

Aplikácie 3D modelov miest v geografickom výskume

Jaroslav HOFIERKA, Ján KAŇUK

Abstract: *Recent developments in geospatial technology have brought new methods for a 3-D data collection (LiDAR, digital photogrammetry) that enabled a greater availability of virtual 3-D city models. The use of these models has found many application areas including geography. This paper describes recent developments in 3-D city modeling and presents application examples related to geography research, urban planning, risk management and social analysis.*

Keywords: *3-D city models, GIS, geography*

Úvod

Súčasný rozvoj nových geopriestorových technológií, vrátane metód zberu 3D dát, umožnil väčšiu dostupnosť virtuálnych 3D modelov miest a rozšíril možnosti ich využitia v geografickom výskume a aj v ďalších aplikačných oblastiach (Mitášová a Hofierka, 2003, Shiode, 2001, Köninger a Bartel, 1998, Zlatanova, 2000). Virtuálny 3D model mesta môžeme charakterizovať ako špecifický digitálny model urbanizovanej krajiny, ktorý využíva trojrozmernú reprezentáciu objektov, ich vlastností a priestorových vzťahov.

Rozvoj 3D modelov miest úzko súvisí s rozvojom viacerých vedných disciplín a technologických platforiem. Rozvoj veľmi výkonnej počítačovej grafiky umožnil využitie výsledkov výskumu a vývoja z oblasti 3D a 4D vedeckej vizualizácie aj v oblasti geografických informačných systémov (GIS) a počítačom podporovaného navrhovania (CAD). Prejavilo sa to radom nových funkcií a modulov pre viaceré softvéry GIS-u, napríklad 3D Analyst pre ArcGIS, NVIZ pre GRASS GIS, GeoMedia 3D a podobne. V metodologickej oblasti sa objavili viaceré práce, ktoré vytvorili vhodné podmienky pre komplexnejší charakter 3D GIS-u umožňujúci aj 3D priestorové analýzy (Molenaar, 1992), (Zlocha a Hofierka, 1992), (Hofierka, 1993), (Hofierka a Zlocha, 1993), (Abdul-Rahman a Pilouk, 2008). Avšak skutočný rozmach tvorby 3D modelov miest nastal až po rapidnom rozvoji nových metód zberu priestorových (3D) dát. Ide najmä o širšiu dostupnosť fotogrametricky získaných dát, ďalej technológiu GPS a novšiu technológiu 3D skenovania (LiDAR).

Kým v začiatkoch využívania technológie GIS-u prevažoval zber a spracovanie 2D dát (analógia klasickej mapy), dostupnosť nových 3D mapovacích metód podnietil záujem o skutočné 3D dáta definované trojrozmernými súradnicami definujúcimi polohu v priestore. Niektoré geovedné disciplíny, napr. geologické a meteorologické, kde je 3. rozmer úplne nevyhnutný pre korektné a efektívne modelovanie, problém chýbajúceho 3D GIS-u riešili rozvojom vlastného špecifického softvéru (Hofierka a Pauditš, 1999).

Problematika tvorby podrobnej priestorovej databázy zastavaného územia miest bola vždy v záujme mnohých odborných sfér. Medzi hlavných používateľov tohto typu dát môžeme spomenúť miestne samosprávy (najmä mestá), ktoré pri správe svojho územia a majetku nevyhnutne potrebujú presné podklady charakterizujúce nielen polohopis, ale aj vlastnícke vzťahy, vybavenosť infraštruktúrou a podobne. Mnohé mestá aj na Slovensku pristúpili začiatkom 90-tych rokov k tvorbe informačných systémov o území, súčasťou ktorých boli aj digitálne mapy, napríklad technická mapa mesta, katastrálne mapy, územný plán, cenové mapy a podobne (Hofierka, 2006). Rozšírenie využívania týchto geografických informácií tiež podnietil záujem o realistickejšiu priestorovú reprezentáciu urbanizovaného priestoru. Spočiatku najmä kvôli vizualizácii súčasného alebo plánovaného stavu zástavby, neskôr k tomu pristupujú aj ďalšie aplikácie v oblasti urbánneho plánovania, manažmentu rizík a hodnotenia vizuálnej kvality urbanizovaného priestoru (Hlavatá, 2010).

Cieľom predloženého príspevku je analyzovať súčasný stav problematiky a možnosti aplikácie virtuálnych 3D modelov miest v geografickom výskume a aj iných príbuzných disciplínach. Zároveň sa pokúsime v tomto kontexte načrtnúť smery výskumu, ktoré je potrebné rozvíjať v ďalšom období.

Tvorba 3D modelov miest

Zber údajov pre 3D modely miest je oblasťou záujmu najmä geodézie, fotogrametrie a diaľkového prieskumu Zeme. Ešte pred pár rokmi boli bežnými zdrojmi údajov letecké a pozemné snímky, mapy veľkých mierok a priame geodetické merania. V súčasnosti sa čoraz viac využíva technológia LiDAR-u (Light Detection And Ranging) na báze laserového 3D skenovania (leteckého a pozemného) a taktiež technológia satelitného snímkovania s vysokým (submetrovným) rozlíšením.

Jedným z kľúčových prvkov tvorby 3D modelu miest je geometrický (morfologický) aspekt reprezentovaný digitálnym modelom povrchu (DMP), ktorý obsahuje nielen reliéf v podobe digitálneho modelu reliéfu (DMR), resp. digitálneho modelu terénu (DMT), ale aj povrch budov, vegetácie a inej hmotnej infraštruktúry mesta. Okrem nadzemných prvkov sú súčasťou 3D modelu mesta aj podpovrchové štruktúry, ako sú vedenia inžinierskych sietí, podzemné dopravné komunikácie a podobne. Prvky urbanizovanej krajiny sú reprezentované geometrickými prvkami (body, línie, plochy) vo vektorovom formáte s troma priestorovými súradnicami. Povrch reliéfu v podobe 2D DMR je zvyčajne separovaný od iných 3D objektov. Miera detailnosti mapovania objektov je vyjadrená úrovňami detailnosti (LOD - level of detail). LOD-0 vyjadruje tzv. regionálny model obsahujúci len digitálny model terénu, LOD-1 obsahuje tzv. blokový model mesta bez špecifikácie tvaru strechy, LOD-2 obsahuje informácie aj o tvare strechy a textúry, LOD-3 obsahuje kompletné informácie o geometrii (architektúre) objektov, LOD-4 obsahuje aj informácie o vnútorných priestoroch objektov (Kolbe a Gröger, 2004).

Pri vizualizácii 3D modelov miest zohráva významnú úlohu aj tzv. textúra objektov. Je to foto-realistický obraz povrchu jednotlivých objektov, ktorý sa získava buď priamo pri mapovaní geometrie (napr. pri leteckom snímkovaní) alebo dodatočne fotografovaním fasád. Nevýhodou fotogrametrického postupu je, že textúry sú zvyčajne získané len z jedného alebo veľmi malého počtu snímok, čo neumožňuje dostatočne realistické textúrovanie. V súčasnosti sa však objavujú letecké technológie, ktoré umožňujú rýchlu a veľmi presnú tvorbu textúr pomocou piktometrie. Z nízko letiacich lietadiel sa získava veľké množstvo záberov tej istej lokality z rôznych uhlov a to umožňuje veľmi realistickú tvorbu textúr objektov.

Zvyšujúci sa záujem o tvorbu a využívanie 3D modelov miest podnietil aj aktivita v oblasti definície osobitného dátového modelu pre 3D modely miest. V roku 2008 bol schválená organizáciou Open Geospatial Consortium špecifikácia údajového modelu CityGML špeciálne zameraného na 3D reprezentáciu urbanizovanej krajiny (Kolbe a Gröger, 2004). Okrem geometrického aspektu obsahuje aj topologické, semantické a vzhľadové vlastnosti 3D objektov. Je možné definovať rôzne vlastnosti objektov a vzťahov, čo je dôležité pre budúci rozvoj priestorových analýz a modelovania v 3D GIS-e.

Spracovanie 3D dát modelov miest prebieha v softvérových nástrojoch, ktoré umožňujú prácu s 3D dátami. Využívajú sa softvéry CAD (napr. AutoCAD, MicroStation) alebo GIS, ak obsahujú podporu 3D dát (napr. ArcGIS, GeoMedia 3D, GRASS GIS).

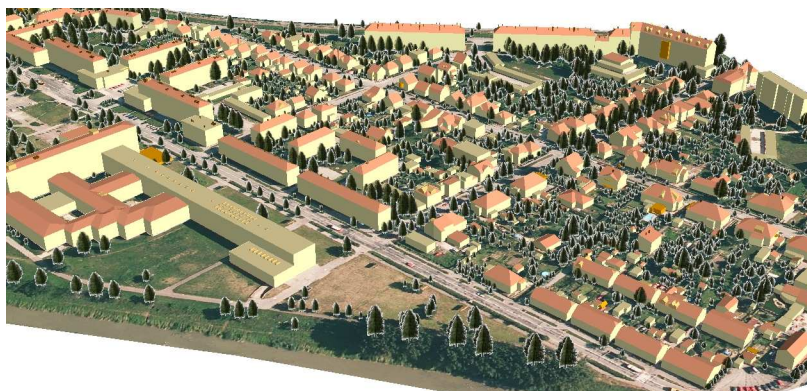
Aplikácie

3D modely miest sa stali rýchlo predmetom veľkého záujmu zo strany architektov, plánovačov, správcov inžinierskych sietí, realitných kancelárií a aj rýchlo sa rozvíjajúcou časťou geoinformatiky a diaľkového prieskumu Zeme. Úvodné aplikácie zamerané najmä na realistickú vizualizáciu (tvorba virtuálnych modelov miest pre propagačné a navigačné účely) nahradzujú aplikácie, ktoré obsahujú prvky priestorových analýz a modelovania. Pomerne rozšírené sú analýzy viditeľnosti, dostupnosti, šírenia signálu, hluku alebo znečistenia, analýza bezpečnostných rizík. Pre ďalší rozvoj týchto analýz a modelovania však v mnohých GIS-och chýba adekvátny metodický aparát (napríklad 3D mapová algebra). Môžeme však očakávať prudký rozvoj 3D GIS-ov práve v tejto oblasti. Geografia môže aj v tejto oblasti prispieť mnohými zaujímavými oblasťami aplikácie a metodickými postupmi.

Príkladom aplikácie metodiky 3D modelov miest na Slovensku je tvorba 3D modelu mesta Prešov pre odhad slnečného energetického potenciálu (Hofierka a Kaňuk, 2009). 3D model mesta Prešov v detailnosti LOD-1 bol nedávno pre časť mesta aktualizovaný na úroveň LOD-2 a LOD-3 (obr. 1).

Na tejto výskumnej vzorke analyzujeme možnosti trojrozmerných analýz v GIS-och, testujeme nové simulačné modely zamerané na faktory distribúcie slnečnej energie v urbanizovanom priestore. 3D model bol fotogrametricky spracovaný spoločnosťou Eurosense, s.r.o. Bratislava. Obsahuje nielen budovy, ale aj stromovú sídelnú vegetáciu reprezentovanú bodmi s údajom o maximálnej výške koruny stromu. Ortofot snímka z roku 2008 má rozlíšenie 25 cm. Textúry budov sú odvode-

né z leteckého snímkovania, čo má určitý vplyv na nižšiu kvalitu textúry na niektorých fasádach budov najmä pre úroveň detailnosti LOD-3.



Obr. 1. Virtuálny 3D model vybranej časti Prešova

Uvedenú vzorku 3D modelu mesta sme doplnili o ďalšie dátové zdroje: súpisné a orientačné čísla budov, demografické údaje s podrobnou vekovou štruktúrou trvale bývajúceho obyvateľstva až na úroveň jednotlivých orientačných čísel, 3D dátové vrstvy o vedeniach inžinierskych sietí a informácie o prevládajúcom funkčnom využití jednotlivých budov. Z predchádzajúcich analýz máme podrobné informácie o fotovoltaickom potenciáli striech jednotlivých budov (Hofierka a Kaňuk, 2009). Túto priestorovú databázu budeme v ďalšom období rozširovať o informácie o dopravnej situácii na jednotlivých uliciach, oslneňí a zatienení, svetelnom a hlukovom znečistení. Pôjde nielen o priame merania, ale aj 3D modelovanie vybraných javov v urbanizovanom priestore (napr. rôzna úroveň znečistenia na jednotlivých poschodiach viacpodlažných budov a podobne).

Záver

V súčasnosti prebieha rapídny rozvoj geopriestorových technológií, produktom ktorých sú aj virtuálne 3D modely miest. Ich rozvoj je stimulovaný efektívnymi metódami zberu 3D dát (fotogrametricky, laserovým skenovaním, piktometriou) a takisto rozvojom 3D funkcií GIS-ov. Doterajšie dominantné využívanie týchto modelov najmä na vizualizáciu sa v súčasnosti dopĺňa o priestorové analýzy a modelovanie v trojrozmernom priestore. Rozširovanie dostupnosti 3D dát a 3D operácií v GIS-e vytvorí nové možnosti pre rozvoj netradičných metodických postupov a nástrojov geografie a iných vedných disciplín venujúcich sa výskumu krajiny. Osobitne vhodné podmienky na využívanie virtuálnych 3D modelov miest má urbánna geografia. V súčasnosti je k dispozícii mnoho 3D modelov miest s rôznou úrovňou detailu morfológie, ktoré je možné využiť pri výskume morfológicko-funkčných štruktúr miest, ale aj v praktickej rovine pri plánovaní jeho rozvoja a riešení environmentálnych a sociálnych problémov.

Literatúra

- ABDUL-RAHMAN, A., PILOUK, M., 2008: Spatial Data Modelling for 3D GIS. Springer, Berlin.
- HLAVATÁ, Z., 2010: Vizualná kvalita krajiny: analýza a hodnotenie na príklade centrálnej časti Bratislavy. Doktorandská dizertačná práca, Univerzita Komenského v Bratislave.
- HOFIERKA, J., 1993: Geometrická analýza povrchov (2D) a objemov (3D) ako nástroj pre skúmanie dynamických javov prírodnej krajiny v rámci 3D geoinformačných systémov. Kartografické listy 1, 107-112.
- HOFIERKA, J., 2006: Digitálny model mesta Bardejova a jeho využitie pri plánovaní rozvoja mesta. Zborník prednášok z konferencie „BARDKONTAKT 2006 - Problematika mestských pamiatkových centier“, 23.-24. august 2006, Bardejov, 33-42.
- HOFIERKA, J., KAŇUK, J., 2009: Geographical approaches to the assessment of solar resources in Slovakia (according to the example of a case study in the city of Prešov). In: Ira, V., Lacika, J. (eds.): Slovak geography at the beginning of the 21st century. Geographia Slovaca 26, 2009, 191-200.

- HOFIERKA, J., PAUDITŠ, P., 1999: Do GISov prichádza tretí rozmer. GEOinfo 5/99, 20 - 22.
- HOFIERKA, J., ZLOCHA, M., 1993: Application of Surface and Volume Geometry Analysis in Geosciences. Geologica Carpathica 44, 94.
- MITÁŠOVÁ, H., HOFIERKA, J., 2003: Impact of new mapping technologies on the communication of geospatial information. Kartografické listy 11, 53-61.
- KÖNINGER, A., BARTEL, S., 1998: 3D-GIS for Urban Purposes, Geoinformatica, 2(1), March 1998.
- KOLBE, T., H., GRÖGER, G., 2004: Unified Representation of 3D City Models. Geoinformation Science Journal, Vol.4, No. 1.
- MOLENAAR, M., 1992: A topology for 3D vector maps. ITC Journal 1992-1.
- SHIODE, N., 2001: 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions. GeoJournal 52, 263-269.
- ZLATANOVA, S., 2000: 3D GIS for Urban Development. PhD Thesis, ITC Dissertation, Series No. 69, The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, The Netherlands.
- ZLOCHA, M., HOFIERKA, J., 1992: Computation of 3-D Flowlines and Their Application in Geosciences. Acta Geologica Universitatis Comenianae 48, 14.

Príspevok je súčasťou riešenia projektu VEGA č. 1/0355/09 a KEGA č. 3/7271/09.

Applications of 3-D City Models in Geographical Research

Jaroslav HOFIERKA, Ján KAŇUK

***Summary:** New 3-D data collection methods and geospatial technology have brought a greater availability of virtual 3-D city models in many application areas including geography. More accurate and effective data collection methods, like LiDAR and pictometry enabled development 3-D city models with high accuracy and realism. While older 3-D city models at the level of detail 1 (LOD-1, i.e., block or box model) have been replaced by LOD-2 and LOD-3 city models with geometry details and textural information. These 3-D city models have been increasingly used in many application areas including geography, urban planning, risk management, facility management, and environmental modeling and protection. The presented sample of 3-D city model of Prešov has been developed by means of digital photogrammetry at LOD-3. The spatial database consists of various datasets including urban greenery (trees), infrastructural facilities (e.g., power lines, water and sewage system, transportation lines, etc.), building identification codes, demographic data at the level of buildings and prevailing functions of buildings (e.g., residential, business, etc.). The model has been successfully used in the assessments of photovoltaic potential of urban areas. A further research will be focused on spatial simulation of light and noise pollution and transportation system.*

Adresa autorov:

doc. Mgr. Jaroslav Hofierka, PhD.
Katedra geografie a regionálneho rozvoja
Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita
Ul. 17. novembra 1, 081 16 Prešov
hofierka@fhpv.unipo.sk

RNDr. Ján Kaňuk, PhD.
Katedra geografie a regionálneho rozvoja
Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita
Ul. 17. novembra 1, 081 16 Prešov
kanuk.jan@gmail.com