

Geomorfologický informační systém jako nástroj geomorfologické analýzy

Pavel Mentlík

pment@kge.zcu.cz

Katedra geografie FPE ZČU v Plzni, Veleslavínova 42, Plzeň

Pavel Mentlík: *Geomorphological information system as a tool of geomorphological analysis.* The article discusses content of geomorphological analysis. Geomorphological information system is suggested as an environment as well as a tool of the analysis.

Key words: geomorphology, geomorphological analysis, geomorphological information system.

„Geomorfologické mapování je hlavní výzkumná metoda užívaná v geomorfologii v mnoha zemích“ (DEMEK & EMBLETON 1978, s. 313). Tato myšlenka odráží základní paradigma, které převládá v české geomorfologii, kdy tvorba (komplexní) geomorfologické mapy v určitém měřítku a vysvětlení geneze jednotlivých forem je v podstatě cílem geomorfologických výzkumů. Naopak, geomorfologové britští či severoameričtí by mohli být takovýmto zdůrazněním významu geomorfologického mapování dosti překvapeni (EVANS in GOUDIE edit. 1994).

Velký význam přikládáný výzkumu geomorfologických procesů a odklon od geografických tradic, zatlačily v těchto zemích geomorfologické mapování na okraj zájmu, přestože má význam v mnoha aplikovaných studiích. Tvorbě komplexní geomorfologické mapy je v britské a severoamerické geomorfologii věnována jen velmi malá priorita, i když mnoho prací obsahuje mapy vybraných geomorfologických forem (EVANS in GOUDIE edit. 1994).

Tento vzájemný odklon výzkumných postupů má kořeny ve vývoji geomorfologie jako vědního oboru. V anglicky mluvících zemích se po rozčarování plynoucího z teoretických a metodických problémů, jež vznikaly při aplikaci Davisova cyklu jako základního paradigmatu geomorfologie, většina geomorfologické komunity přiklonila k postupům nastíněným HORTONEM (1945) a STRAHLEREM (1952), kdy pozornost byla zaměřena především na recentní geomorfologické procesy.

Aplikace Davisova cyklu spočívala v zařazení (klasifikování) forem zkoumaného reliéfu do určitého stádia stanoveného cyklického vývoje reliéfu. Z pokračujících výzkumů však vyplývalo, že není možné vycházet z postavení forem v rámci určitého (předpokládaného) cyklu, ale spíše je nutné hledat jedinečnou sekvenci procesů vedoucí ke vzniku formy či forem (ANDERSON & BURT in GOUDIE edit. 1994). Pro tento účel však výrazně chybělo porozumění základním mechanismům geomorfologických procesů, navíc nebyly k dispozici metody, které by umožňovaly přesněji určovat (ověřovat) jak genezi, tak chronologii forem (absolutní či relativní stáří). Spíše než na popis formy a její zařazení v rámci předpokládaného cyklu (cyklů) po určité změně, bylo proto zaměřeno geomorfologických výzkumů navrženo tak, aby bylo možné odpovídat na následující otázky: jaký proces vedl k

dané změně? V jaké míře tento proces působil? Jaký efekt měl tento proces na sledovanou formu a jaký její následný vývoj je možné předpokládat v budoucnu (ANDERSON & BURT in GOUDIE edit. 1994)?

Celkově se dále změnila cesta, kterou geomorfologové vysvětlovali a zkoumali zjištěné poznatky, a to od induktivního způsobu k deduktivnímu, kdy základem výzkumu není pouze vnímání a popis přírodních prvků a zákonitostí, ale i návrh hypotéz a jejich zpětné ověřování.

Zaměření pozornosti na procesy (zejména recentní procesy) mohlo být (kromě jiného) ovlivněno následujícími důvody:

- výsledky výzkumů přinášely poznání mechanismů působení geomorfologických procesů (poznání jakou rychlostí a způsobem procesy utváří geomorfologické formy); zjištěné skutečnosti mohly v budoucnu umožnit lepší poznání fungování geosystémů, a tedy i chronologie forem; zajistily by tak renesanci “komplexní” geomorfologie.
- Zjištěné poznatky měly velký okamžitý aplikační význam, protože přinášely možnost řešení problémů spojených s aktuálními přírodními riziky.

I z tohoto pohledu se však jeví užití komplexního geomorfologického mapování (a tím např. zasazení činnosti recentních geomorfologických procesů do širšího kontextu) jako neprávem opomíjené, právě proto, že komplexní geomorfologická mapa řeší zkoumané území jako celek. Odráží se v ní celkový vývoj daného území, vzájemné vztahy jednotlivých forem a jejich částí – je řešen vztah starých, mladších a recentních částí reliéfu. Proto by informace o příčině, průběhu a dalším vývoji měly být podstatně komplexnější, dokonalejší, než v případě, kdy se zabýváme selektivně pouze vybranými formami či procesy.

Příčinu opuštění geomorfologického mapování a tím i snahy o komplexní poznání reliéfu je možné hledat v následujících problémech, které geomorfologické mapování poměrně často provázely:

- Zpravidla nebyla užívána metoda zajišťující, aby všem částem zájmového území byla věnována stejná pozornost (stávalo se, že některé “atraktivní” části zkoumaného území byly zmapovány velmi podrobně; na druhé straně, partiím bez výrazných nebo zajímavých geomorfologických forem bývala věnována menší pozornost). Výjimkou bylo tzv. morfologické mapování (např. SAVIGEAR 1965).
- Neexistovalo zařízení a prostředí umožňující dostatečně přesný sběr, ukládání a analýzy velkého množství dat využívaných při geomorfologických výzkumech. Mnoho relevantních informací tak bylo v mapě potlačeno nebo tam nebylo reprezentováno vůbec.
- Nebyl explicitně definován metodický postup geomorfologického mapování (analýzy) zaručující formulaci jasných hypotéz a jejich následnou verifikaci (URBÁNEK 2000a, b).
- U mapovaných forem byla jenom zřídka přímo ověřována jejich geneze (negeomorfologickými metodami).
- Nebyla uplatňována systémová analýza, formy byly často mapovány jako individua bez pokusu o zařazení do příslušného geomorfosystému (palegeomorfosystému).

Můžeme si položit otázku, zda v uplynulých letech s rozvojem geomorfologie, a ostatních vědních disciplín, nedošlo ke změnám umožňujícím řešení výše uvedených problémů.

- Jako příklad přístupu řešícího zájmové území jako celek můžeme uvést mapování prostřednictvím elementárních forem reliéfu (MINÁR & EVANS 2007). Při užití tohoto postupu je všem částem zkoumaného území věnována stejná pozornost.
- Geografické informační systémy (GIS) umožňují ukládat a analyzovat velké množství relevantních dat. Přirozeně se nabízí možnost tvorby specializovaného GIS zaměřeného na řešení geomorfologické problematiky, ve kterém jsou dostupné veškeré relevantní údaje o geomorfologii zkoumaného území. Příkladem může být geomorfologický informační systém (GmIS) (MINÁR et al. 2005).
- Na metodologické problémy spojené s geomorfologickou analýzou upozorňuje URBÁNEK (2000a, b). Její integrace do GmIS je prezentována v práci MENTLÍKA et al. (2006) (viz níže). Je důležité explicitně formulovat postup geomorfologické analýzy tak, aby odpovídal deduktivnímu modelu vysvětlování reality (viz ANDERSON & BURT in GOUDIE edit. 1994; s. 4). Geomorfologická analýza by měla vést ke stanovení hypotézy vývoje zájmového území. Verifikování této hypotézy (nedílná součást geomorfologické analýzy) pak zpětnou vazbou přispívá ke zvyšování znalostí o geomorfologii zkoumaného území.
- Rozvoj všech vědních disciplín v posledních desetiletích přináší velké množství metod (fyzikálních, chemických, biologických, geologických a geofyzikálních např. DURAS et al. 2005), jež je možné využít pro verifikaci výsledků geomorfologických výzkumů (stanovených hypotéz).
- Systémová analýza by měla být nedílnou součástí geomorfologické analýzy – krok systematizace (viz níže). Jasně definované geomorfosystémy (současné i minulé) jsou reprezentací prostorového uspořádání jednotlivých částí (paleo)geomorfosystémů a umožňují verifikování geneze jednotlivých forem i morfochronologických fází (jako celků) (více viz MENTLÍK 2007).

Geomorfologická analýza vychází ze základního předpokladu, že činnost geomorfologických procesů se přímo odráží ve tvarech georeliéfu. Jeho výzkum tedy poskytuje vodítko k poznání těchto procesů v přítomnosti i minulosti. Proces geomorfologické analýzy v GmIS vychází z konceptu URBÁNKA (2000a, b) a může být shrnut následujícím způsobem:

Identifikace – vymezení zájmového území; vrstva reprezentující zájmové území je nezbytnou součástí základních vrstev GmIS. Zájmové území je vymežováno s ohledem na charakter zkoumaného území (či spíše předpokládaných procesů v daném území) – např. při výzkumu glaciálních forem ve středohorách je nutné do zájmových území zahrnovat i hřbetové partie (jako deflační plošiny – zdrojové oblasti sněhu pro níže položené kary).

Diferenciace: 1. fáze – vymezení elementárních forem reliéfu v souladu s jejich morfologickými a morfometrickými charakteristikami. V GmIS je tato fáze vyjádřena jednou z nejdůležitějších částí celého systému – vrstvou elementárních forem reliéfu (MINÁR & EVANS 2007). K jejich vymezení je využíváno mapy

vrstevnic, morfometrických map a terénního výzkumu. V této fázi má velký význam i analýza morfologie – zejména tvorba různých profilů a terénní mapování (ověřování hranic elementárních forem reliéfu a tvorba mapy dokumentačních bodů – zpracovávání přirozených výchozů, vývratů, údajů z geologických vrtů atd.).

2. fáze – určení geneze hlavních a nejvýraznějších morfogenetických forem (na úrovni geomorfologických druhů) – vznikají seskupováním (grupováním) elementárních forem reliéfu. Tyto formy jsou označovány jako “primárně určené morfogenetické formy“. Výstupem v GmIS je “primární geomorfologická mapa“. Příkladem těchto forem v glaciálním reliéfu jsou kary, morénové valy atd.

3. fáze – v této fázi přechází informace uložené v dokumentačních mapách (bodech a liniích) k jednotlivým elementárním formám (resp. morfogenetickým formám) a upřesňují znalosti o jejich genezi. Prostřednictvím informací získaných z dokumentačních bodů, jsou v této fázi geneticky určována nová geomorfologická individua.

Systematizace – v průběhu geomorfologické analýzy byly dosud identifikovány formy, které jsou součástí paleogeomorfosystémů (fossilních či recentních), které jsou na jejich základě v této fázi geomorfologické analýzy rekonstruovány. Jako základ této rekonstrukce slouží dosud geneticky určená geomorfologická individua a geneze dalších forem je určována na základě prostorové vazby vůči nim. Tento proces může probíhat v několika krocích. Výstupem je sekundární mapa georeliéfu, pokrývající celé zájmové území.

Je zřejmé, že míra důvěryhodnosti identifikace geneze (ale i stáří) je u jednotlivých geomorfologických forem různá, což je vhodné zaznamenávat jako atribut v GmIS (např. chronologie je vyjadřována pětímístnou stupnicí, kde numericky datovaným formám je přiřazena hodnota 5, formám datovaným dvěma metodami relativního datování hodnota 4 a formám “nedatovatelným” hodnota 1; míra věrohodnosti geneze forem je vyjadřována podobně).

Jak již vyplývá z předchozího textu, při analýze **morfochronologie** jsou využívány různé datovací metody (pro absolutní i relativní datování). Je třeba říci, že poměrně dobrým vodítkem k relativnímu datování může být i geomorfologická poloha forem (např. u glaciálních akumulčních forem), která sama o sobě může vést k vytvoření hypotézy o vývoji zájmového území. Tato hypotéza musí být následně verifikována dalšími metodami. Z metod relativního datování bývá při geomorfologických výzkumech poměrně často využíván tzv. Schmidt hamer test (GOUDIE 2006). Dobré je však využívat minimálně dvě na sobě nezávislé metody (např. Schmidt hamer test a lichenometrii – EVANS et al. 1999 nebo drsnost skalních povrchů MENTLÍK 2006). K numerickému datování je využívána celá řada metod. Jejich užití je vždy poměrně nákladné a mělo by být nasazováno v posledních fázích výzkumů. V geomorfologii se datování vztahuje buď k vývoji určitých forem (kosmogenní izotopy – COCKBURN & SUMMERFIELD 2004) nebo ke korelačním sedimentům odrážejícím dynamiku určitého procesu (procesů) ve zkoumaném území – radiokarbonové datování např. BRADLEY (1999), luminiscenční metody (SPENCER & ROBINSON 2008).

Cílem výzkumu **morfodynamiky** je definování současných geomorfologických procesů a forem, které vznikají jejich činnostmi a stanovení recentního geosystému (více viz HARTVICH 2007).

V následující syntetické části geomorfologické analýzy je **stanovena hypotéza geneze zájmového území**. Hypotéza by měla pokrývat všechny aspekty vývoje zkoumané oblasti, přičemž některé závěry (většinou zejména ty, které řeší zájmové území v rámci větších celků nebo ty, které se zabývají velmi starými formami) jsou podloženy hůře a jiné lépe. Hypotéza by se tedy měla skládat z jednotlivých tvrzení, při jejichž formulaci klademe důraz na jejich následné ověření či vyvrácení.

Verifikace či falsifikace hypotézy je provedena na základě dalších nezávislých výzkumů, jimiž je vypracovaná hypotéza testována. Tyto výzkumy by měly být (pokud možno) nezávislé na výsledcích geomorfologické analýzy. Příkladem je využití rozboru mikrostruktur křemenných zrn, granulometrie a rozbor vnitřní mikrostavby sedimentů, geofyzikální metody, pylové analýzy apod.

Uvedený postup geomorfologické analýzy je pouze jednou z mnoha možností, jak ke komplexnímu zkoumání reliéfu přistupovat. Je však zřejmé, že rozvoj podobných, exaktně založených postupů ukotvených v geografických informačních systémech, je do budoucna velmi důležitý – zejména pokud výsledky geomorfologických výzkumů mají být využitelné jako syntetizující i rozšiřující prvek pro ostatní vědy o Zemi (více viz MINÁR & MENTLÍK 2007).

Poděkování: Příspěvek byl vytvořen v rámci projektu podporovaném grantem GA AV ČR B300460501 a projektu mezinárodní vědecko-technické spolupráce SK-CZ-05106.

Literatura

- BRADLEY, R. S. 1999. *Paleoclimatology Reconstructing Climates of the Quaternary*. San Diego : Academic Press. 612 pp.
- COCKBURN, H.A.P. SUMMERFIELD M.A. 2004. Geomorphological applications of cosmogenic isotope analysis. *Progress in Physical Geography* 28, 1: 1–42.
- DEMEK, J. & EMBLETON, C. (eds). 1978. *Guide to Medium-scale Geomorphological Mapping*. Stuttgart : International Geographical Union.
- DURAS, R., HRADECKÝ, J., PÁNEK, T. & DUŠEK, R. 2005. Využití geofyzikálních metod při analýze georeliéfu horských oblastí. *Geografický časopis (Bratislava)*: 267–284.
- EVANS, D. J. A., ARCHEM, S. & WILSON, D. J. H. 1999. A comparison of the lichenometric and Schmidt hammer dating techniques based on data the proglacial area of some Icelandic glaciers. *Quaternary Science Reviews* 18: 13–40.
- GOUDIE, A. edit. 1994. *Geomorphological Techniques*. Routledge. Second Edition. 570 pp.
- GOUDIE, A.S. 2006. The Schmidt Hammer in geomorphological research. *Progress in Physical Geography* 30, 6: 703–708.
- HARTVICH, F. 2007. Vybrané metody sledování současných geomorfologických procesů. *Miscelanea Geographica* 13. Plzeň : ZČU v Plzni. *in press*.
- HORTON, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basis: hydrological application of quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin* 56, 281–370.
- MENTLÍK P., JEDLIČKA K MINÁR J & BARKA I. 2006. Geomorphological information system: physical model and options of geomorphological analysis. In: *Geografie – Sborník České geografické společnosti, Rok 2006, Číslo 1, Ročník 111, s. 15-32*.

- MENTLÍK, P. 2006. Relative dating of glacial landforms in the surroundings of Prášilské jezero lake (Šumava Mts., Czech Republic). In *Geomorphologia Slovaca*, 6, č.1: 45–54.
- MENTLÍK, P. 2007. Systémová & geomorfologická analýza. *Miscellanea Geographica* 13 Plzeň : ZČU v Plzni. *in press*.
- MINÁR, J. & EVANS, I. S. 2007. Elementary forms land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping. *Geomorphology* (2007), doi: 10.1016/j.geomorph.2007.06.03. *in press*.
- MINÁR, J. & MENTLÍK, P. 2007. GIS ako všeobecný a špecifický nástroj geografického výskumu. *Miscellanea Geographica* 13. Plzeň : ZČU v Plzni. *in press*.
- MINÁR, J. 1996. Niektoré teoreticko-metodologické problémy geomorfológie vo vzťahu na tvorbu komplexných geomorfologických máp. In *Acta facultatis rerum naturalium universitatis Comenianae. Geographica* Nr. 36. Bratislava : UK v Bratislave.
- MINÁR, J., MENTLÍK, P., JEDLIČKA, K. & BARKA, I. 2005. Geomorphological information system: idea and options for practical implementation. *Geografický časopis*, 57, 3: p. 247–266.
- SAVIGEAR, R. A. G. 1965. A technique of morphological mapping. *Annals of the Association of American Geographers* 53. p. 514–538.
- SPENSER, J.Q.G. & ROBINSON, R.A.J. 2008. Dating intramontane alluvial deposits from NW Argentina using luminescence techniques: Problems and potential. *Geomorphology* 93: 144–155.
- STRAHLER, A. N. 1952. Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society of America Bulletin* 63, 923–938.
- URBÁNEK, J. 2000a. Geomorfologická analýza: hľadanie systému. *Geografický časopis*, Bratislava, 52, 3: 197–210.
- URBÁNEK, J. 2000b. Geomorfologická analýza: hľadanie pravdy. *Geografický časopis*, Bratislava, 52, 4: 291–302.