

Pechová, Lenka

**Použitie nákladového povrchu pri modelovaní ciest v Považskom Inovci v stredoveku**

*Archaeologia historica*. 2023, vol. 48, iss. 2, pp. 671-684

ISSN 0231-5823 (print); ISSN 2336-4386 (online)

Stable URL (DOI): <https://doi.org/10.5817/AH2023-2-16>

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/digilib.78663>

License: [CC BY-NC-ND 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Access Date: 16. 02. 2024

Version: 20231019

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

## POUŽITIE NÁKLADOVÉHO POVRCHU PRI MODELOVANÍ CIEST V POVAŽSKOM INOVCI V STREDOVEKU

LENKA PECHOVÁ

**Abstrakt:** V členitom geografickom priestore pohoria Považský Inovec, možno aplikovať metódu predikcie komunikačných trás využitím nákladového povrchu. Pomocou presných mapových podkladov a s realistickým číselným vyjadrením zvyšujúcej sa obťažnosti prechodu cez rôzne typy terénu, je možné vypočítať teoretický model cesty. V sledovanom priestore boli vymodelované cesty medzi lokalitami Ducové-Kostolec a Bojná-Valy, ktoré boli následne overené prechodom aj v teréne. Terénny prieskum potvrdil prítomnosť reliktov ciest, úvozov a ich zväzkov v priestore, ktoré určil aj výpočet teoretického modelu.

**Kľúčové slová:** cesty – modely ciest – optimálne trasy – nákladový povrch – GIS.

### *The use of loading surface in the modelling of roads in the Považský Inovec in the Middle Ages*

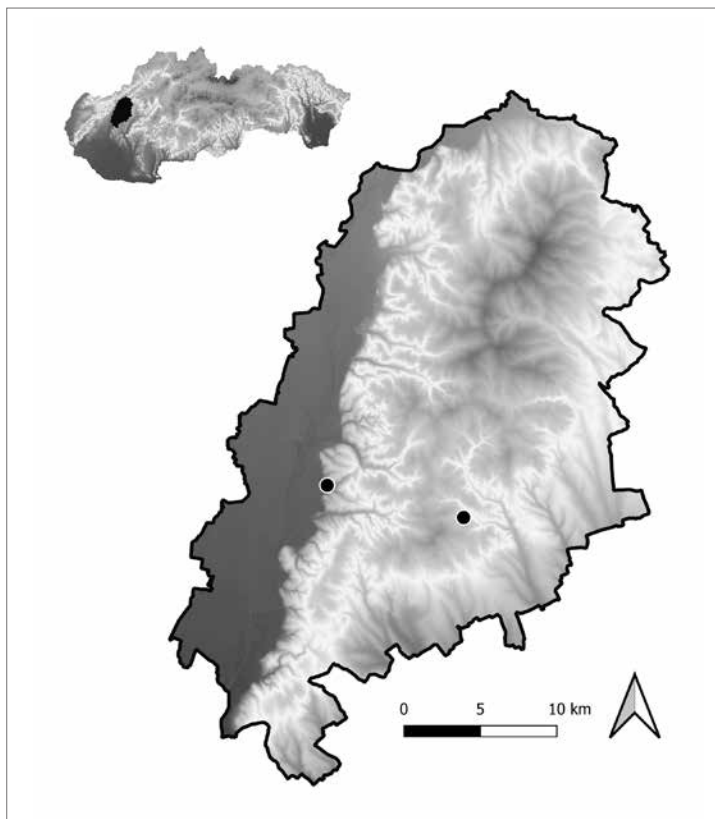
**Abstract:** The method of prediction of communication routes using loading surface can be applied in the rugged geographical area of the Považský Inovec mountain range. Using accurate map data and with a realistic numerical representation of the increasing difficulty of crossing different types of terrain, it is possible to calculate theoretical road models. In the observed area, the roads between the locations Ducové-Kostolec and Bojná-Valy were modelled and subsequently verified by the actual crossing. The field survey confirmed the presence of the remains of road, dirt tracks and their clusters in the area, and they were also determined by the calculation of the theoretical model.

**Key words:** roads – road models – optimum routes – loading surface – GIS.

Výskumy a prieskumy, hlavne pod taktovkou Archeologického ústavu SAV SR, realizované v posledných desaťročiach v Považskom Inovci, s ťažiskom na opevnených polohách v katastri obce Bojná, spresnili datovanie dlhšie známych lokalít spadajúcich do záujmového územia. Doplnili informácie o nové lokality. Letecké laserové skenovanie (LLS), okrem vytvorenia nového digitálneho modelu reliéfu, prinieslo aj informácie o potenciálnych cestách a trasách medzi známymi lokalitami a v okolitej záujmovej oblasti tejto štúdie (obr. 1). Predbežne sa realizovali prieskumy a výskumy pomocou detektorov kovov (Pieta 2017, 14), pri ktorých sa našli predmety súvisiace s cestami a ich dátácia je podobná až totožná s okolitými lokalitami. Na základe známych publikačných výstupov je výskum ciest vo svojich počiatkoch. Funkcia opevnených polôh v katastri Bojnej dodnes nie je úplne zrejmá. Na lokalitách prebieha už druhé desaťročie intenzívny výskum, mnohé otázky ohľadne osídlenia hlavne v období včasného stredoveku sú zodpovedané, ale zároveň sa tak vytvára priestor na množstvo otázok nových.

V predkladanom článku vykresľujem ďalší rozmer v možnosti modelovania ciest. Využíva sa nákladový povrch, kde sa pracuje s premisou, že najľahšie a najjednoduchšie priečodná cesta je tá najpravdepodobnejšia. Metodika je aplikovateľná na praveké, protohistorické i historické obdobie a s upravenými parametrami a rozdielnymi vstupnými informáciami sa uplatňuje čiastočne i dnes – napríklad v navigačných aplikáciách v doprave.

Čím je krajina nedotknutejšia výraznými zásahmi (súčasná zástavba, ťažba, infraštruktúra a pod.), tým staršie osídlenie a s ním spojené cesty je možné modelovať. Avšak, nie vždy doslova rozryté územie, predstavuje neprekonateľnú prekážku v tomto type bádania. V Považskom Inovci prebieha ťažba dreva a v teréne sú tieto zásahy viditeľné, a to nielen na dlhodobejších využívaných logistických trasách. Ako poukážem neskôr, tieto súčasné cesty na jednej strane nedovoľujú skúmať potenciálny historický fragment cesty a prípadný archeologický výskum by bol vykonateľný len vo veľmi obmedzenej forme, na strane druhej však poukazujú na potenciálnu kontinuitu využívania rovnakého úseku lesa ako cestu počas dlhšieho obdobia.



Obr. 1. DMR Slovenska a výrez záujmovej oblasti. Zdroj ÚGKK SR.

Abb. 1. Digitales Reliefmodell der Slowakei und Ausschnitt des Interessengebietes. Quelle Institut für Geodäsie, Kartographie und Kataster der Slowakischen Republik.

Cieľom overenia teoretického modelu cesty bolo zistiť potenciálnu priechodnosť cesty po celej jej trase a zdokumentovať fragmenty potenciálnych historických reliktov ciest.

### Krátka história bádania

Priestorové analýzy a konkrétne modelovanie ciest sa v literatúre a v archeologických štúdiách začína objavovať po roku 2000. Súvisí to s masívnejším rozšírením používania geografických informačných technológií a aj vďaka tomu s implementáciou predikčných modelov v archeológii. V rámci svetovej scény sa ako prvé v súvislosti s využitím nákladových povrchov začali riešiť témy vzdialenostnej a časovej dosiahnuteľnosti (*site catchments*; napr. Bell–Lock 2000; Bintliff 2002). V Čechách a na Slovensku sa prvé náznaky využitia metódy v rámci predikcie objavujú v dizertačných prácach J. Goláňa (2003) a T. Lieskovského (2011), následne v podobnom duchu publikované Blažová, Lieskovský (2011). Prvé modelované cesty s použitím podobnej metódy a využitia nákladových povrchov, frikcie a rozlišovania smeru pohybu využíva Jan John (2010). Štúdiá je zhrnutím staršieho konferenčného príspevku z roku 2003. Medzičasom sa aj na ďalších ročníkoch konferencie Počítačová podpora v archeológii spomína použitie nákladového povrchu (Danielisová 2008) alebo môj nepublikovaný príspevok venovaný prístupovým cestám na hradisko v Prašniku, práve s použitím nákladového povrchu a nákladových funkcií na výpočet

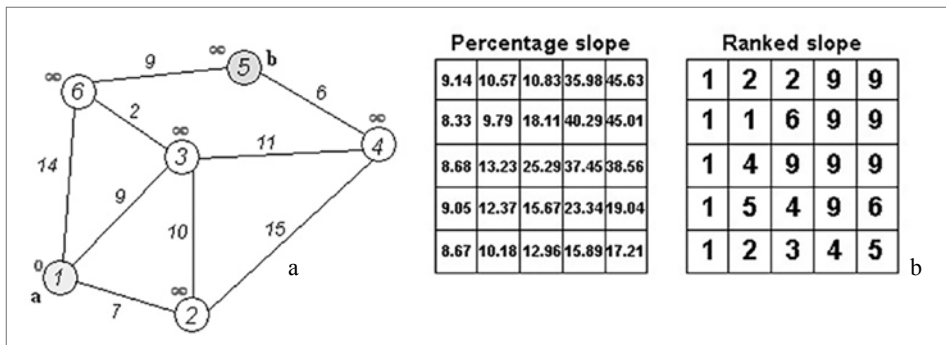
ideálnych ciest medzi lokalitami. Aj na tomto príklade je vidieť, že nákladový povrch a jeho využitie v priestorových analýzach sa objavilo aj v našom geografickom priestore skôr, ale nenašlo širšie uplatnenie. Nie je pravdou, že by išlo o úplný omyl a použitie nákladového povrchu by sa v modeloch neuplatnilo. Skôr sa nazdávam, že je nutné metódu viac udomáčniť. Prepracovaním metodiky a rozvinutím analytických nástrojov, došlo v posledných rokoch na medzinárodnej scéne k výrazne širšiemu uplatneniu. Dokladom sú pravidelné príspevky na konferenciách CAA – Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, kde jej boli venované aj celé dva ročníky 2012 a 2014. V 50. výročnom ročníku konanom v apríli 2023 je použitiu nákladových povrchov venovaný tiež široký priestor.

Zo zahraničných bádateľov vyberám nemeckú autorku Irmelu Herzog. Od roku 2010 publikuje práce so zameraním na použitie nákladových povrchov a modelovaní potenciálnych ciest. Z jej prác upozorňujem na príkladovú štúdiu Herzog (2013) a kapitolu v publikácii zaoberajúcej sa priestorovými analýzami (2020).

Cestám a prechodovým miestam v sledovanej oblasti sa venovali prevažne autori, ktorí tu realizovali aj terénne výskumy a použili rozdielne prístupy a podkladové materiály. Vladimír Turčan (2006) rekonštruoval trasy na základe archeologického materiálu. Karol Pieta (2017) zkomponoval aj výsledky LLS. Alexander Ruttkay (2006) pracoval so vzájomnou polohou lokalít vzhľadom na geografiu a prírodné podmienky, používal toponymiu a navrhoval potenciálne komunikačné spoje v širšom priestore Považského Inovca., Relikty priamo v teréne dokumentovali Dušan Cendelin a Pavel Bolina (2015).

### Nákladový povrch (*cost surface*)

Nákladový povrch je raster, ktorého jednotlivé políčka, bunky, majú priradenú hodnotu, vyjadrenú v číslach. Tá je „cenou“ za prechod z iniciačnej bunky (alebo skupiny buniek) do konkrétnej cieľovej bunky. Čím je hodnota vyššia, tým je prechod do bunky „drahší“ a náročnejší. Na výpočet celkovej hodnoty, nákladu alebo ceny prechodu do konkrétnej bunky (ang. *cost*), sa najčastejšie využíva Dijkstrov algoritmus. Pomocou algoritmu sú vyhľadávané najjednoduchšie, a teda najlacnejšie spojenia medzi bodmi (obr. 2). Metóda sa používa napríklad aj pri modelácii cestných sietí a vyhľadávaní najrýchlejších dopravných spojení. V kontexte nákladového povrchu je nutné spomenúť termín frikcia alebo aj frikčná vrstva. V doslovnom preklade znamená trenie, ale môže byť chápaný aj ako odpor. V tejto problematike je možné frikciu chápať ako faktor, ktorý ovplyvňuje, teda spomaľuje pohyb, vo vopred zvolených jednotkách. V priestorových štúdiách spojených s archeológiou, resp. s inými spoločenskými vedami, som sa stretla len s pozitívnou



Obr. 2. a – grafické znázornenie Dijkstrovho algoritmu (podľa Hinz 2020, obr. 16:30); b – grafické znázornenie výpočtu hodnoty prechodu cez bunky (<http://www.geography.hunter.cuny.edu/>).

Abb. 2. a – grafische Darstellung des Dijkstra-Algorithmus (nach Hinz 2020, Abb. 16:30); b – grafische Darstellung der Ermittlung des Zellenübergangswertes (<http://www.geography.hunter.cuny.edu/>).

frikciou, teda takou, ktorej hodnota je kladná, pohyb spomaľuje a čas predlžuje. Na popísanie frikcie sa môžu použiť exaktné jednotky, ako sekundy, minúty a iné pri určení času či jouly, ak má výsledok zohľadniť spotrebu energie. Ak je cieľom len porovnanie (väčší versus menší, jednoduchší versus zložitejší), a nie je nutné určiť presné parametre, tak je možné využiť len jednoduché číselné hodnotenie.

V archeológii sa najbežnejšie využívajú jednotky času. Ten je pravdepodobne jedinou merateľnou a vyjadriteľnou jednotkou z hľadiska použitia v stredoveku.<sup>1</sup> Dlhšia časová jednotka znamená dlhší čas nutný na prepravu, viac potrebnej energie, náročnejšiu logistiku a zásobovanie, a s tým spojené ďalšie nevyhnutné záležitosti. Taktiež nám čas slúži ako porovnateľná veličina. Čas môžeme vnímať aj ako negatívnu veličinu, ako vo vyjadrení, čím ďalej, tým lepšie. Pri zakladaní sídliel alebo osídľovaní nových území je primeraná vzdialenosť žiaduca, či už kvôli využívaniu prírodných zdrojov alebo kvôli majetkovým pomero.

V súčasných analýzach, ktoré sú zamerané hlavne na spotrebu energie, vystupujú ako jednotky aj jouly, resp. energia potrebná na zdolanie trasy alebo jej úseku. Vyskytujú sa primárne v analýzach zameraných na športový výkon a jeho prípadné zlepšenie, pre potreby armády a pod. Avšak nazdávam sa, že použitie jednotiek energie pre archeologické a príbuzné odbory nie je až také prínosné, nakoľko nie je známe množstvo vstupných údajov, ako vek, pohlavie, fyzický stav jedincov a pod. Množstvo potrebnej energie poslúži napríklad pri analýzach zaoberajúcich sa objemom zásob potrebných na transport, ako potrava nielen pre osoby, ale aj pre ťažné a iné sprevádzajúce zvieratá. Použitie joulov v takýchto typoch modelovania historických kontextov je vysoko hypotetické a omnoho zložitejšie ako pri časových jednotkách.

Najčastejším podkladom pre výpočty je digitálny model reliéfu (DMR). Pre každú bunku je v ňom zadefinovaná číselná hodnota, ktorou je nadmorská výška. Pri vytváraní nákladového povrchu zvažujeme, ako najjednoduchšie vyčísliť cenu pohybu a čo na pohyb najvýraznejšie vplýva.

V priestorových analýzach definujúcich prechod krajinou je to hlavne sklon svahu (Herzog 2020, 336). Funkcie, ktoré nákladové povrchy vytvárajú, používajú rovnaký hlavný princíp (napr. Dijkstrov algoritmus), jeho vytvorenie sa odlišuje použitím rozdielnych nástrojov. V softvéri ArcGis Pro sa nákladový povrch vytvorí v niekoľkých krokoch, postupným použitím viacerých funkcií (*slope, reclassify, cost distance*).

Naopak, QGIS disponuje v rámci prídavných modulov funkciou, ktorá pracuje priamo s DMR a nadmorskými výškami a výsledné hodnoty – náklady uvádza priamo v sekundách. Pracuje s časovou rovnicou od britského horského vodcu Erica Languira (1984, 1995). Tá je pri porovnaní s inými grafmi prezentujúcimi priemerné časy pohybu pri meniacich sa sklonoch svahu mierne odlišná, ale minimálne aktuálne asi najviac používanou rovnicou (Herzog 2020, 336) od Walda Toblera (1993) sa približne zhoduje v hodnotách, kedy dochádza k výrazným, až skokovým zmenám. Výhodou je pomerne rýchla realizácia, bez mnohých medzikrokov. V nástroji, ktorý vytvára nákladový povrch, je možné upraviť niekoľko parametrov, ako napríklad koeficienty pre extrémne sklony svahov. QGIS, ako open-source program, taktiež ponúka možnosť si v programovacom jazyku python algoritmus upraviť a zadefinovať iné hodnoty pre výpočet priemerných časov.

Prídavný modul QGIS-u GRASS používa na vytvorenie ACS funkciu *r.walk.points* (<https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.walk.html>, 2023). Pri jednoduchom zadaní zohľadňuje len sklon terénu. Povinnými parametrami sú DMR (alebo iný raster obsahujúci číselné údaje) a iniciačný bod alebo body. Vo vstupných parametroch je požadovaná aj frikčná vrstva, obsahujúca špecifické hodnoty, ktoré ovplyvňujú celkové náklady. Frikčná vrstva je povinným parametrom, bez jej zadania nie je možný výpočet. Ak nie je záujem o jej pridanie, je možné si vytvoriť pracovnú frikčnú vrstvu, ktorá má pre každú jednu bunku hodnotu nula. Frikčná vrstva s nulovými

<sup>1</sup> Ako príklad uvádzam vzdialenosť od najbližšieho trhového miesta, kde podstatnú rolu zohrával práve čas. Časový rádius osád, z ktorých sa trhovníci dostávali do miesta, musel zohľadňovať okrem dopravy na trh aj predaj a zároveň aj cestu späť. Všetky tieto úkony mali byť ideálne realizovateľné za jeden deň, v prípade pravidelne sa konaných trhov, napríklad týždenných. Práve čas bol zásadnou veličinou a určoval, či trhovníci vôbec na cestu vyrazia a ak, tak kam. Viac Bintliff 2002.

hodnotami tak neovplyvňuje výpočet, ale zároveň je jeho súčasťou. Ak však je prítomná špeciálna požiadavka a určitý predpoklad, môže byť zadenovaný práve vo frikčnej vrstve. Pri modelovaní ciest, ktoré sa používali pravidelnejšie a dlhodobejšie, predpokladám, že využívali čo najpohodľnejší a najschodnejší terén. Nebolo žiaduce, aby cesta viedla príliš strmým klesaním alebo stúpaním. V prácach zaoberajúcich sa priestorovými analýzami sa ujal termín kritický svah. Ide o tzv. kritickú hodnotu, teda veľkosť sklonu, kedy je pre chodca už výhodnejšie stúpať alebo klesať po serpentíne a nie sa pohybovať napriamo nahor alebo nadol. Hraničná hodnota sa líši u rôznych autorov, ale priemerne sa uvádza okolo 25 % (Herzog 2013, 378). Pomocou funkcie *reclass* (obdobná *reclassify* v ArcGIS programe), je možné nad hranicou kritického svahu, zadenovať vyššiu hodnotu nákladov pre úsek alebo územie. Zvýšená hodnota je obsiahnutá práve vo frikčnej vrstve. Pri ďalších krokoch a následnej modelácii sa zvyšuje pravdepodobnosť, že cesta práve tadiaľ nepovedie.

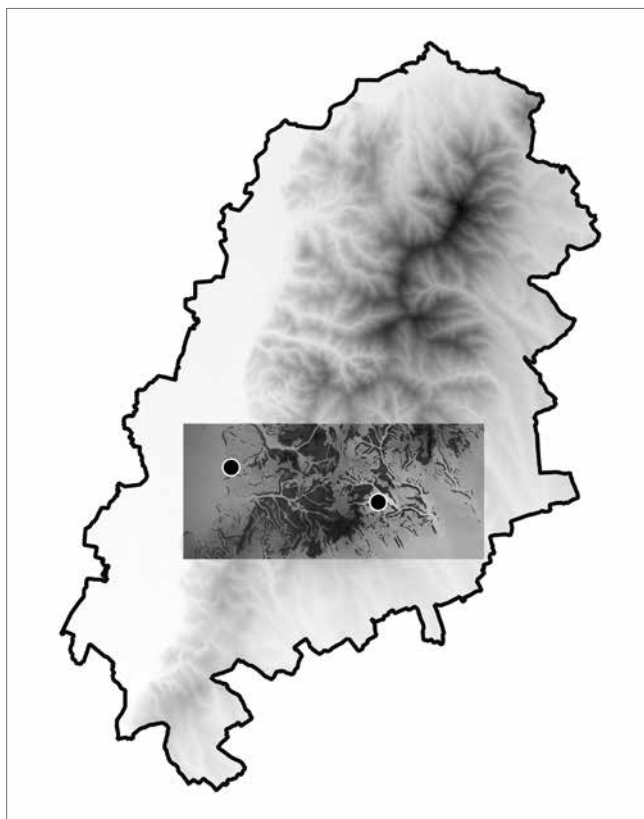
V praxi použitie sklonu terénu na výpočet času prechodu (bez použitia frikcie alebo nákladového povrchu) vidíme v turistickom značení. V Učebných textoch pre značkárov (Guldan a kol. 2006) je popísaná metóda výpočtu merania času jednotlivých úsekov, bez empirického overenia. Uvedená rovnica a tabuľka časov – Nomogram (Guldan a kol. 2006, 151–153, obr. 11–14) uvádzajú, že najrýchlejšiu priemernú rýchlosť dosahuje kráčajúci jedinec priemerne pri klesaní 4–5 % a ako hraničné hodnoty pre kritický svah uvádzajú 20–21 %, pričom stúpanie/klesanie v pešej turistike nad 30 % je neobvyklé. Samí autori učebných textov spomínajú pre hodnoty nad 21 % použitie „prídavných opravných faktorov“ (Guldan a kol. 2006, 153), čo je práve frikčná vrstva.

Frikčná vrstva, ktorá zvyšuje hodnotu nákladu na prechod, môže byť rôznorodo stanovená a výrazne ovplyvňuje výsledok. Extrémnym navýšením hodnoty na svahoch s kritickou hodnotou s najväčšou pravdepodobnosťou vylúčime možnosť použitia výseku mapy pri výpočte ideálnych trás alebo extrémne predĺžime časovú dosiahnuteľnosť lokality. Týmto spôsobom je možné predikovať napríklad trasy pre transport s vyššími nárokmi na terén ako kónské povozy, ťažký prepravovaný tovar, vojenskú techniku a pod. Vyššie náklady, a teda náročnejší až nemožný prechod, je možné priradiť územiám s vodnými tokmi a plochami, zamokrenými územiami alebo špecifickým pôdnym typom. Teoreticky usmernia aj trasy pri obchádzaní miest alebo priamo nasmerujú na prechodové body ako brody, mosty, krajinské brány alebo horské priesmyky. Aj keď posledné menované prvky v krajine zväčša vychádzajú priamo z geografických vlastností terénu a dostupnosti prechodu pomocou trasy s prijateľnejším a hlavne menším stúpaním alebo klesaním.

Vyššie menované súčasti krajiny sú najčastejšími činiteľmi, ktoré ovplyvňujú prechod krajinou. K nim je nutné veľmi opatrne pristupovať, hlavne ak sa modelujú veľmi staré cesty. Rieky a potoky meandrovali a ich korytá sa menili. Pokiaľ je termín „brod“ zachovaný v toponymii dodnes alebo je prítomnosť brodu zaznačená v mladšej mape, tak rieka či potok v danom mieste boli vysoko pravdepodobne prebroditeľné aj v starších obdobiach. Mosty cez významné vodné toky sú často zaznamenané v písomných prameňoch. Existencia mostov v pravkom a protohistorickom období je minimálne pre naše územie veľmi náročne potvrditeľná in situ. Pravdepodobne prvým z dôkazov o existencii mosta v staroveku je nález pilierov mosta v Lži pri Komárne, v bezprostrednej blízkosti rímskej Kelemantie (Daňová a kol. 2022). Súčasný horský prechody alebo priesmyky veľmi často reflektujú stav z minulosti.

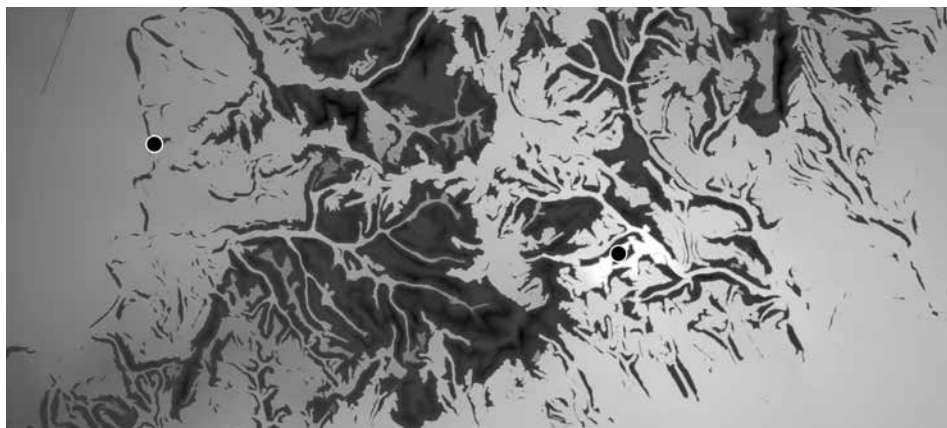
### Použitie nákladového povrchu v praxi

Vytvorila som dva nákladové povrchy – rastre, ktoré sú výstupom z použitej funkcie *r.walk.points* a slúžia ako podklad pre ďalšie výpočty a analýzy. Prvý raster bez pridanej frikčnej vrstvy, teda použitá bola pracovná vrstva s nulovými hodnotami frikcie. Druhý bol raster s pridanými hodnotami pre svahy so sklonom nad úroveň kritickej hodnoty. Vo vizualizácii vyzerajú oba rastre veľmi podobne, preto je v obrazovej prílohe náhľad len jedného so zvýrazneným výsekom (obr. 3) a detailný záber na oblasť (obr. 4). Farebná schéma prechádza z „najlacnejších“ potenciálnych



Obr. 3. Nákladový povrch (accumulated cost surface) so zvýrazneným výšekom medzi sledovanými lokalitami. Vytvorila L. Pechová, mapový podklad ÚGKK SR.

Abb. 3. Kostenoberfläche (accumulated cost surface) mit hervorgehobenem Sektor zwischen den beobachteten Fundstellen. Erstellt von L. Pechová, Kartenvorlage Institut für Geodäsie, Kartographie und Kataster der Slowakischen Republik.



Obr. 4. Nákladový povrch, detail. Vytvorila L. Pechová, mapový podklad ÚGKK SR.

Abb. 4. Kostenoberfläche, Detail. Erstellt von L. Pechová, Kartenvorlage Institut für Geodäsie, Kartographie und Kataster der Slowakischen Republik.

trás v bielej farbe do „najdrahších“ v čiernej. Na obrázkoch 3 a 4 je cieľovou destináciou hradiško Bojná-Valy a pomocou funkcie *r.walk.points* bola vypočítaná hodnota potrebná pre presun z každej jednej bunky do cieľovej destinácie vo vymedzenom území. Keby bol obrázok – raster znázornený v číselnom formáte, tak čísla pre raster bez pridanej hodnoty nákladu vo frikčnej vrstve by boli v škále od 0 (hodnota pre finálnu bunku) až po približnú hodnotu 27 700 (hodnota pre nákladovo najvzdialenejšiu bunku).

Dôvodom na umelé navýšenie hodnoty pre konkrétne bunky bolo prinútiť program, aby pri výpočte ideálnej cesty nevynechal možnosť použitia aj extrémnejších úsekov, ale zároveň aby bola volená alternatíva s menším sklonom. Pri úplnom zákaze použitia sklonu nad kritickú hodnotu by mohla nastať situácia, že kvôli jednej bunke (10 m) by nastala totálna zmena vo výpočte a cesta by bola vedená diametrálne odlišne.

Pravdepodobne najnáročnejšia časť pri použití tejto metódy, je primerané určenie navýšenia nákladov v konkrétnych podmienkach. Už samotná funkcia *r.walk*, ktorá sa používa na vytvorenie nákladového povrchu, obsahuje zvýšené koeficienty pre vyššie sklony. V tomto prípade to však nie je dostačujúce, pretože vychádza z hodnôt priradených horským vodcom Erikom Languiom (1984, tab. 4). S uvedenými hodnotami je možné kalkulovať pri jednorazovom použití cesty, pri turistike, pri športe. Avšak, ak má byť vyhľadávaná cesta dlhodobo používaná, prechodná za rôznych podmienok (počasie, ročné obdobie, zdravotný stav etc.), tak zostup prudkou zväznicou reálny nie je.

Finálnou časťou je výpočet konkrétnej cesty. Na to slúži funkcia *Least Cost Paths* ([https://saga-gis.sourceforge.io/saga\\_tool\\_doc/2.1.4/grid\\_analysis\\_5.html](https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/2.1.4/grid_analysis_5.html), 2023), ktorá sa nachádza v module SAGA. Zadanie funkcie je pomerne jednoduché. Zadáva sa výsledný nákladový povrch (raster) a cieľový bod alebo body. Výsledok je vo forme línie alebo bodov. Modely ciest, ktoré sú výsledkom (obr. 5 a obr. 7), boli podkladom pre následné overenie v teréne. Obrázok 7 znázorňuje modelované cesty na rastrovej vrstve nákladového povrchu. Severnejšia trasa reprezentuje model cesty, kde bola pridaná extra frikcia. Je možné si všimnúť, že väčšina cesty je modelovaná bunkami zafarbenými na bielo. Svetlá farba reprezentuje bunky s najnižším nákladom.

## Metodika

Výskum pozostával z troch častí:

- 1) zber informácií k lokalitám a príprava mapových podkladov a vrstiev (frikcia, frikčný povrch),
- 2) príprava nákladovej mapovej vrstvy a výpočet optimálnych trás,
- 3) overenie v teréne.

Modelácie, teda výpočty, predchádzajúce overeniu v teréne, prebiehali v softvéri Q-GIS, verzia 3.10.10 s GRASS modulom 7.8.3. Vstupnými dátami sú vybrané súvekové lokality Ducové-Kostolec a Bojná-Valy (obr. 1) označené ako vektorové body a digitálny model reliéfu (DMR 3.5).<sup>2</sup>

Následne, po overení situácie v teréne boli doplnené údaje a ich čiastočná validácia pomocou DMR 5.0.<sup>3</sup> Vizualizácia terénnych prvkov a reliktov prebehla na novších dátach pochádzajúcich z LLS a upravené boli v novej verzii Q-GIS, 3.28.7.<sup>4</sup>

2 Zdroj ÚGKK SR. Pre výpočet tohto druhu a analýzu na rozsiahlejšom území je použiteľný aj model s rozlíšením 1 bod na bunku 10 × 10 m.

3 Zdroj ÚGKK SR, rozdiel je v rozlíšení, 1 bod na bunku 1 × 1 m.

4 Autorka si je vedomá možnosti použitia aj novších meraní a mapových podkladov (LLS, DMR 5.0 namiesto DMR 3.5) pre vstupné výpočty a modulácie. Rozlíšenie vo veľkosti 1 bod na bunku 10 × 10 m bolo dostatočné na ciele územie, pretože bolo pravdepodobnejšie, že navrhovaný model cesty bude zachytávať reálny terén, nie už vzniknuté, vybudované a často aj používané cesty. Výhodou použitia staršieho DMR 3.5 pre historické predikcie je, že potenciálne zachytávajú menej zmenenú krajinu, ako napríklad kameňolomy, úpravy povrchov pre novovznikajúce cesty a pod. Práve tieto prvky zachytené na DMR 5.0 výrazne zasahujú do výpočtu a prípadné dáta je nutné korigovať. Zároveň, na DMR 3.5 nemôžu byť zachytené aktuálne a dočasné úpravy v teréne ako výrazne rozrytý les alebo lesná cesta po zväzani dreva. Zásahy, často v rozmeroch aj niekoľko desiatok cm, môžu LLS zachytiť a ovplyvniť výsledok.

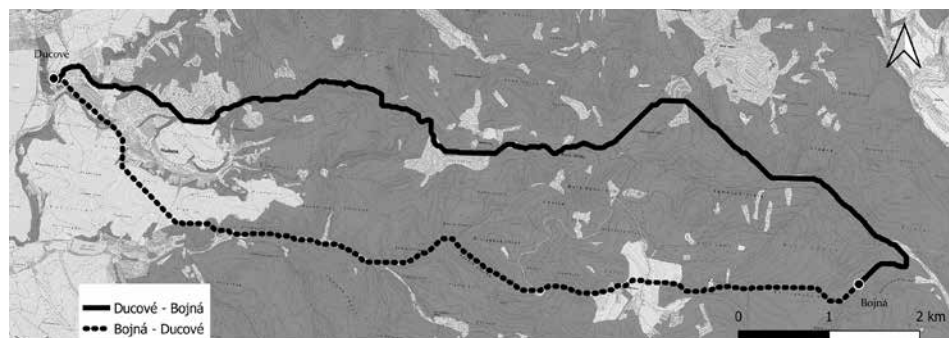


V štúdií sa vo frikčnej vrstve kalkuluje len so svahmi nad kritickú hodnotu, vodné toky ani zamokrené plochy v bezprostrednej blízkosti neboli zohľadnené. Už modely ciest, ktoré sú v častých prípadoch takmer totožné so súčasnými lesnými cestami, naznačujú, že použitie nákladového modelu v priestorových analýzach, je použiteľnou metódou.

## Reálna situácia

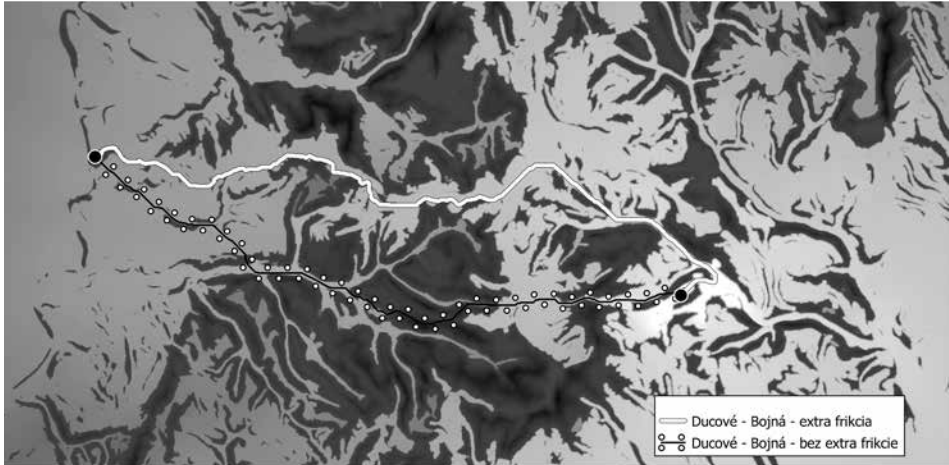
Prechod vymodelovanými cestami som absolvovala sama v sprievode psa, toho času 35ročná, bez zdravotných komplikácií s priemernou telesnou kondíciou ako pomerne pravidelná, ale rekreačná turistka. S malou záťažou v podobe batoha s váhou okolo 5 kg. Druhou členkou tímu bola osemročná sučka československej vlčičky, zvyknutá na dlhý a vytrvalostný pohyb. Zvolila som okruh Hubina – Bojná-Valy – Hubina, celková modelovaná trasa merala 23,1 km. Úsek Ducové – Bojná-Valy 12,48 km a Bojná-Valy – Ducové 10,62 km (obr. 5). Reálnu trasu som o malý úsek skrátila, nevyrážala som priamo z polohy Ducové-Kostolec, ale od súčasného cintorína v obci Hubina a na modelovanú cestu som sa napojila neďaleko vrcholu Skalka nad obcou Hubina. Vzhľad a povrch krajiny je v bezprostrednej blízkosti polohy Ducové-Kostolec silne narušený kameňolomom, a preto som usúdila, že nemá význam overovať fyzicky aj túto časť cesty. Vstup do areálu hradiska sa nachádza na jeho južnej strane, príchod k hradisku zo severnej strany je možný po temene svahu. Taktiež som rátala s približne ôsmimi hodinami denného svetla, za ktoré som chcela trasu absolvovať. Koniec novembra má výhody aj nevýhody pri realizácii prieskumu tohto druhu. Nevýhodou je kratšie denné svetlo. Za výhodu považujem nižší stav vegetácie, a tým väčšiu viditeľnosť priamo v lese. Predpokladala som aj stret so zvieratami, hlavne na úsekoch výrazne mimo značených turistických chodníkov, čo sa aj potvrdilo (mnohopočetné stádo raticovej zveri, diviacia rodina aj s odrastenými mladými diviakmi).

Začínala som v obci Hubina, ktorá sa nachádza priamo pod lokalitou Ducové-Kostolec, o 8:30 ráno. Na hradisko Bojná-Valy som dorazila o 12:30. Po prestávke na hradisku som vyrazila naspäť do Hubiny o 13:20 a vrátila sa späť k zaparkovanému autu približne o 16:50. Počas prechodu som si nerobila zásadné a dlhšie prestávky, transport spomaľovala len fotodokumentácia, obchádzanie nepriechodných zarastených úsekov a občasnú vyhýbanie sa divej zveri (diviaky, mnohopočetné stádo vysokej). Pre prvý úsek cesty, z Hubiny do Bojne, som si zvolila model cesty, do ktorej bola zapracovaná frikčná vrstva a ako spätnú cestu som zvolila verziu bez pridanej frikčnej vrstvy (obr. 6). Variant nezohľadňujúci pridané extra náklady za stúpanie a klesanie nad hodnotu kritického svahu. Na orientáciu v teréne som použila aplikáciu Locus Map Classic v bežnom mobilnom telefóne (Samsung Galaxy S20 FE, Android ver. 13). Podkladovou



Obr. 5. Model optimálnych ciest medzi lokalitami Ducové-Kostolec a Bojná-Valy. Úsek Ducové-Bojná s extra frikčnou vrstvou, úsek Bojná-Ducové bez frikčnej vrstvy. Vytvorila L. Pechová, mapový podklad ÚGKK SR.

Abb. 5. Modell der optimalen Wege zwischen den Fundstellen Ducové-Kostolec und Bojná-Valy. Abschnitt Ducové-Bojná mit gesonderter Reibungsschicht, Abschnitt Bojná-Ducové ohne Reibungsschicht. Erstellt von L. Pechová, Kartenvorlage Institut für Geodäsie, Kartographie und Kataster der Slowakischen Republik.



Obr. 6. Model optimálnych ciest na nákladovom povrchu. Vytvorila L. Pechová.

Abb. 6. Modell optimaler Wege auf der Kostenoberfläche. Erstellt von L. Pechová.

mapou je základná mapa z balíka OpenStreetMaps, konkrétne vrstva Outdoor, ktorá je určená hlavne pre turistiku a bicyklovanie. Mapa je voľne dostupná v aplikácii. Modelované trasy vytvorené v programe QGIS som importovala do aplikácie vo formáte .gpx, ktorý umožňuje ukladanie a spracovanie GPS údajov. Vytvára sa exportom vektorového útvaru (línia, body etc.). Využila som export líniového útvaru.

V teréne som sa orientovala podľa mapy v aplikácii a gps lokátora v telefóne. Určila som smer a priebežne som si situáciu overovala v aplikácii, aby som sa nevzdialila z modelovanej cesty. Buzolu alebo kompas som nepoužívala. Na miestach, kde sa modelovaná trasa približne stotožňovala s používaným turistickým chodníkom, cestou alebo chodníčkom, som volila túto, na prechod jednoduchšiu alternatívu. Na mnohých úsekoch som mohla okolitú krajinu priamo pozorovať a prípadné príznaky starej cesty zdokumentovať. Doslova stratiť smer a odkloniť sa z modelovanej cesty na mnohých úsekoch ani nebolo možné. Modelovaná trasa sledovala často nenápadné, buď v minulosti používané, alebo v súčasnosti menej frekventované chodníčky v teréne. V týchto prípadoch išlo zväčša o menej nápadné cesty rôznej šírky, zvyčajne na rozkol nápravy a šírku jedného voza alebo vozidla, do šírky dvoch metrov (obr. 7).

Do frikčnej vrstvy neboli zakomponované vodné toky. Pri výpočte v programe nezvyšovali náklady a nepredlžovali čas. Aj preto v mnohých úsekoch modelovaná cesta križovala vodný tok niekoľkokrát z jedného brehu na druhý v relatívne krátkych vzdialenostných intervaloch. Okrem vodných tokov neboli vo frikčnej vrstve zahrnuté ani potenciálne zamokrené plochy v blízkosti vodných tokov a močiarov. Tieto územia, tak ako v minulosti, tak aj dnes, nie sú vhodné na pravidelne používané prechodové miesta. Tieto situácie som riešila použitím najbližšej novej cesty alebo cestičky, prípadne priechodu, ktorý dodržiaval smer modelovanej cesty. Model cesty sledujúci tok potoka, ako pohodlná mierne klesajúca trasa, nerešpektoval zamokrené územie v blízkosti. V takýchto prípadoch som hľadala najbližšiu možnú alternatívu, ako napríklad vyvýšené cesty na terase nad potokom, ktoré pravdepodobne sú upravované pre potreby lesníkov.

Relikty starších ciest alebo jedna používaná cesta, boli prítomné takmer počas celej sledovanej trasy. Až na úsek s výrazne mladým lesom, kde pravdepodobne v nedávnej minulosti bol vykonaný holorub, boli relikty ciest priebežne viditeľné v teréne. Častá úprava povrchu a intenzívne lesné hospodárenie asi staršie relikty znehodnotilo. Pri vstupe do mladšej časti lesa bol relikv viditeľný niekoľko desiatok metrov a následne sa stratil. Relikt smeroval rovnako ako modelovaná cesta.



Obr. 7. Súčasné cesty a relikty zaniknutých ciest a ich vizualizácia v DMR 5.0. Všetky sa nachádzajú priamo v modelovanej ceste, pri navýšení hodnoty frikcie. a – relikť staršej komunikácie idúci súběžne, až takmer rovnobežne so súčasnou cestou (foto L. Pechová; aDMR – zdroj ÚGKK SR); b – zväzok úvozov, rovnobežných so súčasnou cestou (foto L. Pechová; bDMR – zdroj ÚGKK SR); c – zarastená a dnes ťažko prístupná cesta (foto L. Pechová; cDMR – zdroj ÚGKK SR).



Abb. 7. Heutige Wege und Relikte verschwundener Wege und ihre Visualisierung im Digitalen Reliefmodell DMR 5.0. Alle befinden sich direkt im modellierten Weg, bei Vergrößerung des Reibungswertes. a – Relikt eines älteren, neben dem heutigen Weg fast parallel verlaufender Verkehrsweg (Foto L. Pechová; aDMR – Quelle Institut für Geodäsie, Kartographie und Kataster der Slowakischen Republik); b – Bündel von zum heutigen Weg parallel verlaufenden Hohlwegen (Foto L. Pechová; bDMR – Quelle Institut für Geodäsie, Kartographie und Kataster der Slowakischen Republik); c – verwachsene und heute schwer begehbarer Weg (Foto L. Pechová; cDMR – Quelle Institut für Geodäsie, Kartographie und Kataster der Slowakischen Republik).

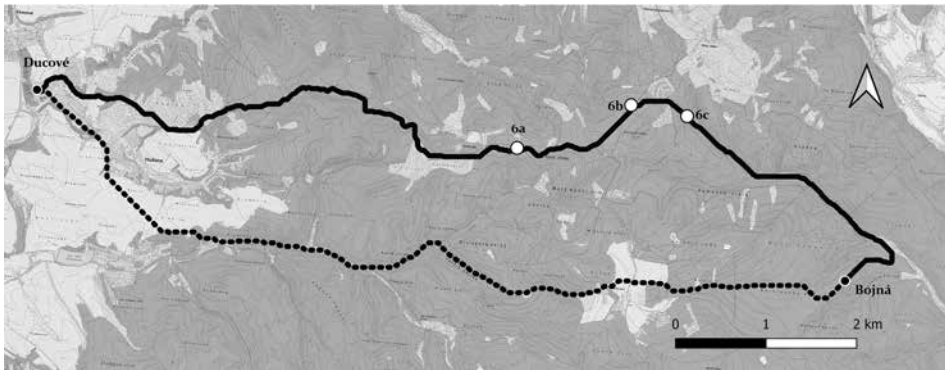
Vyskytla sa aj situácia, že modelovaná cesta bola nepriechodná, a to z niekoľkých dôvodov. Prvým bola takmer nepriechodná vegetácia, hlavne v podobe mladého lesa a hustého krovia. Ďalším bola prítomnosť zastavaného alebo oploteného územia (záhrada, zvernica so zverou), prítomnosť skalných útvarov a prav-

depodobného ležoviska diviakov. Všetky tieto prvky sa často nedajú zachytiť v mapách, resp. by bolo potrebné rozšíriť množstvo prvkov prítomných vo frikčnej vrstve. Náklady by narástli a je možné, že by ovplyvnili výslednú trasu cesty. Taktiež nemá význam fyzicky prehľadávať

pravidelne poľnohospodársky obhospodarovanú pôdu bez prítomných medzí. Finálnu časť modelovanej cesty pred obcou Hubina som vynechala taktiež. Na rozsiahlej poľnohospodárskej ploche bola vysiatá ozimina. Okrem toho, pri vyhľadávaní starých ciest v tomto prostredí je výhodnejšie zvoliť prieskum zvrchu (ortofoto, LLS).

Dokumentáciu som vykonávala fotograficky priamo v aplikácii Locus Map Classic. Aplikácia ponúka funkciu pridania bodov s uložením údajov, vrátane fotografie. V skúmanej oblasti nenastal problém s dostatočným GNSS signálom a lokáciou. Z celkovo 62 dokumentačných bodov s fotografiou iba jeden z nich výrazne pozične „uletel“, a aj to z dôvodu pomalšieho načítania údajov. Toho času som sa nachádzala v relatívne zahĺbenom údolí. Fotografie sú označené ako bod priamo v mape. Zaznamenala som vždy len výsek cesty, na ktorom je viditeľný jej tvar a umiestnenie vzhľadom na okolitý priestor.

Vybrané úseky, ktoré boli zvolené aj ako obrázková príloha, sú naznačené na mape (obr. 8). Vo všetkých prípadoch je naozaj viditeľný dlhší a súvislý úsek reliktu prvku, ktorý vznikol ľudským zásahom. Pri obrazovej dokumentácii je i vizualizácia vytvorená z DMR 5.0.



Obr. 8. Lokalizácia reliktov ciest na vymodelovanej optimálnej ceste. Vytvorila L. Pechová.

Abb. 8. Lokalisierung von Wegerelikten auf modelliertem optimalem Weg. Erstellt von L. Pechová.

## Zhrnutie

V teréne bola overená prítomnosť a priechodnosť teoretických modelov ciest vytvorených v programe QGIS, modelovaných na základe nákladového povrchu. Prieskum v rozsahu, v akom bol uskutočnený, neumožňuje určiť vek a datovať úseky ciest, resp. reliktov, čo však ani nebolo cieľom. Je možné však upozorniť na niekoľko úsekov modelovanej trasy, ktoré by bolo možné podrobnejšie preskúmať a vyhľadávať potenciálne artefakty, ktoré môžu spresniť datovanie reliktu, napríklad pomocou detektoru kovov. Úseky nie sú priamo prepojené s konkrétnym osídlením, takže ich nie je možné ani nepriamo datovať podľa známej lokality. Výnimkou je prístupová cesta do hradiska Bojná-Valy. Nápomocná by mohla byť podrobná toponomastická analýza.

Fakt, že modelovaná cesta často kopírovala rôzne menej nápadné, staré alebo aj zvieracie chodníčky, môžeme interpretovať niekoľkými spôsobmi. Prvým je, že spôsob predikcie a modelovania ciest použitím nákladového povrchu naozaj funguje a teória je uplatniteľná v praxi. Pridané extra hodnoty pre frikčný povrch v kombinácii s nákladovou funkciou Erica Languira odzrkadľujú reálny pohyb v krajine a človek a spoločnosť prirodzene vyhľadáva tieto najjednoduchšie cesty. Druhou možnosťou je, že model cesty zachytáva už samotnú cestu, ktorá sa nachádza v teréne. Cesta alebo jej relik je natoľko zaznamenaná v krajine, že mapy a DMR uvádzajú

priamo jej nadmorskú výšku a hodnoty pre jednotlivé bunky. Softvér tak už ráta s týmito hodnotami a nemodeluje potenciálnu cestu, ale ukazuje reálnu a aktuálnu cestu.

Modelovaná cesta ako celok (Hubina – Bojná-Valy – Hubina) určite nie vhodná na prechod. Na základe znalosti terénu by bolo možné čiastočne poopraviť model. Predĺžil by sa tým pravdepodobne čas potrebný na prechod, ale zároveň by sa cesta stala dostupnejšia a prechodnejšia. Určite však nie je vylúčená možnosť využitia veľkého množstva úsekov minimálne na trase Hubina – Bojná-Valy ako spojnicu medzi lokalitami. Prítomnosť reliktov úvozov tomu nasvedčuje. Relikty boli prítomné a často smerujúce rovnobežne s dnes využívanými cestami. Boli pomerne široké a väčšinou prekonateľné aj s povozom.

Chýbajúcim prvkom vo frikčnej vrstve sú skalné útvary, ktoré výrazne sťažujú možnosť prechodu, prípadne jej až zabraňujú. Útvary je nutné obchádzať a nie vždy je to možné. Do budúcnosti je nevyhnutné zahrnúť potenciálne zamokrené územia, pretože vytvárané ploché platá pri meandrujúcich potokoch sú pri analýze Least Cost Path logicky najjednoduchšie časti prostredia na modelovanie ciest.

Použitie teoretického modelu predikcie ciest nachádza uplatnenie zatiaľ v zahraničných výskumoch a štúdiách. Som si však istá, že by mohla metóda tvoriť súčasť výskumu nielen ciest, ale aj iných prvkov v štruktúre osídlenia. Teoretický model cesty je možné použiť ako základnú os vyhľadávania ďalších lokalít, v blízkosti teoretickej cesty. Nákladový povrch a jeho parametre je možné prispôsobiť pre rozdielne druhy dopravy a tým pádom využiť metódu aj na riešenie komplexnejších otázok spojených s transportom tovaru, zásobovaním, obchodom, prechodom rozsiahlych karaván ako presun vojska a iné.

Štúdia vznikla za čiastočnej podpory z projektu VEGA 1/0100/19 „Poznanie hospodárstva a spoločnosti doby bronzovej, v oblasti severne od stredného Dunaja, prostredníctvom archeologických a environmentálnych prameňov“. Podpora spočívala v použití zozbieraných dát a hardvéru.

## Literatúra

- BELL, T.–LOCK, G., 2000: Topographic and cultural influences on walking the Ridgeway in later prehistoric times. In: *Beyond the map. Archaeology and spatial technologies* (Lock, G., ed.), 85–100. Amsterdam – Berlin – Oxford – Tokyo – Washington DC.
- BINTLIFF, J., 2002: Going to Market in Antiquity. In: *Zu Wasser und zu Land. Stuttgarter Kolloquium* (Olshausen, S. H., ed.), 209–250. Stuttgart.
- BLAŽOVÁ, E.–LIESKOVSKÝ, T., 2011: Využitie GIS a jeho nástrojov na tvorbu archeologického predikčného modelu, *ŠZ AÚ SAV* 49, 5–24.
- CENDELÍN, D.–BOLINA, P., 2015: Význam reliktů dopravního pohybu při interpretaci velkomoravského hrádiska u Bojně (okr. Topoľčany) – Die Bedeutung von Verkehrsbewegungsrelikten bei der Interpretation des Grossmährischen Burgwalls bei Bojná (Bezirk Topoľčany), *AH* 40, 247–265.
- DANIELISOVÁ, A., 2008: Praktické modely spojené s modelovaním pohybu pravěkou kultúrnou krajinou. In: *Počítačová podpora v archeológii II* (Macháček, J., ed.), 151–164. Brno.
- DAŇOVÁ, M. a kol., 2022: Hľadanie rímskeho prístavu. O počiatkoch systematického prieskumu riečného dna Dunaja pri Iži, *ZbSNM CXVI – Archeológia* 32, 319–328. <https://doi.org/10.55015/WNMK8399>
- GEOGRAPHY.HUNTER.CUNY.EDU. Cost surfaces. Dostupné z: <http://www.geography.hunter.cuny.edu/~jochen/gtech361/lectures/lecture11/concepts/Cost%20surfaces.html>, cit. 1. 3. 2023.
- GRASS.OSGEO. Manuals. Dostupné z: <https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.walk.html>, cit. 11. 6. 2023.
- GOLÁŇ, J., 2003: Archeologické prediktívni modelování pomocí geografických informačních systémů – na příkladu území jihovýchodní Moravy. Dizertačná práca, PFF MU, Brno.
- GULDAN, A. a kol., 2006: Učebné texty pre značkárov. Dostupné z: [https://www.ksttn.sk/wp-content/uploads/2015/09/Ucebne\\_texty\\_pre\\_znackarov.pdf](https://www.ksttn.sk/wp-content/uploads/2015/09/Ucebne_texty_pre_znackarov.pdf), cit. 7. 3. 2023.

- HERZOG, I., 2013: Theory and practise of cost functions. In: Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA 2010. Fusion of Culture (Farjas, M.–Melerero, F. J.–Contreras, F., edd.), 375–382. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/307149586\\_Theory\\_and\\_practice\\_of\\_cost\\_functions](https://www.researchgate.net/publication/307149586_Theory_and_practice_of_cost_functions), cit. 20. 12. 2022.
- 2020: Spatial analysis based on cost functions. In: Archaeological Spatial Analysis: A Methodological Guide to GIS (P. Hacigüzeller, P.–Lock, L.–Gillings, M., edd.), 333–358. London – New York. Dostupné z: <https://www.academia.edu/42768323>, cit. 20. 12. 2022.
- HINZ, M., 2020: GIS in Archaeology. 10 – Least Cost Path Analysis. Dostupné z: [https://martinhinz.github.io/gia\\_hs\\_2020/10/#1](https://martinhinz.github.io/gia_hs_2020/10/#1), cit. 1. 3. 2023.
- JOHN, J., 2010: Možnosti a limity počítačové rekonstrukce minulých cest na příkladu Čertovy louky v Krkonoších, Acta Fakulty filozofické Západočeské univerzity v Plzni 4, 239–247.
- LANGUIRE, E., 1984: Mountaincraft and Leadership. Cordee.
- 1995: Mountaincraft and Leadership. Cordee.
- LIESKOVSKÝ, T., 2011: Využitie geografických informačných systémov v predikčnom modelovaní v archeológii. Dizertačná práca, Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity, Bratislava.
- PIETA, K., 2017: Včasnostredoveké mocenské centrum Bojná – výskumy v rokoch 2007–2013. In: Bojná 2. Nové výsledky výskumov včasnostredovekých hradísk (Pieta, K.–Robak, Z., edd.), 11–51. Nitra.
- RUTTKAY, A. T., 2006: Významné archeologické lokality z včasného stredoveku v oblasti Považského Inovca. In: Bojná. Hospodárske a politické centrum Nitrianskeho kniežatstva (Pieta, K.–Ruttkey, A. T.–Ruttkey, M., edd.), 191–201. Nitra.
- SAGA-GIS MODULE LIBRARY DOCUMENTATION: Module Least Cost Paths. Dostupné z: [https://saga-gis.sourceforge.io/saga\\_tool\\_doc/2.1.4/grid\\_analysis\\_5.html](https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/2.1.4/grid_analysis_5.html), cit. 13. 6. 2023.
- TOBLER, W., 1993: Non-isotropic geographic modeling. Technical report 93-1. Dostupné z: [https://escholarship.org/content/qt05r820mz/qt05r820mz\\_noSplash\\_8f1f13a718ba4a0db0079773ffa4a7af.pdf?t=nqgrcq](https://escholarship.org/content/qt05r820mz/qt05r820mz_noSplash_8f1f13a718ba4a0db0079773ffa4a7af.pdf?t=nqgrcq), cit. 25. 1. 2023.
- TURČAN, V., 2006: Depoty z Bojnejskej v zbierkach archeologického múzea SNM. In: Bojná. Hospodárske a politické centrum Nitrianskeho kniežatstva (Pieta, K.–Ruttkey, A. T.–Ruttkey, M., edd.), 159–166. Nitra.

## Mapové podklady

DMR 3.5; DMR 5.0; LLS (Letecké laserové skenovanie).

ÚGKK SR: Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, 2021–2023.

## Zusammenfassung

### Die Anwendung einer Kostenoberfläche bei der Modellierung der Wege im Gebirge Inowetz (Považský Inovec) im Mittelalter

Räumliche Analysen in einer GIS-Umgebung sind seit mehr als einem Jahrzehnt ein mehr oder weniger fester Bestandteil archäologischer Studien. Im Rahmen räumlicher Vorhersagen wird die Methode der Kostenoberfläche, die die Grundlage für Kostenfunktionen wie beispielsweise die Least Cost Function bildet, in der tschechischen und slowakischen Archäologie jedoch nur sporadisch verwendet. Mit Hilfe von Kostenfunktionen ist es unter anderem möglich, die wahrscheinlichsten Routen zwischen Fundstellen vorherzusagen. Im Gebirge Inowetz wurden potenzielle Routen modelliert, die Kommunikationslinien zwischen zwei zeitgleichen Fundorten – dem befestigten Gutshof Ducové-Kostolec und der Burgstätte Bojná-Valy – bilden könnten. Diese räumlichen Analysen arbeiten mit anisotroper Bewegung, weshalb Wege in entgegengesetzte Richtungen teilweise unterschiedlich waren.

Bei der Modellierung wurden zwei Varianten gewählt, die sich durch unterschiedliche Eingangsparameter unterschieden. In einem Fall war die Möglichkeit, Gelände mit hohem Höhenunterschied zu durchqueren, stark eingeschränkt, in einem anderen Fall wurde dies nicht berücksichtigt. In der Modellierung wird die Geländeneigung als einziger Einflussfaktor angeführt. Andere Parameter können hinzugefügt werden, wurden aber in diesem speziellen Fall nicht verwendet. Daraus ergaben sich vier potenzielle Routen, von denen eine mit und eine ohne Reibungsschicht zur Überprüfung im Gelände hinzugefügt wurden. Um festzustellen, ob die Wege über ihre gesamte Länge begehbar sind, wurden die theoretischen Wegemodelle anschließend durch Begehung verifiziert und mit Hilfe des unter Heranziehung des Airborn Laserscannings (ALS) erstellten digitalen Reliefmodells DMR 5.0 visualisiert.

Von den vier modellierten Wegen wurde einer für die Richtung Ducové–Bojná und ein weiterer für den Rückweg ausgewählt. Die gesamte Strecke war nicht ohne kleinere Korrekturen direkt im Gelände passierbar, aber die vorhandenen Relikte von wahrscheinlich älteren Wegen und die Existenz der heutigen Wege deuten auf ihre potenzielle Nutzung auch in der Vergangenheit hin.

Die Heranziehung einer Vorhersage mithilfe der Kostenoberfläche ist eine Methode, die auch in unserem geographischen Gebiet anwendbar ist, jedoch müssen die Eingangsparameter richtig bestimmt und die Reibung entsprechend eingestellt werden.

Die vorliegende Studie wurde teilweise von dem Projekt VEGA 1/0100/19 „Erkenntnisse über die bronzezeitliche Wirtschaft und Gesellschaft im Gebiet nördlich der mittleren Donau durch archäologische und umweltbezogene Quellen“ gefördert. Die Förderung basierte auf der Nutzung der zusammengetragenen Daten und der Hardware.

Mgr. Lenka **Pechová**, Poľná 8, 900 26 Slovenský Grob, Slovenská republika, [lenka@ontheroad.sk](mailto:lenka@ontheroad.sk)



Toto dílo lze užit v souladu s licenčními podmínkami Creative Commons BY-NC-ND 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>). Uvedené se nevztahuje na díla či prvky (např. obrazovou či fotografickou dokumentaci), které jsou v díle užity na základě smluvní licence nebo výjimky či omezení příslušných práv.