods for the morphotectonic investigation of the Kali Basin, Hungary. *Zeitschrift fur Geomorphologie, Neue Folge, 47, s. 45–169*.
- [10] Pánek T. (2004): Morfotektonika slezského a magurského příkrovu na území Západních Beskyd (Česká republika). *Geografický časopis, 56, 2004/4, s. 315-335*.
- [11] Ritter D. F., Kochel R. C., Miller J. R. (2002): Process geomorphology - fourth edition. New York, *The McGraw-Hill Companies*.

## Summary

Modern methods of morphotectonic study make use of results of morphometric analysis of digital terrain models (DTM) confronted with results of structure tectonic analysis. Unfortunately there is no accessible software at GIS, which would be able to perform combined morphotectonic and structure analysis on DTM data. The object of this work was aimed to create user friendly software for simultaneously statistic analysis of field structural data and morphostructural DTM data at ArcGIS 9.0. The software ArcGIS 9.0 was chosen as common GIS software. An asset of ArcGIS is facile linkage with Visual Basic, which was used as programming language for created extensions. A disadvantage of ArcGIS is a limited set of interpolation methods for calculation of DTM. For that reason DTM were calculated by Surfer 8 software. This program is better for interpolation of DTM. Unfortunately at the present-day no software module for transformation grid data from GRD file format of Surfer to grid data ESRI format of ArcGIS exists.

### The first extension

The created function, that is implemented to the ESRI ArcGIS 9 system, transforms grid data in GRD file format, that is used in program Surfer 8, to the system ArcGIS and the other way around. ESRI Grid file format was chosen as file format for work with this data in interface of ArcGIS.

The function was programmed by use of Microsoft Visual Basic 6.0 and saved in dynamic link libraries (DLL file format), that can be imported into ArcGIS. During programming of conversion program objects of program Surfer – object Grid and object Document that allows work with data in GRD file format were applied. Objects from ESRIGeoDatabase library available in ArcGIS system are mostly used for creating and working with ESRI Grid data. Only regular grids (grids built of square cells) can be saved in ESRI Grid file format, in contrast to GRD file format, that also allows saving of irregular grids (grids built of rectangle cells). Both types of file format contain heading, where every time in other form localization of the grid is defined, count of cells, their extent, minimum, maximum, eventually null values etc. Single cell values follow the head.

During programming of conversion functions, some problems must have been solved:

- Regularity of the grid in input GRD files must be tested. In case of irregular grid, user can see a message box with error message and follow end of procedure.
- By creating of new file heading some parameters must be calculated, others are taken from the original file. Parameters that must be calculated by conversion from GRD file format to the ESRI Grid file format are cell size of the grid, coordinates of the left lower corner of grid. Conversion of coordinates is necessary, because both file formats use different method of grid reading and presentation. In GRD file format coordinates are assigned to the middle of the cell, in ESRI Grid file format are assigned to the lower left corner of the cell. At data transformation ESRI grid file format to the GRD file format is necessary to calculate minimum and maximum values of x and y axis and minimum and maximum values of cells. Null values are different in particular file format. In the event that some cell has null value, then this value must be changed according to chosen conversion format.
- At GRD file format rows must be read from bottom to the top, at ESRI Grid file format the other way around. Therefore it is necessary to write rows in reverse order.

The only input parameters that user must input during execution are paths and names of input and output files. After operation completing output data are displayed in ArcGIS or Surfer interface.

### The second extension

This application was developed as an operating element of toolbar for ArcMap software, which is instrumental to interactive and fast data storage, as are positions of system of JTSK coordinates selected in a map, together with dated up valuations, which describe the places.

This adjusting element is compiled as a COM component based on ArcObjects data model library of ESRI company, so it's easy to integrate this tool by registering with the operating system. To register this DLL component use Customize dialog box, and then put the command button to the toolbar. This tool is useable only if a layer is selected. The layer should be part of point shapefile, where the data will be stored. After start-up the mouse pointer is changed to indicate the use of this tool. Now it's possible to mark the position on the map. There will be drawn blue mark. After this the dialog box will appear with displayed values of X and Y coordinates of marked position. There are also fields where user enters values of direction and gradient and popup menu where user can select one type of object in view. By misplaced choice of position user can repeatedly do the choice of correct location in the map (the blue mark is moving to current place and the X,Y

values are fluently changed). In the case of finding the correct position and correct filling values in the dialog box user adds them to the stack storage. Now it's possible repeatedly to find the other new location with eventual correlation to fit the blue mark in place, to enter values of direction and gradient and store quickly all to the heap. If there are one or more locations added to the heap the user achieves data storage of this heap to the point shapefile. After this safety storage into disc file there is again a new occasion to fill empty heap and then anew move content of heap to the file when the work is finished. In case the user decides to terminate dialog box and there are some unsaved data in the heap, the warning appears. If there is saved up 64 items in the heap, it's automatically written into disc file.

When this point shapefile is opened and worked with in the future, all of previous saved locations will be drawn into the map. In a database of this shapefile there are stored additional data, which specify these positions and can be accessed in the future.

### **The third extension**

Described application is made as ArcMap extension. It was created with the utilization of ArcObjects – preprogrammed objects made by ESRI company. These objects form the basic building stones of ArcGIS, which also includes ArcMap. Application is written in Visual Basic 6.0 programming language.

Application consists of four modules. Entry form provides the user interaction. Via this form the user is asked for entry data and also a requested analyses: rose diagrams drawing or color adjustment of separated azimuthal angles. It's possible to use both analyses at the same time. Once user chooses desired analysis, the form expands and allows entry of information needed for the usage of the selected analysis: color schemes for rose diagrams and azimuthal angles drawing and output text file (rose diagrams) or output shapefile (color adjustment).

The most important part is a counting module, which is common for both analyzes. Calculation is divided into two parts. In the first part the calculation is made for the lines which lie completely inside the envelope (border polygon) – e.g. map list. Each selected line is divided into segments and the length of each segment is counted. Azimuth is counted only when the segment is longer than a minimum length asked through the entry form. In the second part, the calculation is made for the lines which lie only partially inside the envelope. The calculation is more difficult here. Whole lines are divided into segments and for each segment is found out, if the segment lies inside the envelope or not. So it's necessary to loop through the whole line, no matter how many segments of the line lie inside the envelope. After the selection of segments, the calculation continues the same way as in the first case.

Subsequent processing of computed azimuthal angles depends on the selected analysis. In the case of rose diagrams, percentage occurrences in each interval and vertices of triangles for each interval are counted. The order of rose diagram's drawing is: background, triangles, supporting circles and directional cross with label in the north direction. The centre of rose diagram is placed to a point called LabelPoint in ArcMap. This point's position lies in the centre of gravity of the envelope. When the centre of gravity lies outside the envelope then LabelPoint is moved into the envelope. The diagram's diameter is entered by a user in the entry form. Azimuthal angles are stored in output text file, so it's possible to work with them in the future.

In the case of colour adjustment, angles are stored in shapefile. This file is added as a layer into ArcMap and each interval is drawn by different colour. User enters the first and last colour of the colour ramp in the form.

Correct of function and suitability of using created extensions at a morphotectonic analysis was tested in chosen Opava territory. The GRD grid format with a square cell is the requirement for correct function of a first extension at transmission data grid from Surfer to the ArcGIS. Format ESRI is able to save only regular grid with square cells in contradistinction to GRD format, which allows storage of an irregular grid formed from rectangular cells. The user must already take into account this fact at generation of the grid in Surfer. Surfer normally sets maximum and minimum X and Y on the base of border input points at automatically loaded input data. Exactly square matrix cell grid will originate only quite rarely at partition data spaced on integer number of lines and columns. Therefore it is more suitable to order the same size of the grid cell along both X and Y axes and to adjust subsequently maxima and minima upon this axis.

Suitability of using the first module was tested not only at generation grid of DTM, but also at transmission, a grid data of second directional derivation of DTM. This analysis is employed at study of curvature relief and study of morpholineaments (Jordan et al. 2003). The impossibility to implement morphotectonic methods for analyses of DTM from ArcGIS to Surfer (and on the contrary) extends field of usage of created extensions. The possibilities of transforming various grids offer their uses in all series of other field of study not only in morphotectonic analysis.



The second one from created extensions was tested at insertion of new structural data to the already existent database of structural measurement. The way of refilling structural data to the database is very comfortable. User localizes place obtained data directly at the map field of loaded coverage in ArcMap or he is able to enter the data by coordinates at selected coordinate system (e.g. at data insertion localized by the help of GPS). Extension is directly interconnected with the third created extension, which analyses structural data and any line objects. The third extension allows to do structural and morphostructural analysis at the same time. Mode of representation of results is selected so that mutual correlation between them is easy. Suitability of application created modulus directly results from common using and confrontation structural and morphostructural analysis at study of morphotectonic (Centamore et al. 1996, Jordan et al. 2003, Hartvich 2004, etc.).

User must be very careful of using of created software modules in morphotectonic analysis, because each morphometric, morphostructure or structure analysis has its own particulars. If mentioned recommendation is not recognized, modules can malfunction or results obtained from them will not be trustworthy.

Recenzenti: Prof. Ing. Vladimír Židek, CSc., Ústav geoinformačních technologií, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně,  
Ing. Martin Klimánek, Ústav geoinformačních technologií, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.