

Geomorfometrie a analýza reliéfu v archeologii

Reliéf zemského povrchu je jedním z nejdůležitějších aspektů krajiny jako místa lidského pobytu. Přírodovědným oborem, který se zabývá jeho vznikem, stářím a tvary, je geomorfologie, součást fyzické geografie.

■ Martin KUNA
Alžběta DANIELISOVÁ
Archeologický ústav AV ČR,
Praha, v.v.i.

Úvod

Rozvoj počítačové technologie, zejména geografických informačních systémů (GIS), umožnil v posledních dvou desetiletích výrazný pokrok v analýze tvarů reliéfu, a to zejména z kvantitativního hlediska. Nasazením těchto postupů vznikla kvantitativní geomorfologie či *geomorfometrie*, jejíž hlavní náplní je analýza vlastností reliéfu prostřednictvím jeho trojrozměrného digitálního zobrazení, digitálního výškopisného modelu (*Hengl – Reuter 2009*).

Výškopisný model reliéfu a jeho vlastnosti

Základním typem vstupních dat pro geomorfometrickou analýzu je *digitální výškopisný model* (angl. *digital elevation model – DEM*; též digitální model terénu, reliéfu či povrchu). DEM je datový soubor, který obsahuje informace o nadmořské výšce terénu rozděleného do pravidelné sítě bodů. Každý bod je charakterizován třemi číselnými údaji: polohou v souřadnicích (X, Y) a výškou (Z).

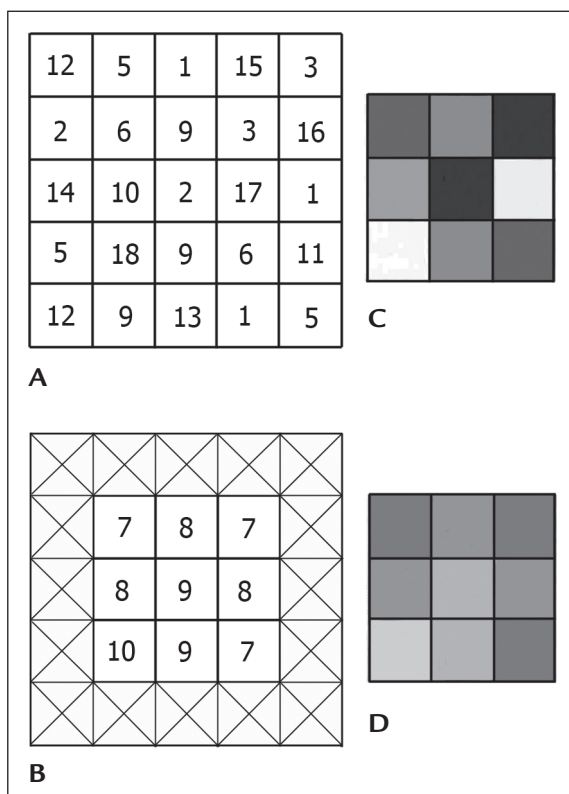
Body se v DEM zpravidla zobrazují jako čtvercové jednotky (buňky, pixely), přičemž hodnoty Z jsou vyjádřeny volitelnou škálou barev a odstínů (**obr. 3A**). Čím menší je buňka, tím detailnější je DEM a zobrazený reliéf je přesněji modelován. Sídlně archeologické studie pracují zpravidla s buňkami o straně 10-20 metrů. DEM lze dnes nakoupit v podobě hotového produktu od komerčních firem, nebo si jej uživatel může vytvořit sám, a to z bodového pole geodetických měření, vrstevnic či jiných údajů topografických map, příp. fotogrammetrických snímků.

Síť terénních měření většinou nepokryje území v rovnoměrné hustotě; body, které nebyly přímo naměřeny, jsou doplňovány *interpolací*. Interpolace se provádí na základě okolních naměřených hodnot, přičemž lze postupovat různými metodami; rozlišují se metody exaktní (dopočítávají hodnoty mezilehlých pixelů, aniž by měnily naměřené hodnoty) a aproximující (upravují i zdrojové hodnoty).

Z (nadmořské) výšky každé buňky DEM lze pomocí GIS odvodit většinu dalších vlastností reliéfu, a to vzájemným porovnáváním hodnot sousedních buněk. K odvození některých vlastností reliéfu stačí srovnání lokální (výpočet vychází z hodnoty samotné buňky a hodnot jejích osmi sousedů, tj. v mřížce 3×3 buňky), v jiných případech se bere v potaz širší území a kumulativní efekty vzdálenějších buněk. Lokální srovnání stačí např. k vý-

Reliéf krajiny působí na člověka jak přímo (vyplývající z přítomnosti a pohybu člověka v krajině), tak nepřímo, svým vlivem na řadu ostatních krajinných prvků (např. vodní síť, vegetační kryt apod.). Je proto logické, že se analýzou reliéfu zabývá i archeologie. Kategorizaci základních prvků krajiny a hledání souvislostí mezi nimi a výskytem archeologických areálů lze zahrnout do pojmů lokální analýzy (pokud jsou zdůrazněny teoretické aspekty vzájemného vztahu) nebo archeologické predikce (pokud jde spíše o praktickou stránku věci; srov. *Mehrer – Westcott 2006; van Leusen – Kammermans 2005; Verhagen 2007; Kammermans et al. 2009*).

Podobně jako s reliéfem reálné krajiny ovšem může archeologie pracovat i s „povrchy“ jiného druhu; v podobě souvislého povrchu mohou vystupovat libovolná georeferencovaná data (např. hustota archeologických nálezů, mocnost vrstvy, hodnoty geofyzikálního měření apod.). Stejně postupy mohou být dokonce použity i pro případy virtuálního prostoru, kde geografické souřadnice jsou nahrazeny souřadnicemi matematického prostoru. Geomorfometrické analýzy umožňuje zejména software typu geografických informačních systémů (GIS; např. ArcGIS, Idrisi, LandSerf, GeoMedia, GRASS, Surfer, Atlas, Topol; srov. informace na webu).



■ **Obr. 1** Příklad jednoduché filtrace DEM (podle Conolly – Lake 2006). **A:** Původní hodnoty buněk. **B:** Hodnoty buněk po provedení filtrace typu aritmetického průměru v mřížce 3×3 . Filtrace transformuje „hrubý“ povrch (**C**) ve vyhlazený povrch (**D**). Hodnoty podél vnějšího okraje nebyly dopočítány, protože tyto buňky v daném výřezu nemají dostatečný počet sousedů. Podobným způsobem se ze sousedních buněk vypočte např. sklon a orientace svahu, zakřivení terénu atd. Např. za předpokladu, že strana buněk na obr. B je 10 m a hodnoty odpovídají nadmořské výšce v metrech, nabyla by při výpočtu sklonu svahu střední buňka hodnoty 10,6 % (rozdíl mezi sousední buňkou vlevo dole a sousední buňkou vpravo nahoře je 1 m, vzdálenost mezi středy těchto buněk 28,3 m); orientace svahu dané buňky by byla k severovýchodu..

počtu sklonu svahu (**obr. 1**), jeho orientace a zakřivení; komplexnější výpočet vyžaduje např. stanovení vzdálenosti od zvolených prvků mapy aj. K základním operacím v DEM patří i tzv. *filtrace*: při ní je každé buňce přiřazena nová hodnota (např. některá ze středních hodnot, maximum, minimum, směrodatná odchylka) na základě hodnot sousedních buněk v zadané mřížce. Tímto způsobem se povrch DEM uhlazuje a odstraňují se náhodné výkyvy hodnot (**obr. 1**).

„Výšku“ (hodnotu) každého bodu v DEM určujeme číslem. Číslo může vyjadřovat skutečnou kvantitu (např. nadmořskou výšku, sklon svahu, počet nálezů), ale též příslušnost k určité kategorii, (např. typ geologického podloží); v tomto případě jde o vlastnost kvalitativní. Mezi oběma typy vlastností je ovšem plynulý přechod: např. kvantita typu nadmořské výšky může být rozdělena do několika kategorií odpovídajících určitým intervalům. Platí to i naopak: kvalitativní vlastnosti mohou být vyjádřeny kvantitativně (pravděpodobností příslušnosti k určité kategorii), a to i s využitím logiky tzv. *fuzzy množin* (**obr. 2**).

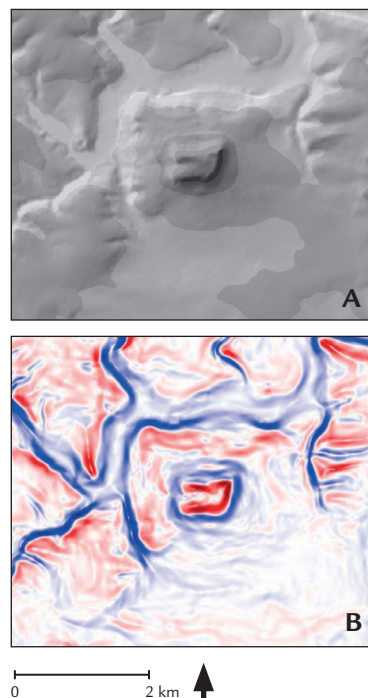
Prostorově souvislé skupiny buněk se stejnou kvalitou můžeme považovat za jistý druh entit, tj. individuálních prvků. Nepochybně to platí u ploch, které představují např. vrchol konkrétního kopce, tok urči-

tého potoka atd. Takové celky byly jistě individuálně vnímány i v minulosti, měly své jméno a často i specifický účel. Každá entita v DEM má řadu specifických kvalit a z tohoto hlediska také může být hodnocena.

Mezi analýzou kvantit a kvalit reliéfu existuje jistý protiklad: zatímco kvantitativní jsou snadno měřitelné pomocí počítače, ale pouhým okem je lze jen nepřesně odhadovat, u kvalit je tomu spíše naopak. Kvality jako je „hřbet“ či „rozvodí“, lze celkem snadno intuitivně vymezit v terénu i nad mapou, avšak jejich definice pomocí počítače je složitější a vyžaduje řadu předběžných definic a parametrů, které si ani neuvědomujeme.

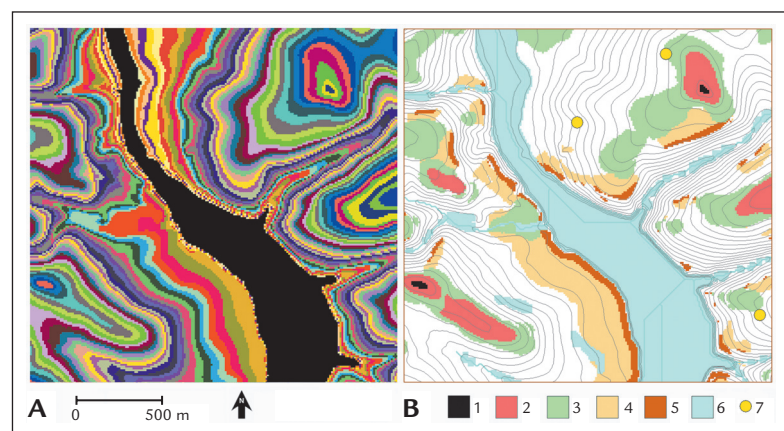
Tvar reliéfu

Kategorizace reliéfu podle jeho geometrických tvarů má pro archeologii nesporný význam, protože jde o viditelnou vlastnost krajiny, která v minulosti musela na člověka působit ještě silněji než dnes. Význam různých tvarů reliéfu mohl být praktický (např. horské sedlo bylo nejvhodnějším místem k překonání hřbetu), ale zároveň mohly specifické tvary nabývat řadu symbolických funkcí (např. vrcholy dominantních kopců). V současné době existují programy GIS, specializované na práci s reliéfem a na identifikaci jeho tvarů: k takovým patří např. volně dostupný program *LandSerf*. V tomto programu lze automaticky



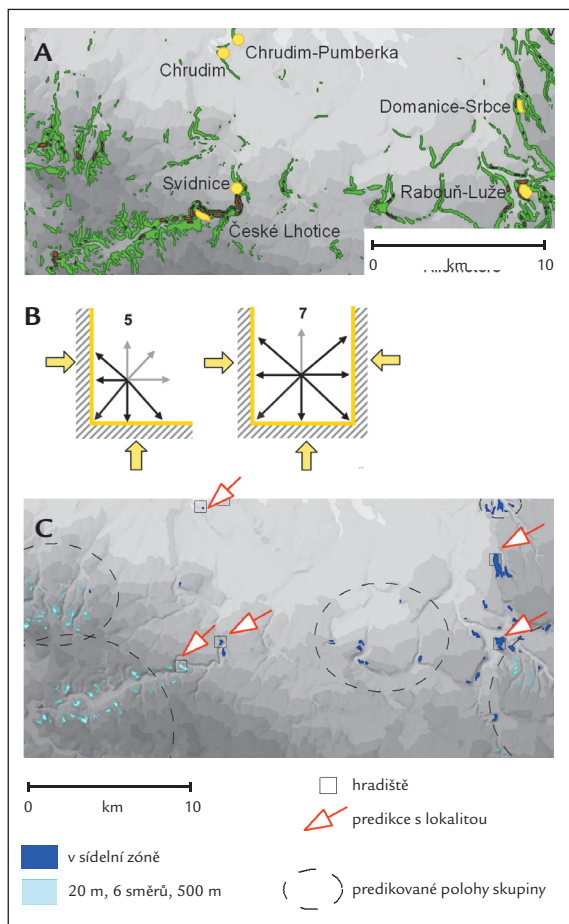
■ **Obr. 2.** Příklad aplikace tzv. *fuzzy množin*. **A:** Digitální výškopisný model území. **B:** Mapa konvexního (červeně) a konkávního (modře) povrchu s plynulými přechody. Okolí hradiště Vladař na Žluticku.

kategorizovat reliéf do šesti kategorií (prohlubeň, údolí, sedlo, hřbet, vrchol, rovný terén), přičemž základní parametry analýzy jsou nastavitelné (maximální sklon svahu a zakřivení terénu považovaného za vrchol či hřbet; velikost sledovaného okna apod.). Pomocí jiných prostředků byly podobné analýzy provedeny a aplikovány na archeologickou problematiku také M. Kunou (2008). V této studii, zabývající se vztahem pravěkých mohylníků ke geomorfologii terénu, byly rozlišeny také terénní zlomy a prostor nad nimi (teoreticky výhodná místa s větším vertikálním odstupem od níže položeného terénu a zároveň jeho vizuální kontrolou), horní a dolní části svahů, horní a dolní plošiny, prudké svahy, vrcholy odstupňované podle kontextu okolí (nejvyšší v okruhu 100, 250, 500 a 1000 m) a obalové zóny o šířce 25 m kolem nich (**obr. 3B**).



■ **Obr. 3** Algoritmus identifikace vrcholů kopců (M. Kuna). **A:** První krok – rozdělení území do polygonů odpovídajících intervalům nadmořské výšky. Následuje výběr polygonů, které nemají žádného souseda s vyšší hodnotou. Tyto polygony, v daném výřezu pouze dva, představují vrcholy kopců – na vedlejším obrázku (B) jsou vyznačeny černě. **B:** Výsledek další analýzy tvarů reliéfu. 1: vrcholy kopců podle A (viz výše); 2: vrcholy kopců podle Kuna 2006; 3: hřbety; 4: prostor nad terénní hranou; 5: terénní hrana; 6: údolní niva – záplavové území; 7: pravěká mohylová pohřebiště (2-7 srov. Kuna 2008). Údolí Vltavy mezi Litoradlicemi a Hněvkovicemi (okr. České Budějovice).

Pro jednotlivé kategorie reliéfu byl zaveden tzv. *index významnosti*, stanovený jako podíl pozorovaného a očekávaného počtu výskytu archeologických areálů v dané kategorii terénu. Index významnosti blízký hodnotě 1 znamená, že daná kvalita reliéfu zřejmě nehrála



■ **Obr. 4.** Modelování strategických poloh v regionu Chrudimská. **A:** Vrstva „překážek“ a pravěká a raně středověká hradiště použita jako externí evidence. **B:** Princip určení strategičnosti polohy podle počtu směrů, ve kterých je poloha omezena překážkou. **C:** Výsledná mapa predikovaných strategických poloh. Podle Danielisová 2010.

při rozhodování o umístění areálu žádný význam, hodnoty větší než 1 dokládají preferenci, hodnoty menší než jedna spíše negativní vztah. V daném případě měly nejvyšší index významnosti vrcholy kopců nejvyšších v okruhu 1000 m (4,1) a 250 m (2,2), místa nad terénní hranou (1,8) a hřbety (1,7). Svahy nabývaly hodnot 0,5-0,6; terén pod dolní hranou a údolní dno 0,0.

Z těchto (a dalších souvisejících) výpočtů vyplynulo několik dílčích, ale zajímavých závěrů. Jedním z nich je např. evidentní preference dominantních poloh v krajině, nicméně takových, které nutně nemusely být nejvyšší a nejvíce dominantní v určitém okruhu (neplatilo tedy jednoduché „čím výše, tím lépe“). Dalším poznatkem je, že pravěké mohylníky preferovaly polohy, ve kterých bychom očekávali spíše obytné areály, tj. prostor v relativně dobré dostupnosti od trvalého vod-

ního zdroje, s preferencí jižních svahů (Kuna 2008). Oba poznatky nás vedou k hypotéze, že poloha pravěkých pohřebišť musela úzce souviset s polohou sídliště (která v převážně zalesněné oblasti nejsou známa) a s největší pravděpodobností šlo o „rodinná“ pohřebišť malých komunit situovaná poblíž obytných areálů.

Dominantní polohy v krajině hrály specifickou roli v životě společnosti, a to z důvodů vojenských, sociálních, symbolických a dalších. Jejich automatická identifikace může být významnou pomůckou při terénním průzkumu, mj. i proto, že často jde o polohy zalesněné a nepřehledné. Jednoduchým způsobem určení dominantních míst v krajině je výpočet zakřivení povrchu (vertikálního nebo horizontálního), nebo tzv. *rim indexu*, která identifikuje jak „kvalitu útočiště“ (konkávní místa), tak „strategickou hodnotu“ (konvexní plochy). Jiný postup aplikovala A. Danielisová (obr. 4.), která „strategičnost“ polohy odvodila od počtu směrů, ve kterých je místo ohraničeno překážkou (prudkým svahem, vodním tokem), převýšení, tvaru a velikosti areálu.

Hydrologické modelování

Bez rekonstrukce původní vodní sítě jakožto zdroje pitné vody se dnes neobejde žádná práce z oblasti krajinné či sídelní archeologie; v archeologické predikci jde o jeden z nejvýznamnějších prvků. Výpočet potenciální vodní sítě vychází z určení teoretického směru odtoku a akumulace povrchové vody (*flow direction* a *flow accumulation*) v reliéfu terénu. V mřížce sousedních buněk je vždy vyhledána ta nejnižší, a té je přidělena hodnota odpovídající počtu sousedních buněk, odkud do ní může stéci voda. Výsledkem je tzv. *model odtoku* (*runoff*), který pro každou buňku mapy stanovuje kumulativní hodnotu odpovídající celkovému počtu buněk spádové oblasti. Buňky s řádově vyššími hodnotami vytvářejí zpravidla linie na dně údolí, tyto linie lze považovat za model potenciálních vodních toků: arbitrární rozhodnutí ovšem vyžaduje stanovení prahové hodnoty. Empiricky zjišťujeme, že v české krajině (definované určitým úhrnem a rozložením srážek, propustností půd atd.) lze k vodním tokům jistě počítat buňky s hodnotou spádového

území 1 km². Tyto buňky zpravidla vytvářejí síť „středně velkých“ toků, v terénu dodnes z velké části ještě existujících. Snížíme-li prahovou hodnotu na 0,25 nebo 0,1 km², dostaneme síť mnohem hustší; často jde o velmi krátké přítoky stékající v prudkých úžlabích nebo dnes již zaniklých vodotečích. V mnoha případech si ovšem lze všimnout, že i k těmto malým tokům se vážou stopy pravěkých aktivit – je to nepřímý doklad skutečnosti, že v pravěku krajina zadržovala vodu lépe než dnes a že vodní síť byla hustší.

Počítačové modelování vodní sítě má pochopitelně svá úskalí. Hlavním z nich je nárok na podrobný a kvalitní DEM. Např. v rovné krajině, pokud nejsou výškopisné hodnoty udány s dostatečnou hustotou nebo jsou ovlivněny recentními zásahy (hráze, násypy apod.), vzniká často model velmi nevhodných tvarů; vyplácí se proto věnovat pozornost úpravě vstupních dat a metodě jejich interpolace (nejlepší výsledky zatím poskytuje funkce *Topo to Raster* v ArcGIS). Počítačový model ovšem má i nesporné výhody: jde totiž o model postavený na definovatelných předpokladech a poskytující srovnatelná data. Pražské hodnoty lze snadno měnit, a lze tak pokusně vytvořit pro jedno území alternativní modely. Dnešní software umožňuje zapojení i dalších proměnných jako je např. množství srážek, nasákavost terénu, schopnost počáteční absorpce vody apod. V konečném výsledku, za podmínky dostupnosti kvalitních podkladů, může být proto počítačový model vodní sítě přesnější než obdobná data získávaná empiricky, např. ze starých map nebo map geologických.

Víme-li, jakým směrem v reliéfu stéká voda, lze snadno získat další údaje o kvalitách reliéfu, např. hranice rozvodí, soutoky či řady vodních toků. Jedním z dosud nedořešených problémů je modelování záplavových území. Pro archeologii má tato otázka několikrát význam: model záplavového území může jednak ukázat, kde mohou být přírodní archeologické lokality skryté pod náplavami, jednak překrýt nepřesný průběh počítačového modelu vodních toků na dně širokých údolí. Do jisté míry tak lze zpřesnit odvozené údaje: např. vzdálenost

archeologických areálů je lépe měřit od okraje nivy než od okraje nepřesně modelovaného toku.

Pro modelování záplav zatím existují jen poměrně složité programy, které pracují s údaji o konkrétním vodním toku (např. HEC-GeoRAS, TauDEM). K jejich použití je zpravidla třeba znát příčné profily údolí a další proměnné, které je nesnadno aplikovat, řešíme-li hydrologické poměry u vodní sítě v širší oblasti. Není obtížné, a to ani v běžných GIS, provést operaci, která hladinu všech vodních toků zvedne o určitou výšku a pokryje sousední terén pod touto hranicí (výpočet verti-

kální vzdálenosti); komplikací řešení záplav ale je, že každý vodní tok je třeba zvednout různě, protože má různé velké spádové území a různý průtok (nemluvě ani o různé šířce údolí). Částečné řešení problému bylo navrženo M. Kunou (**obr. 5**; dosud nepublikováno).

Nákladové vzdálenosti

Různá místa v krajině jsou od sebe oddělena vzdáleností, jejíž překonání stojí určité množství námahy. Takto vynaložená energie může znamenat ekonomický problém, např. v případě pravidelných přesunů lidí a nákladů od obytného

areálu k areálům ekonomických funkcí. Šetření pohybem při naplňování denních potřeb je jedním z významných aspektů efektivnosti ekonomiky a obecně vztahu mezi člověkem a krajinou (Llobera 2000).

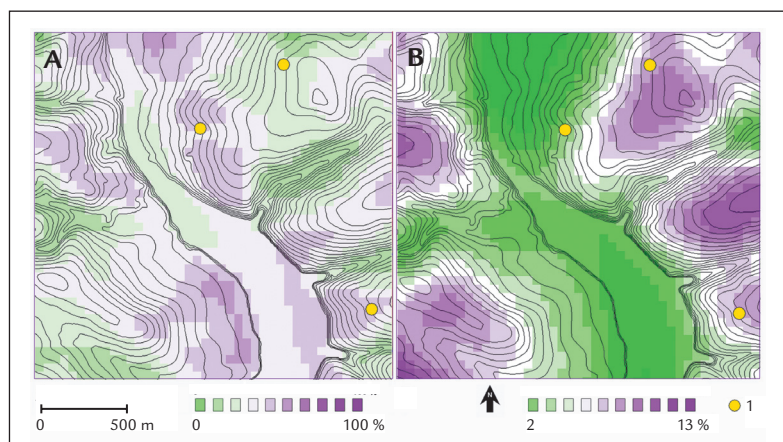
Nákladová vzdálenost (též *isochronická vzdálenost*) je vzdálenost vyjádřená v množství spotřebované energie, která odpovídá horizontální vzdálenosti a obtížnosti pohybu v daném terénu. Obtížnost pohybu krajinou je v GIS vyjadřována tzv. „frikcí“, z níž se vytváří samostatná vrstva, frikční povrch. Nejnižší hodnotou frikčního povrchu je „1“, to znamená, že pohyb přes buňky s touto hodnotou je veden po rovině a není ničím omezován nebo ovlivňován; buňky představující překážku pak mají hodnotu vyšší, a to podle odhadnuté náročnosti jejich překonání.

Existuje několik způsobů, jak stanovit frikci v různých typech terénu. Nejjednodušším způsobem je mechanické přiřazování vysokých hodnot těm prvkům krajiny, které volný pohyb evidentně omezují, např. prudkým svahům, velkým tokům, husté vegetaci apod. Při plošném modelování nákladových vzdáleností je nutné vzít v úvahu zejména svažitost terénu. Pro stanovení jejího vlivu na hodnotu frikce existuje řada algoritmů (Danielisová 2008); jedním z nich je např. tzv. *Naismithova formule*, která při pohybu do kopce přidává na každých 300 m převýšení při vzdálenosti hodinové chůze (5 km) půl hodiny. Frikci (W) lze potom vypočítat z rovnice

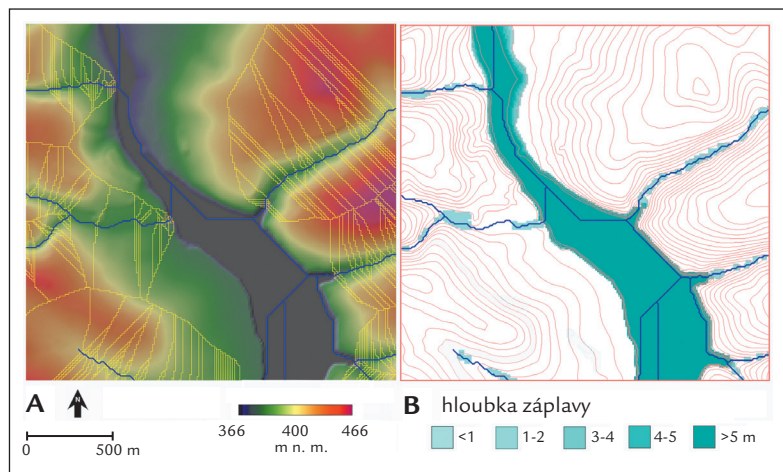
$$W = 1 + (S/3 \times 0.25)$$

přičemž S je svažitost terénu v procentech a hodnota 1 je horizontální vzdálenost a vyjadřuje frikci jedné buňky na rovině. V ideálním případě by frikční vrstva měla zahrnovat nejen reliéf, ale také vegetační pokryv, charakter povrchu („nerovnosti“) a kulturní prvky v krajině (např. areály, které je nutno obejít).

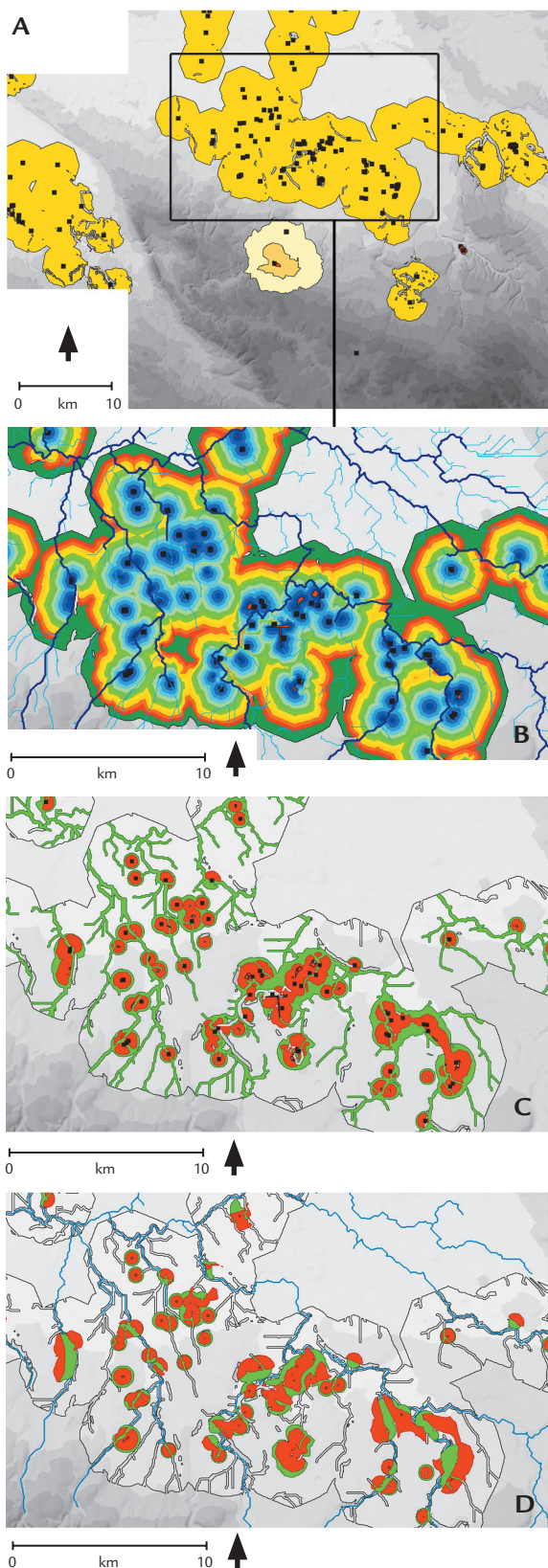
Do výpočtu nákladové vzdálenosti lze zahrnout i směr pohybu. Sklon svahu pak prodlužuje nákladovou vzdálenost při pohybu do kopce a z prudkého kopce, při pohybu z mírného kopce ji naopak usnadňuje a při průchodu napříč svahem



■ **Obr. 7.** Kumulativní dohlednost v mřížce 40 × 40 buněk. Výpočet v síti 50 m (tj. v okruhu 1-1,4 km; **A**) a 250 m (tj. v okruhu 5-7 km; **B**). Algoritmus navrhl a výpočet provedl D. Moravec (PřF UK Praha, 2003; nepubl.). Dohlednost je vyjádřena v procentech území, ze kterého je dané místo v terénu vidět. Výsledky mj. ukazují, že dohlednost místa nemusí odpovídat jeho výškové dominanci (viz **A**) a poměr míst lépe a hůře viditelných se mění v závislosti na dalších faktorech, např. vzdálenosti (srovnání obr. **A** a **B**). 1: pravěká mohylová pohřebiště.



■ **Obr. 5.** Model záplavového území (M. Kuna). Dané řešení vychází z rozdělení terénu na polygony podél rekonstruovaných vodních toků, v nichž daný tok má nadmořskou výšku v určitém (malém) intervalu (viz **A** – žluté hranice). Těmto polygonům je přiřazena (maximální) hodnota runoff odpovídající danému polygonu, která je následně převedena na hloubku záplavy (v daném případě 1 km² sběrného území = 4 cm). Terén nižší než určená hodnota je považován za záplavové území; daným postupem lze modelovat i hloubku záplavy ve zvoleném terénu (**B**).



■ **Obr. 6.** Nákladová vzdálenost odpovídající třicetiminutové chůzi v okolí otevřených sídlišť doby laténské na Chrudimsku a Pardubicku. **A:** Plocha odpovídající isochronické vzdálenosti 30 min. (s využitím frikčního povrchu). **B:** Rozdělení „zázemí“ do dílčích zón dostupnosti. Frikční povrch v tomto případě ovlivnil model zázemí sídlišť tak, aby nepřekračovala vodní toky (pokud jejich sběrné území je větší než 10 km²). **C-D:** Dvě varianty modelového umístění výrobních areálů (polí a pastvin) vzhledem k teorii sídelních areálů a konkrétnímu charakteru reliéfu. Podle Danielisová 2010.

(„po vrstevnici“) nehraje sklon svahu žádnou roli.

Nejnámější příklad využití nákladových vzdáleností je teorie tzv. spádových areálů (*site catchment analysis*), která se zabývá zázemím sídliště jako územím ležícím v ekonomické vzdálenosti od nich – z jejich vlastností potom usuzuje na ekonomický charakter komunity (Danielisová 2010). Dnes lze spádové areály snadno modelovat a analyzovat pomocí GIS (**obr. 6**) a tento postup může být dokonce přesnější, neboť současná krajina může mít dnes zcela jiné prvky frikce, než tomu bylo v minulosti. K dalším základním typům analýzy z této oblasti patří i modelování komunikací (identifikace optimálních spojnic mezi dvěma body), ale také přírodních jevů jako např. záplav, erozí apod.

Analýza dohledu

Jednou z dalších oblastí, kde počítač pracuje s tvary reliéfu, je analýza dohledu („viewshed analysis“). Ta umožňuje zjistit, které části reliéfu jsou ze stanovených míst viditelné (nebo je vidět nelze). Tento typ analýzy se stal po rozšíření GIS velmi populární, protože přinesl možnost přiblížit se jedné ze subjektivních dimenzí pravěkého světa – vnímání krajiny pozorovatelem. Analýzy areálů dohledu ukázaly, že pravěké areály byly často umísťovány s ohledem na rozhled do krajiny (nebo opačně řečeno: na jejich vizuální dominanci při pohledu z okolí), ale i vzájemnou viditelnost či skrytost, rozčlenění areálu dohledu podle vzdálenosti, úhlu pohledu, hloubky skrytého prostoru aj. (Wheatley – Gillings 2000).

Velmi užitečné by bylo stanovení kumulativní dohlednosti (tzv. „cumulative viewshed“), tj. údaje, z jak velkého okruhu je vidět každý bod mapy; problémem zde ovšem je mimořádná náročnost operace na výkon počítače. Dílčí pokrok přinesly dosud nepublikované výsledky D. Moravce, jehož program umožnil tento typ analýzy v mřížce 40 × 40 buněk (**obr. 7**). Další rozpracování tohoto úkolu zůstává zatím úkolem pro budoucnost.

Závěr

Nebylo na tomto místě možné do-
tknout se všech možností, které

přináší analýza reliéfu krajiny pro archeologii – pokusili jsme se proto jen o stručný přehled nejdůležitějších oblastí a uvedení několika příkladů. Literatura k danému tématu je dnes rozsáhlá, řadu užitečných odkazů obsahují některé nové syntetické práce (Conolly – Lake 2006; Hengl – Reuter 2009; Kamermans et al. 2009; Verhagen 2007). Zároveň s přehledem si zde dovoluujeme nabídnout jak několik vlastních analýz, tak i metod GIS, které lze pro speciální úkoly použít i v jiných projektech.

Literatura

- Conolly, P. – Lake, M. 2006: Geographical Information Systems in Archaeology. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge.
- Danielisová, A. 2008: Praktické problémy spojené s modelováním pohybu pravěkou kulturní krajinou. In: Macháček, J. (ed.): Počítačová podpora v archeologii II, Brno – Praha – Plzeň, 110-119.
- Danielisová, A. 2010: Oppidum České Lhotice v kontextu svého sídelního zázemí (Oppidum České Lhotice and its hinterland). Praha – Pardubice.
- Hengl, T. – Reuter, H. I. (eds.) 2009: Geomorphometry. Concepts, Software, Applications. Amsterdam et al. (Elsevier).
- Kuna, M. 2008: Analýza polohy pravěkých mohylových pohřebišť pomocí geografických informačních systémů. In: Macháček, J. (ed.), Počítačová podpora v archeologii II. Brno – Praha – Plzeň, 79-92.
- Leusen, M. van – Kamermans, H. 2005: Predictive Modeling for Archaeological Heritage management. A Research Agenda. N.A.R. 29, Amersfoort (R.O.B).
- Llobera, M. 2000: Understanding movement: a pilot model towards the sociology of movement. In: Lock, G. (ed.): Beyond the map, Archaeology and spatial technologies, Amsterdam et al. (IOS Press), 65-84.
- Mehrer, M. W. – Westcott, K. L. (eds.) 2006: GIS and Archaeological Site Location Modeling. Boca Raton et al. (Taylor & Francis).
- Verhagen, P. 2007: Case studies in archaeological predictive modelling. Archaeological studies Leiden University 14.
- Wheatley, D. – Gillings, M. 2000: Vision, perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archaeological visibility. In: Lock, G. (ed.), Beyond the map. Archaeology and spatial technologies, Amsterdam et al. (IOS Press), 1-27.

Summary

Geomorphometry is a discipline dealing with the quantitative aspects of the relief. A digital assessing of the terrain characteristic, identification of relief shapes, hydrological modeling, cost surfaces and viewshed analysis are ascertained here as the main targets of such a study. Geomorphometry can be used in archaeology in various ways and the paper presents several examples of application. The authors also publish a couple of their own algorithms here (e.g. the identification of hill tops, flood modeling) which add the available commercial GIS products a new utility.