

# ÚVOD DO 3D MODELOVÁNÍ V OBLASTI URBANISMU

Petr Tomášek

Článek popisuje možnosti využití 3D modelů v oblasti urbanismu. Tematicky je rozdělen na úvod do problematiky, kde jsou popsány druhy jednotlivých modelů, možnosti jejich využití a podkladová data. V další části je uveden popis jejich tvorby pomocí videozáznamu a CAD, které jsou považovány za neefektivnější postupy. Závěr článku je věnován budoucí tvorbě modelů městského prostředí ve virtuální realitě.

## Úvod

Ke sdělení svých myšlenek používali urbanisté a architekti ještě nedávno pouze výkresy nebo modely ze dřeva a lepenky, jako doplněk se občas využívaly fotomontáže. Tvorba modelů pomocí takových prostředků je velmi náročná jak na čas, tak i na schopnosti. To samé platí i pro výkresy. Velkým problémem pak mnohdy bývá i provádění změn a oprav. Nevýhodou všech těchto metod je omezený realistický dojem z návrhu, možnost srovnávání různých variant projektů nebo jen samotné opravy takových návrhů. [30]

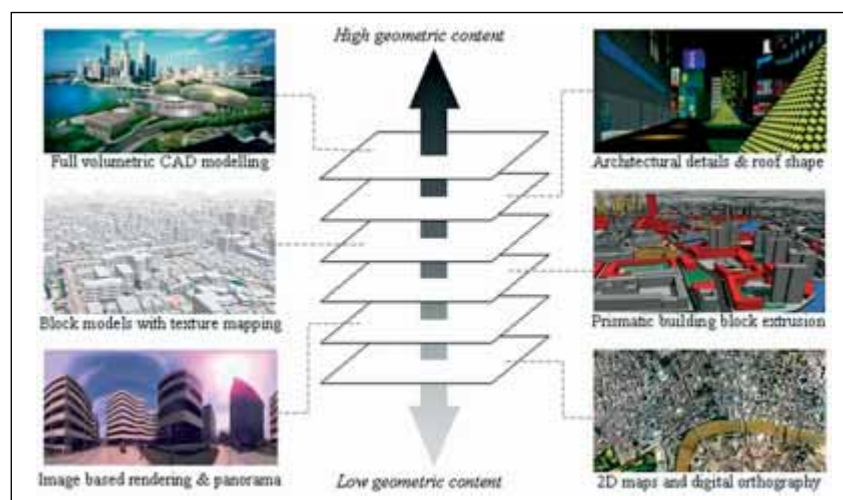
V dnešní době, kdy obyvatelé požadují více informací a větší vliv na chod města, se stávají tyto metody většinou neefektivními. Pokrok v oblasti informačních technologií a zejména „v oblasti 3D“ a geografických informačních systémů (GIS) však posunul možnosti prezentací a prostorových analýz mnohem dál. [8, 11] Dnešní 3D urbanistické modely můžeme charakterizovat dle způsobu jejich využití, stupně reality, podkladových dat a možnosti využití pro analytické úlohy (viz obr. 1). Jako nejvýznamnější můžeme chápat stupeň reality modelu. Jedná se o množství zachycených detailů, přičemž samozřejmostí je, že se to projevuje na ceně modelu a náročnosti tvorby. Dnes však již není 3D modelování považováno za tak náročné a nákladné jako dříve. Mnohdy jde o rychlé a levné metody, jakými jsou např. panoramatické fotografie nebo jednoduché prizmatické modely realizované v programech, jako je ArcScene. Vždy jde o požadavky, pro které je model vytvářen, zda pro analytické účely, nebo vizualizaci a prezentaci návrhů. Velmi důležitá je také rozloha, pro kterou je model připravován. Pro

analytické účely je možné slevit z vizuální kvality modelů a je snadné je realizovat i pro velká území. U prezentaci urbanistických a architektonických návrhů tomu bývá naopak. [5, 25]

Využití 3D modelování v praxi je dnes velmi široké a uplatnění nalézá v mnoha oborech lidské činnosti, a to díky tomu, že umožňuje oproti 2D získat jiný pohled na řešení problému a uvažovat o něm „ve zcela jiné rovině“. Jako nejčastější uživatelské skupiny 3D modelování můžeme uvést architekturu [27, 28], urbanismus a územní plánování [2, 21, 22, 43, 45], cestovní ruch [30, 43], vojenství [19, 46], dopravu [31, 38] nebo medicínu. [23]

Příkladem využití 3D modelování v praxi může být příprava podkladů pro územní rozhodnutí v rámci výstavby dvou bytových zón v bratislavské čtvrti Petržalka. Klíčovou výzvou byla maximalizace poměru obytných ploch a celkové efektivity projektu při respektování slovenských norem. Investor například chtěl vědět, kolik čtverečních metrů obytné plochy lze

vytvořit při dodržení norem pro oslunění. Díky 3D modelu projektu a jeho okolí vytvořenému v softwaru BIM Revit se mohl simulovat vliv zástavby na míru oslunění okolního prostředí. Pokud by došlo k nesplnění podmínek daných normou, mohli architekti projekt upravit v digitálním modelu a mít i okamžitou informaci o změně rozpočtu projektu. [17] Mezi další příklady může patřit studie realizovaná městskou správou v Palermu, kde pomocí 3D technologie zjišťovali možnosti využití solární energie ve městě. Pomocí 3D modelu získali informace o dopadu slunečního svitu a míře vlivu stínění jednotlivých budov ve vybraných lokalitách ve městě. Na základě toho mohla být vybrána místa pro umístění solárních panelů. [16] 3D modelování lze využít i pro získání zpětného pohledu na ztracenou nebo znehodnocenou architekturu nebo i urbanistickou koncepci města. V Íránu byla pomocí 3D technologie vytvořena původní podoba Amir-Chakhmagh Square, které bylo donedávna „ztraceným dědictvím“ Íránu a pomocí jeho 3D modelu může být opět obnoveno. [50]



Obr. 1: Druhy 3D modelů dle stupně přesnosti [44]

Posledním příkladem je využití 3D technologie při řešení problematiky jímání a vsakování dešťových vod nebo proudění podzemních vod městskou správou v Lisabonu. Efektivita a účinnost modelu je dána i tím, že pracuje s informacemi o heterogenitě podloží nebo že obsahuje informace o podzemní infrastruktuře města (inženýrské sítě, metro, podzemní garáže atd.). [8]

## Druhy 3D modelů dle jejich reálnosti [44]

**Panoramatické modely:** Jsou nejjednodušší 3D vizualizací, jedná se o počítačem zpracované panoramatické fotografie. Tyto modely nepodporují prostorové analýzy, ale již se jedná o 3D zobrazení výsledků.

**Prizmatické modely:** Vycházejí z 2D mapových podkladů a výškových údajů. V daném modelu se již dají dělat základní prostorové analýzy, jakými jsou analýzy viditelnosti nebo výběr nejkratšího spojení. Modelům však chybí architektonický detail a také neberou v potaz okolní prostředí, jako je třeba městský itinerář.

**Texturové modely:** Mají realističtější vzhled, a to díky tomu, že jsou vytvářeny z pozemních a leteckých fotografií.

**Architektonické modely:** Můžeme je považovat za texturové modely na vyšší úrovni. Jsou velmi realistické a je v nich zohledněna i střešní morfologie. Podkladovými daty pro tyto modely jsou data získaná pomocí fotogrammetrie a LIDARové technologie. Modely jsou vytvářeny pomocí automatizovaného vyhledávání a identifikace korepondenčních bodů na objektech (body, hrany atd.). Následně dochází ke generování modelu, při kterém se využívá získaných dat v kombinaci s uloženými šablonami. Přes všechnu automatizaci je stále nutné provádět manuální zásahy a opravy jejich architektury a designu.

**CAD modely:** Tento typ modelu je nejkomplexnější a nejdetaillnější, problém je však v jeho pořizovací ceně a náročnosti výroby, proto se nevytváří pro velká území. Podkladovými daty jsou

detaillní pozemní měření a snímkování. CAD modely jsou dnes využívány zejména k prezentaci návrhů.

## Podkladová data pro 3D modely [26]

Druh, kvalita a způsob získaných dat ke tvorbě modelu ovlivňují kvalitu a možnosti modelu, např. omezený počet panoramatických snímků ovlivní geometrickou přesnost modelu. Zde jsou uvedeny některé běžně používané typy dat ke tvorbě 3D modelů.

**Pozemní snímky** nebo videonahrávky jsou velmi efektivní a cenově dostupný způsob pořizování dat.

**Panoramatické fotografie** poskytují velmi realistické vizualizace, ale pouze za předpokladu, že byly pořizeny v dostatečně husté řadě snímků. Panoramatické snímky umožňují zahrnout do modelu také vozidla, lidi a kompletní uliční itinerář.

**Letecké snímky** se v současné době stávají cenově dostupnými a stejně tak i jejich archivy. Letecké snímkování poskytuje rychlé a efektivní snímkování velkých aglomerací. Je však nutné využívat letecké snímky pořizované pod úhlem, kvůli zachycení geometrické textury jednotlivých budov.

Georeferencování modelů je zajištěno pomocí přímého měření, např. GPS nebo geodetického měření. Druhou možností je využití existujících podkladů, velmi často se využívá digitálního modelu terénu. Zvláštní možností je využití LIDARové technologie, kterou můžeme hodnotit jako nejpřesnější. Často je také LIDAR využíván v kombinaci se záznamovým zařízením (např. videokamera).

## Druhy 3D modelů dle jejich využití [36]

Vhodnost jednotlivých modelů je samozřejmě ovlivněna požadavky na ně kladenými, ale zatím platí pravidlo, že čím méně realisticky vyhlížející model, tím větší využití pro analytické účely. Množství analytických funkcí

samozřejmě neodráží užitečnost modelu, ale potenciální a možné alternativní využití odráží sílu Geografických informačních systémů (GIS).

**Estetické modely** jsou určeny k ilustračním účelům a mívají minimum analytických funkcí. Tyto modely jsou určeny zejména pro širokou veřejnost nebo pro zákazníky k představení návrhů a plánů pomocí 3D prezentace. Modely by měly obsahovat prvek denního světla a estetickou úpravu krajiny.

**Proprietární modely** umožňují využívat základní analytické funkce, jakými jsou analýza viditelnosti nebo základní „overlay“ analýzy. Tyto modely jsou sice soběstačné z pohledu GIS uživatele, ale nejsou vhodné pro důkladné analýzy.

**Analytické modely** plně využívají možností GIS a také atributových databází. Rozsah prostorových analýz, které lze provádět v tomto modelu, je velmi široký, počínaje analýzami viditelnosti nebo osvětlení až po simulace různých scénářů.

**Hybridní modely a příbuzné techniky** jsou kombinací 3D modelů s dalšími médii. Patří sem stále používané dřevěné modely, ty se často využívají v kombinaci s videoprezentacemi nebo holografickou projekcí. Další možností je prezentace návrhů ve virtuální realitě. Zobrazování modelů ve virtuálním prostředí navíc umožňuje uživateli pohyb v modelu, dotýkat se objektů v modelu nebo v něm provádět změny.

## Využití 3D modelů [5]

**Plánování a design** je nejčastějším způsobem využití 3D modelů. Důraz v této oblasti je kladen na estetickou stránku. Příkladem využití mohou být analýzy vlivu stavebních záměrů na životní prostředí a krajinu.

**Infrastruktura a veřejné služby** jakými jsou voda, kanalizace nebo elektřina, stejně tak silniční nebo železniční doprava vyžadují podrobná 2D a 3D data pro jejich údržbu. Příkladem využití jsou analýzy signálu telekomunikačních společností ve městě.

**Komerční sektor** využívá 3D modelů velmi široce, většinou ve spojení s GIS. Příkladem může být geomarketing nebo využití 3D prezentací k propagaci výrobků. Zajímavostí je využití virtuální technologie při nakupování a zábavě, příkladem takového využití je třeba *The Second Life*.

**Vzdělání a propagace** je oblast, které může dát 3D zcela jiný rozměr. Vizualizace ve 3D nabízí totiž zajímavou platformu proti klasickým webovým stránkám a tištěným produktům. 3D může sloužit jako informační a vzdělávací nástroj. Příkladem mohou být prezentace turistických lokalit, ve školní výuce může jít o zajímavou možnost, jak představit historii studentům.

## Využití GIS ve 3D modelování

Z úvodu vyplývá, že dnešní svět 3D modelování je stále rozdělen na dva způsoby využití, a to vizualizaci návrhů a provádění prostorových analýz ve 3D. Spojení vizuálně kvalitně vypadajících modelů a možností analytických nástrojů GIS nebylo ještě dosaženo na optimální úrovni. [10] Jedním z posledních kroků, který se snaží překlenout tuto propast, je program 3D Analyst. 3D Analyst v poslední verzi ArcGIS 10 doznal mnoha změn, jež dávají urbanistům a architektům nové možnosti. Změnou jsou tzv. Analyst Virtual City Templates. Templates, tedy tzv. šablony, obsahují objekty, jakými jsou mosty, městský itinerář nebo podzemní městská infrastruktura. Síla tohoto konceptu vychází ze spojení s balíkem funkcí *What-Ifs*, díky kterému je možné provádět analýzy různých scénářů, jakými jsou hodnocení návrhů stavebních projektů na změny panoramatu, změny ve viditelnosti a analýza hluku. Samozřejmě lze také následně vytvářet velmi kvalitní vizuální výstupy. Realizace všech těchto analýz je sice možná ve 2D, ale není možné dosáhnout adekvátních výsledků. Příkladem může být provedení analýzy změn oslunění, resp. zastínění při výstavbě nové budovy. Ve 2D by projektanti mohli pouze určit směr dopadu stínu na povrch. Ve 3D mohou vzít v potaz ostatní objekty, čas, pohyb slunce nebo podlažnost budov. [14]

## Tvorba modelů

Obecným problémem při tvorbě 3D modelů je dosažení jejich geometrické a vizuální přesnosti. Jako neefektivnější se osvědčily dvě metody, a to tvorba pomocí *Computer-Aided Drafting* – počítačem podporované kreslení (CAD) a druhou je využití video záznamu. [24] Tvorba modelů pomocí CAD využívá mapových podkladů, pozemního snímkování a geodetického měření. Model města je poté tvořen ze snadno měnitelných částí, jakými jsou šířka a orientace ulic a velmi podrobná morfologie budov. To vše umožňuje realizovat kvalitní vizuální výstupy a také provádět analýzy vlivu počasí na materiály, renovace fasád nebo přístavby nových místností do existujících budov. Model bývá koncipován do hierarchické struktury, záleží však na tom, pro jak velké území je realizován. Tomu pak odpovídá i důraz na detaily. Pokud je model vytvářen pro celé město nebo jeho části, je strukturován podle dopravních komunikací a administrativního uspořádání. Na nejvyšší úrovni můžeme najít hlavní křižovatky a silnice a na nejnižší úrovni najdeme jednotlivé ulice. Stejný princip je použit pro administrativní uspořádání modelu. Na nejvyšší úrovni je samotný model, tedy např. celé město, níže stojí jednotlivé městské části, na nejnižší úrovni jsou jednotlivé objekty. Všechny úrovně obsahují atributy, které mohou být specificky zadávány uživatelem a ovlivněny lokálními podmínkami a požadavky, ale v základě by měl model obsahovat informace z katastru nemovitostí a v podstatě by měl být jeho 3D verzí. Příkladem atributových dat v modelu obsažených mohou být uliční sítě. Ty jsou tvořeny liniíovou sítí a na spojnicích uzly. Atributovými daty, která v nich mohou být obsažena, jsou názvy ulic, informace o stavu komunikace (plánovaná, vybudovaná, rekonstrukce atd.), klasifikace hierarchie uliční sítě, šířka, délka, souřadnice uzlových bodů atd. Příkladem analytického využití modelu může být simulace dopravních nehod nebo změny v optávkách v dopravě. [13, 48]

Druhou možností je tvorba modelu pomocí videozáznamu. Principem metody je pořízení nahrávky z dopravního

prostředku. Může se jednat o vozidlo nebo bezpilotní letoun, na kterém jsou nesené videokamery. Ty bývají osazeny tak, že se jejich zorná pole částečně překrývají. Celý systém také umožňuje georeferenci modelu, jelikož při pořizování záznamu je využito GPS/INS a nebo LIDARu. [1, 39, 49] K dosažení vysoké vizuální kvality je potřeba nasbírat velké množství tzv. surových dat, což klade velké nároky na záznamová zařízení. Při testování systému byl vytvořen 1 TB obrazových dat za jednu letovou hodinu. Postup tvorby modelu lze zjednodušeně popsat následovně:

- 1) Příprava obrazových dat: jedná se o konverzi jednotlivých nahrávek pomocí Bayerova algoritmu do jednoho panoramatického videozáznamu, tzn. „spojení jednotlivých nahrávek v jeden záznam.“ [39]
- 2) Tvorba kostry 3D modelu se provádí pomocí automatického generování bodů a linií ze záznamu a výběru klíčových bodů (jde o výběr tří bodů – jeden je vybrán na zemi a dva na každém objektu). Výběr však musí být kontrolován uživatelem a manuálně opraven. [34, 35]
- 3) Generování modelu je prováděno pomocí trojúhelníkové sítě. V poslední fázi se odstraní duplicitní prezentace nebo nezmapovaná místa v modelu. [5, 39]

Předchozí text nastínil základní postupy, které se dnes využívají ke tvorbě 3D modelů. V posledních letech došlo k velkému rozvoji v této oblasti. Existuje velké množství technik tvorby 3D modelů, avšak principy jsou neměnné. Někteří autoři navrhuji levnější postupy, jakými jsou osazení automobilů fotoaparáty [32] namísto kamer, skenerů, nebo velmi drahé LIDARové technologie. [9] Možností je i vytvoření modelu městského prostředí jen z mapových podkladů, ale je jasné, že přesnost takového modelu nebude vysoká. [20] Zajímavostí je, že stejné principy, jaké jsou využívány pro tvorbu 3D modelů měst, se využívají také v archeologii, při tvorbě modelů historických měst a pravěkých osad.

Závěr toho článku je věnován možnosti tvorby modelů městského prostředí ve virtuální realitě. [12, 15, 18, 49]



Obr. 2: Příklad 3D modelu města Atlanta City [48]

## Budoucnost je virtuální realita

Využití virtuálního prostředí v prezentaci urbanistických návrhů je zatím v plenkách, přesto několik projektů již bylo uskutečněno. Příkladem jsou virtuální modely Berlína nebo Atlanty (viz obr. 2), jednalo se však pouze o modely malých částí měst. [5, 10, 47] Aplikace virtuální reality fungují na základě nástrojů a zařízení, které umožňují do tohoto alternativního prostředí vstoupit. Jedná se o speciální brýle, datový oblek nebo rukavice. Ve virtuálním městském prostředí se pracuje se zrakem, zvukem a hmatem. Experimentuje se se zapojením i čichu a chutí. Samotným základem virtuální reality je kvalitní trojrozměrný prostorový obraz. Má-li být navíc prostorový, musí být pro každé oko poněkud odlišný, tzn. stereoskopický. [37] Zvuk je realizován podobně jako obraz. Uživatel dostává nezávislý zdroj zvuku do každého ucha, což umožňuje získat prostorově plastický zvuk. Prakticky to znamená, že počítač musí pracovat s co nejdokonalším akustickým modelem daného prostředí. Posledním ze smyslů, který je možné ve virtuálním prostředí simu-

lovat, je hmat. Toho je dosaženo pomocí datového obleku, který informuje o pohybu uživatele a hlavně mu poskytuje zpětnou vazbu v podobě silových a hmatových informací. [21, 40]

## Městské virtuální prostředí

Nejjednodušší formou simulace městského prostředí jsou **pasivní** aplikace, které se chovají jako film. Takové prostředí můžeme vnímat pouze vizuálně, nemůžeme se v něm však pohybovat, ani nic cítit. Tento způsob prezentace je využíván pro představení nových architektonických a urbanistických návrhů nebo historických měst. [8] Druhým stupněm jsou aplikace **aktivní**. V tomto případě již uživatel může prostředí libovolně zkoumat. Je možno se v prostředí pohybovat, prohlížet si ho ze všech stran i slyšet odpovídající zvuky, chybí zde však zpětná hmatová vazba. Nejdokonalější formou je **interaktivní** pojetí virtuálního města. Zde se spojuje možnost nejen zkoumat městské prostředí, ale také jej modifikovat a analyzovat pomocí datové klávesnice. Je zde možné brát virtuální předměty do ruky a přemísťovat je, nebo pracovat s vir-

tuálními nástroji. Schopnost vzít stěnu a posunout ji, manipulovat s nábytkem nebo vložit do ulice stromořadí a přitom se v takovém prostředí neustále pohybovat, posunuje možnosti architektury a urbanismu o velký krok dopředu. Zatím nám však nejsou takové aplikace široce dostupné. Rozvoj virtuální reality však postupuje velmi rychle. [29, 33, 41]

## Použité zdroje:

- [1] AKBARZADEH et al. Towards Urban 3D Reconstruction from Video. *Third International Symposium on 3D Data Processing, Visualization, and Transmission*, 2006, č. 2, s. 15–23.
- [2] BARTON et al. A spatial decision support system for the management of public housing – 2 Case studies and approaches to interactive visualisation. *Recent Advances in Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*, 2010, č. 2, s. 69–84.
- [3] BATTY et al. The new geography of the third dimension. *Environment and Planning*, 2001, č. 27, s. 483–484.
- [4] BRIDGES, A. On architectural design in virtual environments. *Design Studies*, 1997, č. 18, s. 143–154.
- [5] FRUH, Ch. – ZAKHOR, A. An automated method for large-scale, ground-based city model acquisition. *International Journal of Computer Vision*, 2004, 60, s. 5–24.
- [6] CARNEIRO, J. – CARVALHO, JM. Groundwater modelling as an urban planning tool: issues raised by a small-scale model. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 2010, č. 43, s. 157–170.
- [7] CARTER, H. *The Study of Urban Geography*. Fourth edition 9. New York, Edward Arnold, 1995, s. 346.
- [8] CANEPARO, L. Shared virtual reality for design and management: the Porta Susa project. *Automation in Construction*, 2004, č. 10, s. 217–228.
- [9] CORNELIS et al. Fast compact city modeling for navigation pre-visualization. *International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2006, s. 1339–1344.
- [10] CICOGNANI, A. On the linguistic nature of cyberspace and virtual communities. *Virtual Reality*, 2004, č. 3, s. 16–24.
- [11] DELANEY, B. Visualization in urban planning: they didn't build LA in a day. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2000, č. 23, s. 10–16.
- [12] DICK et al. Modelling and interpretation of architecture from several images. *International Journal of Computer Vision*, 2004, 60, s. 111–113.
- [13] DUTRE, P. – STAMMINGER, M. Interactive Geometric Simulation of 4D Cities. *Eurographics*, 2009, č. 28, s. 25–32.
- [14] ESRI. Virtual City template Enable 3D City Modeling. *ArcNews*, 2010, č. 32, s. 13.

- [15] FISCHER et al. Extracting Buildings from Aerial Images Using Hierarchical Aggregation in 2D and 3D. *Computer Vision and Image Understanding*, 2002, č. 72, s. 159–164.
- [16] LA GENNUSA et al. A model for predicting the potential diffusion of solar energy systems in complex urban environments. *Energy Policy*, 2011, č. 39, s. 5335–5343.
- [17] GREBERT, M. *Netradiční urbanistická a architektonická řešení*. CAD.cz, 2009. Dostupné na: <http://www.cad.cz/stavebnictvi/79-stavebnictvi/1907-netradični-urbanisticka-a-architektonicka-reseni.html>. citováno: 10. 11. 2011.
- [18] GRUEN et al. A topology generator for 3-d city models. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2006, č. 53, s. 286–295.
- [19] GUO, C. Y. A research on 3D visualization rectifying system of military optical aberrations. *5th International Symposium on Test and Measurement, Conference Proceedings*, 2003, č. 1–6, s. 3892–3894.
- [20] HOIEM et al. Automatic photo pop-up. *ACM Transactions on Graphics*, 2005, č. 24, s. 577–584.
- [21] HERNANDEZ, L. A. Application of digital 3D models on urban planning and highway design. *Urban Transport and The Environment for the 21st Century*, 2007, č. 3, s. 391–402.
- [21] HENDRIK et al. Navigating through a virtual city: Using virtual reality technology to study human action and perception. *Future Generation Computer System*, 2005, č. 14, s. 231–242.
- [22] KIM et al. Component based 3D GIS software design for the urban planning. *Management Information Systems – Incorporating GIS and Remote Sensing*, 2002, č. 4, s. 205–214.
- [23] KRŠEK, P. – KRUPA, P. Problematika 3D modelování tkání z medicínských obrazových dat. *Neurologická praxe*, 2005, č. 6, s. 128–132.
- [24] ILIE, A. – WELCH, B. Ensuring Color Consistency across Multiple Cameras. *International Conference on Computer Vision*, 2005, č. 2, s. 1268–1275.
- [25] LEAVITT, N. Online 3D: still waiting after all these years. *Computer*, 1999, č. 26, s. 4–7.
- [26] LIGGETT, R. – JEPSON, W. An integrated environment for urban simulation. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1995, č. 22, s. 291–302.
- [27] LIN, Y. – ZINEUREANU, R. Three-dimensional thermal and airflow (3D-TAF) model of a dome-covered house in Canada. *Renewable Energy*, 2008, č. 33, s. 22–34.
- [28] MATUFIQUE et al. Shop drawing automation and material waste minimization in the construction of wood houses utilizing 3D-CAD and optimization techniques. *Innovations in Structural Engineering and Construction*, 2008, č. 1, s. 891–896.
- [29] MA, W. A hierarchically structured and constraint-based data model for intuitive and precise solid modeling in a virtual reality environment. *Computer-Aided Design*, 2004, č. 36, s. 903–928.
- [30] MOSCH et al. Tourism information based on visualisation of multimedia geodata – ReGeo. *Management Information Systems, GIS and Remote Sensing*, č. 8, s. 263–273.
- [31] MÜLLER et al. Multi-texture modeling of 3D traffic scenes. *International Conference on Multimedia and Expo*, 2007, č. 1, s. 657–660.
- [32] MÜLLER et al. Image-based procedural modeling of facades. *ACM Transactions on Graphics*, 2007, č. 26, s. 851–861.
- [33] MURRAY, C. Absorption, dissociation, locus of control and presence in virtual reality. *Computers in Human Behavior*, 2007, č. 23, s. 1347–1354.
- [34] NISTER, D. An efficient solution to the five-point relative pose problem. *IEEE Transport on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2004, č. 26, s. 756–777.
- [35] NISTER, D. Visual odometry for ground vehicle applications. *Journal of Field Robotics*, 2006, č. 23, s. 745–751.
- [36] ROTHER, A. – CARLSSON, M. Linear multi view reconstruction and camera recovery using a reference plane. *International Journal of Computer Vision*, 2002, č. 49, s. 117–141.
- [37] ROUPÉ et al. Virtual Reality As a New Tool in the City Planning Process. *Tsinghua Science and Technology*, 2008, č. 13, s. 255–260.
- [38] PAPAS et al. Modelling of Traffic Pollution at an Urban Site Using a Microscale CFD Dispersion Model. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2010, č. 19, s. 1997–2001.
- [39] POLLEFEYS et al. Detailed real-time urban 3d reconstruction from video. *International Journal of Computer Vision*, 2006, č. 78, s. 143–167.
- [40] PORTALES, C. Augmented reality and photogrammetry: A synergy to visualize physical and virtual city environments. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2010, č. 65, s. 134–142.
- [41] PENG, Ch. In-situ 3D concept design with a virtual city. *Design Studies*, 2006, č. 27, s. 439–455.
- [42] PERAL et al. Virtual reality 3D models for urban planning and communication. *International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics*, 2011, č. 2, s. 358–361.
- [43] SNAVELY et al. Photo tourism: Exploring photo collections in 3D. *ACM Transactions Graphics*, 2006, č. 25, s. 835–846.
- [44] SHIODE, N. 3D urban models: recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions. *GeoJournal*, 2001, č. 52, s. 263–269.
- [45] SMITH, M. J. Distance transforms as a new tool in spatial analysis, urban planning, and GIS. *Environment and Planning B – Planning & Design*, 2004, č. 31, s. 85–104.
- [46] SWIDERSKI, W. – VAVILOV, V. IR thermographic detection of defects in multi-layered composite materials used in military applications. *Joint 32nd International Conference on Infrared and Millimeter Waves and 15th International Conference on Terahertz Electronics*, 2007, č. 1, s. 545–548.
- [47] STEUR, J. Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 2000, č. 42, s. 7–93.
- [48] TOWLES et al. Real – time video-based reconstruction of urban environments. *Virtual Reconstruction*, 2008, č. 28, s. 254–232.
- [49] WATSON, B. Procedural urban modeling in practise. *Acm Siggraph*, 2008, č. 23, s. 23–31.
- [50] ZAD, VV. Geometric reconstruction of Amir-Chakhmagh Square through backward-perspective. *Kybernetes*, 2011, č. 40, s. 7–8.
- [51] ZHU et al. Generalized parallel-perspective stereo mosaics from airborne video. *Journal of Transport and Machine Intelligence*, 2004, č. 26, s. 226–237.

Ing. Petr Tomášek  
Katedra aplikované geoinformatiky  
a územního plánování  
Fakulta životního prostředí ČZU v Praze

## ENGLISH ABSTRACT

### Guide to 3D Modelling in Urban Planning, by Petr Tomášek

This article describes possibilities for the use of 3D models in urban planning. Various kinds of models, options for their use and types of input data are listed in the introduction. The following part describes how models are made with the use of video recordings and CAD, which are considered to be the most efficient procedures. Finally the article deals with prospective elaboration of urban environment models in virtual reality.