

VYUŽITIE VZDIALENOSTNÝCH ANALÝZ GIS PRE VÝPOČET DOSTUPNOSTI V PRIESTOROVO PLÁNOVACÍCH PROCESOCH

Matej MOČKO

Katedra geografie a regionálneho rozvoja, Fakulta prírodných vied,
Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
e-mail: matej.močko@ukf.sk

Abstract: *The article is focused on creation of a tool for calculating accessibility in spatial planning processes. The result of our work is a tool designed to calculate the 2D and 3D availability in spatial planning processes. Tool also takes into account the fact, that real world is not just a two-dimensional and takes relief, respectively the elevation of an area as counting inputs. Layers of the resulting map can be overlapped with the required spatial planning phenomena and processes.*

Key words: *BASH, GRASS GIS, cumulative distance, 2D distance, 3D distance, 2D and 3D cumulative time*

Úvod

Geografické informačné systémy (GIS) nachádzajú postupne uplatnenie v najrôznejších oblastiach ľudskej činnosti, pretože väčšina činností prebieha na určitom mieste alebo sa k určitému miestu viaže.

Podľa Rapanta (2005, 2002) a Voženíleka (1998) by bolo v dnešnej dobe jednoduchšie vymenovať oblasti kam GIS nezasahuje, ako oblasti kde sa GIS v určitej miere využíva. Široké spektrum autorov zaoberajúcich sa využívaním GIS vyčlenilo veľké množstvo oblastí, v ktorých sa GIS aktívne využíva. Ako príklad môžeme spomenúť oblasť dopravy, maloobchodu, verejnej správy, životného prostredia, telekomunikácií a podobne.

Jedným zo základných pojmov v GIS, ktorý zasahuje do všetkých oblastí a výraznou mierou tieto oblasti ovplyvňuje, je pojem vzdialenosť (Tolmáči, 1998).

Určenie vzdialenosti medzi geografickými objektmi je jedna z najvýznamnejších analýz, ktoré vykonávame v GIS-e. Základnou podmienkou pre meranie vzdialenosti v priestore je vyjadrenie polohy prostredníctvom súradnicových systémov (Kaňuk, 2015).

S pojmom vzdialenosť veľmi úzko súvisí pojem dostupnosť ktorý podľa Michniaka (2002) patrí medzi najvýznamnejšie, ale zároveň aj najťažšie definovateľné pojmy v geografii. Clark (1990) definuje dostupnosť ako ľahkosť dosiahnutia miesta alebo služby z ostatných miest, ktorú môžeme merať napr. prekonanou vzdialenosťou, vynaloženými cestovnými nákladmi alebo časom trvania cesty.

Použité metódy

Príspevok sa zameriava na priblíženie skriptu vytvoreného v skriptovacom jazyku BASH. Pozitívom tohto programovacieho jazyka je plná kompatibilita s programom GRASS GIS a taktiež možnosť využiť pozitíva operačného systému Linux - Xubuntu. Funkcionalita a praktické použitie v oblasti analýzy dostupnosti bol použitý systém GRASS GIS (Geographical Resources Analysis Support System), ktorý je voľne šíriteľný komplexný geografický informačný systém s otvoreným kódom s možnosťou spracovania rastrových, topologických a vektorových obrazových dát a grafickej tvorby (GRASS Development Team, 2002). Na finálnu kartografickú reprezentáciu bol použitý QGIS „2.18.6 - Las Palmas“.

Prístup ktorý sme zvolili je založený na troch na seba naväzujúcich špecifikách.

1. Počítame s kumulatívnymi ukazovateľmi dostupnosti.

Využili sme kategórie dostupnosti podľa Tolmáčiho (1998), konkrétne topologickú nepriamu dostupnosť (Dst 6).

2. Počítame kumulatívnu dostupnosť pre kompletne celú sieť.

Pre analýzy dostupnosti používame rastrové dátové modely v GIS. Vypočítaná kumulatívna dostupnosť pre kompletne celú sieť dovoľuje jednak rýchle kategorizovanie celej dopravnej siete podľa požadovaných úrovní, ale aj zjednodušené opätovné využitie pri zmene konečných bodov (Ševčík a kol., 2017).

3. Výpočet realizujeme v trojrozmernom priestore.

Najväčšou nevýhodou, vyplývajúcou z teórie grafov je, že dopravnú sieť zjednodušuje a pracuje s ňou ako s dvojdimenzionálnym objektom, pričom skutočná dopravná sieť, je podriadená vlastnostiam reliéfu, ktorý je často krát značne členitý. A práve táto skutočnosť môže, v určitých oblastiach (napr. pešia turistika v horskom prostredí), skresliť a značne podhodnotiť požadované výsledky.

Nami uvádzaný prístup je zameraný priamo na problematiku dopravnej siete, ako trojdimenzionálneho objektu. Pre tento účel je potrebné, okrem dopravnej siete, počiatkových a koncových súradníc, poznať prevýšenie, veľkosť a dĺžku sklonu pre všetky potenciálne trasy, poprípade celú cestnú sieť.

Na základe požiadavky pre počítanie kumulatívnej dostupnosti pre kompletne celú sieť a z dôvodu počítania dostupnosti na sieti predstavujúcej 3D objekt bolo pre nás jednoduchšie využiť rastrové dátové modelovanie miesto používanej vektorovej reprezentácie.

Základnú vstupnú rastrovú vrstvu tvorí rastrový dátový model - digitálny model reliéfu, kde jednoduchými geomorfologickými analýzami, získame potrebné údaje implicitne zapísané v bunkách.

Výsledky

Ako výsledok práce bol vytvorený skript pre výpočet dostupnosti v priestorovo plánovacích procesoch pomocou GIS.

Skript je primárne zameraný na:

1. Vytvorenie kumulatívnej mapy 2D vzdialeností začiatočného vstupného bodu verzus cieľové body.
2. Vytvorenie kumulatívnych 2D a 3D vzdialeností jednotlivých vstupných bodov k daným bodom záujmu.
3. Vytvorenie kumulatívneho 2D a 3D času jednotlivých vstupných bodov k daným bodom záujmu.
4. Exportovanie výsledných databázových tabuliek a textových dokumentov.

Testovanie algoritmu prebiehalo formou ukážok jednotlivých výstupov, ktoré je možné získať kumulatívnym vyjadrením dostupnosti konkrétneho geoprvcu pre celú dopravnú sieť v dvojrozmernom i v trojrozmernom prostredí.

Prvou ukážkou možnosti využitia nášho skriptu sme zvolili vypočítanie dostupnosti vybraných mestských parkov k vybraným hotelom v meste Prievidza.

Ako vstupné body sme zvolili 4 vybrané hotely a to konkrétne hotel **Hviezda**, **Magura**, **Preuge** a **Squash**. Pri výbere a samotnom počítaní dostupnosti sme sa inšpirovali u autorov Baus, Pauditšová, Labuda, ktorý v ich článku Priestorová databáza štruktúry dostupnosti mestských zelených plôch v Bratislave a jej využitie pri výskume preferencií obyvateľov v ich návštevnosti (in Acta Enviromentalica Universitatis Comenianae Bratislava, 2015) hodnotili dostupnosť mestskej zelene v Bratislave na základe vzdialenosti.

Koncentrické zóny okolo mestských zelených plôch boli vytvorené s krokom 100 metrov, pričom maximálna vzdialenosť od mestských zelených plôch predstavuje 1000 metrov. Táto vzdialenosť bola zvolená s ohľadom na približnú reprezentáciu 15 minút pešej chôdze v mestskom prostredí, čo je referenčný údaj pre dostupnosť rekreačných plôch podľa EEA (Baus, Pauditšová, Labuda, 2015). Na základe prepočtu priemernej rýchlosti chodca 5 km/h^{-1} sme si v našom článku určili vzdialenosti rozložené do časovej postupnosti: 0 - 5 minút (417m), 5 - 10minú (418 – 834m), 10 - 15 minút (835 – 1251m), 15 - 20 minút (1252 – 1668m), nad 20 minút (<1669m).

Tab. 1: Porovnanie vzdialeností vybraných mestských parkov od vybraných hotelov v meste Prievidza

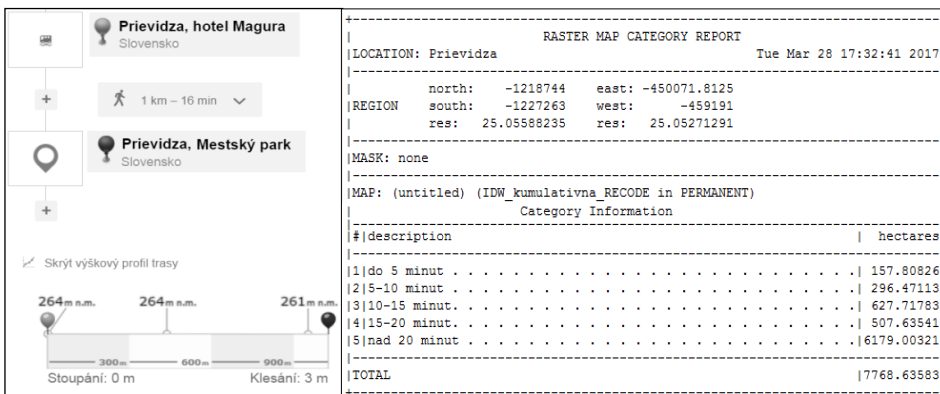
Hotel Hviezda						
Lokalita	Google (m)	2D VZD (m)	2D ČAS (s)	3D VZD (m)	3D ČAS (s)	Rozdiel 2D a 3D vzdialenosti (v m)
Mestský park	2344	2252,9	1614	2253,2	1602	0,3
Park Skotňa	754	691,5	624	697,8	648	6,3
Lesopark Prievidza	3465	3466,7	3295	3477,0	3264	10,3

Hotel Magura						
Lokalita	Google (m)	2D VZD (m)	2D ČAS (s)	3D VZD (m)	3D ČAS (s)	Rozdiel 2D a 3D vzdialenosti (v m)
Mestský park	972	773,0	566	773,1	547	0,1
Park Skotňa	2404	2248,3	1843	2268,7	1852	20,4
Lesopark Prievidza	4882	4841,3	4355	4855,7	4308	14,4
Hotel Preuge						
Lokalita	Google (m)	2D VZD (m)	2D ČAS (s)	3D VZD (m)	3D ČAS (s)	Rozdiel 2D a 3D vzdialenosti (v m)
Mestský park	1690	1654,3	1208	1654,6	1186	0,3
Park Skotňa	1426	1306,4	1153	1318,2	1171	11,8
Lesopark Prievidza	3839	3911,2	3685	3922,8	3643	11,6
Hotel Squash						
Lokalita	Google (m)	2D VZD (m)	2D ČAS (s)	3D VZD (m)	3D ČAS (s)	Rozdiel 2D a 3D vzdialenosti (v m)
Mestský park	2578	2511,4	1810	2511,9	1748	0,5
Park Skotňa	1193	1025,0	935	1034,3	904	9,3
Lesopark Prievidza	3090	3079,5	2994	3088,7	2950	9,2

Pri percentuálnom porovnávaní rozdielu medzi 2D a 3D kumulatívnou vzdialenosťou sa vzdialenostné odchýlky pri jednotlivých parkoch pohybujú od 0,1 metra pri Hotely Hviezda k Mestskému parku až po 20,4 metra od Hotela Magura po Park Skotňa (tab. 1). Túto veľmi malú odchýlku medzi 2D a 3D kumulatívnou vzdialenosťou vieme odôvodniť takmer rovným reliéfom v oblasti počítania. Pri pohľade na výškový profil medzi vybraným hotelom Magura a Mestským parkom je výškový rozdiel len 3 metre na vzdialenosť približne 1km (obr. 1).

Medzi výstupy skriptu patrí okrem tabuľkových výstupov aj vrstvy finálnych kumulatívnych vzdialeností (obr.2), interpolované vrstvy a taktiež štatistické a informatívne výpisy. Medzi tieto dokumenty patrí aj dokument vytvorený pomocou nástroja r.report (obr. 1).

Obr. 1: Výškový profil jednotlivých cestných sietí/ výpis nástroja r.report



Zdroj: Mapy.cz (2017)

Ako ďalší príklad využitia skriptu sme zvolili vysokohorské prostredie a to konkrétne oblasť Vysoký Tatier. V rámci nášho výpočtu sme si zvolili turisticky obľúbené miesta ku ktorým sme zvolili dostupnosť od vlakovej stanice v Štrbskom Plese. Keďže vstupná líniová vrstva nemusí striktné zahŕňať len cestnú sieť ale môže to byť akákoľvek líniová vrstva do tohto počítania sme okrem cestnej siete zahrnuli aj turistické chodníky.

Tab. 2: Porovnanie vzdialeností vybraných turistických cieľov od vlakovej stanice v Štrbskom Plese

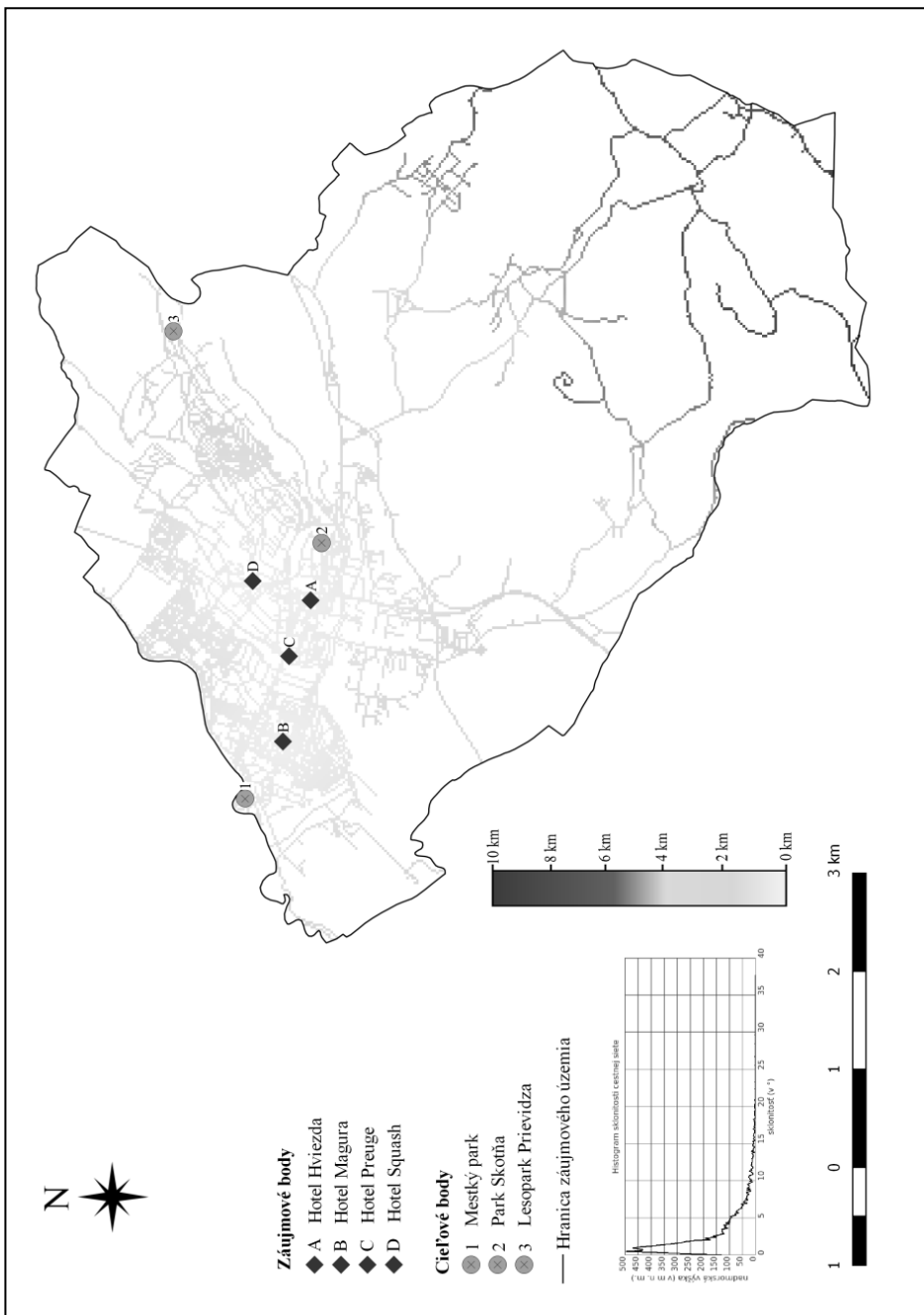
ID	Lokalita	Google (m)	2D VZD (m)	2D ČAS (s)	3D VZD (m)	3D ČAS (s)	Rozdiel 2D a 3D vzdialenosti (v m)
1	Štrbské pleso	350	303,8	391	305,4	421	1,6
2	Lanovka	1595	1440,7	1446	1446,0	1492	5,3
3	Kôprovský štít	8835	8919,9	14016	11987,9	22744	3068
4	Veľké Hincovo Pleso	7960	7813,8	10774	8076,0	14229	262,2
5	Predné solisko	4938	4404,2	7901	6225,9	14538	1821,7
6	Tatranský sym.cintorín	5215	4764,9	5982	5653,2	7701	888,3

Pri analýze tabuľky 2 dochádza k odchýlkam medzi 2D a 3D vzdialenosťami a to od odchýlky 1,6 metra medzi Vlakovou stanicou Štrbské Pleso a Štrbským Plesom až po 3068 metrov na trase medzi Vlakovou stanicou Štrbské Pleso a Kôprovským štítom. Veľmi veľkým odchýlkam medzi kumulatívnymi 2D a 3D vzdialenosťami zodpovedajú aj 2D a 3D kumulatívne časové hodnoty, pričom najmenší rozdiel je medzi Vlakovou stanicou Štrbské Pleso a Štrbským plesom (30 sekúnd) a najväčší rozdiel je medzi Vlakovou stanicou Štrbské Pleso a Kôprovským štítom (8728 sekúnd t. j. 145 minút). Tieto diferenčné odlišné hodnoty medzi 2D a 3D časom zodpovedajú veľmi členitému reliéfu pričom sklonitosť danej siete výraznou mierou ovplyvňuje dané výsledky. Pri pohľade na sklonitosť cestnej siete (tab. 3) a turistických chodníkov vybranej lokality sa jej maximálna hodnota nachádza na hranici 69,15 stupňov pričom maximálna sklonitosť Slovenska je 55,75 stupňa. Rozdiel maximálnych hraníc je tak až 13,4 stupňa. Taktiež aj pri priemernej sklonitosti má vybraná cestná sieť Štrbského Plesa 2,8 násobnú hodnotu (14,94) oproti priemernej sklonitosti cestnej siete Slovenska (5,20). Výsledkom týchto veľkých rozdielov medzi 2D a 3D vzdialenosťou je veľmi členitý reliéf ktorým daná cestná sieť a sieť turistických chodníkov prechádza. Prípad vysokohorskej krajiny je pekným príkladom pre použitie počítania 3D dostupnosti. Výpočty realizované v 2D na miestach s väčšou sklonitosťou siete môžu byť silne skreslené a zavádzajúce.

Tab. 3: Výpis nástroja r.univar s popisnou štatistikou sklonitosti riešených dopravných sietí

	Slovensko	Prievidza	Štrbské Pleso
n (počet buniek)	4314259	9637	10675
min	0	0	0
max	55,7462	37,8630	69,1482
range	55,7462	37,8532	69,1482
mean	5,1991	3,4972	14,9412
stddev	6,3545	3,8251	10,5046
variance	40,3798	14,6316	110,3468
coeff_var	122,2221	109,3784	70,3060

Obr. 2: Kumulatívna mapa dostupnosti od vybraných hotelov k vybraným mestským parkom v meste Prievidza



Záver

Využitie vzdialenostných analýz GIS pre výpočet dostupností v priestorovo plánovacích procesoch má v neustále sa rozvíjajúcom svete svoje riadne uplatnenie.

Vytvorením nástroja pre výpočet 2D a 3D kumulatívnych dostupností sme vytvorili nové možnosti využitia, najmä v oblastiach kde zohráva úlohu najmä vzdialenostná zložka dostupnosti. Priame využitie a uplatnenie by mohol náš nástroj nájsť vo vysokohorskom turizme, v hodnotení ekosystémových služieb a služieb celkovo v cestovnom ruchu, logistike a podobne. Mnohoučelové využitie je možné v doprave, či už spojené s rozvozom tovaru, dostupnosťou dopravných a iných služieb a podobne.

Nami vytvorený nástroj ponúka okrem nájdenia najkratšej trasy taktiež aj niekoľko rastrových vrstiev ktoré nesú informáciu o sklonitosti danej cestnej siete, ale taktiež napríklad aj rastrové vrstvy s informáciou o kumulatívnych vzdialenostných a časových dostupnostiach pre celú cestnú sieť počítanú v dvoj i trojrozmernom prostredí.

Výhodou vytvoreného nástroja je, že vytvorené rastrové vrstvy obsahujú nie len vo finálnych bunkách (cieľové body), ale v každej jednej bunke informácie, či už o sklonitosti, časových alebo kumulatívnych vzdialenostiach. Užívateľ si tak môže zistiť informácie z ľubovoľnej bunky v cestnej sieti.

Použitie rastrovej reprezentácie má aj svoje problémy. Všeobecne platnou nevýhodou rastrových analýz je silná závislosť medzi veľkosťou rozlíšenia a kvalitou výstupov, čiže pre čo najkvalitnejšie výstupy je potrebné pracovať s rastrami s vysokým rozlíšením, čo nie je vždy možné.

Druhým konkrétne, pre tento prípad zameraným problémom je odchýlka prechodu cez bunku rastra. Odchýlka je spôsobená nekonečným množstvom možností, prechodu cez bunku, pričom dĺžka je najkratšia kolmo na bunku a najdlhšia po diagonále.

Cieľom do budúcnosti je vyriešenie prechodu siete cez bunku, zapracovanie grafického rozhrania pomocou nástroja Zenity a vytvorenie funkcie „help“, ktorá priblíži možnosti a podmienky pre správne fungovanie skriptu a bližšie špecifikuje jednotlivé časti skriptu.

Literatúra

BAUS, P., PAUDITŠOVÁ, E., LABUDA, M., 2015: Priestorová databáza štruktúry dostupností mestských zelených plôch v Bratislave a jej využitie pri výskume preferencií obyvateľov a ich návštevnosti In: Acta Universitatis Comenianae Environmentalica (Bratislava) Vol. 23, 2, 5 – 13.

CLARK, A.N., 1990. The penguin dictionary of geography. Harmondsworth: Penguin.

GRASS DEVELOPMEND TEAM, 2017 www.grass.osgeo.org/grass72/manuals/

KAŇUK, J., 2015 Priestorové analýzy a modelovanie, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, Košice, Vysokoškolské skriptá ISBN 978-80-8152-290-1.

MICHNIAK, D., 2002: Dostupnosť ako geografická kategória a jej význam pri hodnotení územnosprávneho členenia Slovenska. [Dizertačná práca.] Bratislava: Geografický ústav SAV, 125 s.

RAPANT, P., 2002: Úvod do geografických informačných systémů Ostrava.

RAPANT, P., 2005: Geoinformační technologie, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Ostrava regionů na Slovensku. In: *Geographia Cassoviensis*, 4, 114 – 117.

ŠEVČÍK, M. a kol., 2017: Nový rozmer v analýzach dostupnosti pre účely cestovného ruchu In: press.

TOLMÁČI, L., 1998: Miere dostupnosti, koncepcia pojmu a teoretická báza. *Acta facultatis rerum naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 41, 175 – 191.

VOŽENILEK, V., 1998: Geografické informačné systémy I. Pojetí, Historie, Základní komponenty Vydavatelstvo Univerzity Palackého ISBN 80-7067-802-X Vybrané teoreticko–metodologické a aplikačné aspekty. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae (AFRNUC), Geographica* Nr. 44, 89 – 140, ISBN 80-223-1886-8.