GEOGRAFIE – SBORNÍK ČESKÉ GEOGRAFICKÉ SPOLEČNOSTI
ROK 2009 • ČÍSLO 3 • ROČNÍK 114

RADEK DUŠEK, JAKUB MIŘIJOVSKÝ

VIZUALIZACE PROSTOROVÝCH DAT: CHAOS V DIMENZÍCH

R. Dušek, J. Miřijovský: *Visualization of geospatial data: chaos in the dimensions.* – Geografie–Sborník ČGS, 114, 3, pp. 169–178 (2009). – 2D maps, 2.5D terrain models and 3D visualization are examples of terms which are widely used in computer science, geography, cartography and also in geoinformatics. What do they, however, really mean? The paper tries to clarify the common terminology. Only the issue of three-dimensional space is discussed, without incorporating time and other dimensions. The authors want to draw attention to the often misguiding and pointless use of terms relating to the expression of space. The original and correct terms, originating from informatics and spatial data processing, have been transferred to the field of visualization, in which they are often ill founded and incorrect. An example commonly used in the literature is a reference to perspective projection as a 3D view, etc. Furthermore, the paper points to collisions in the use of these terms. Despite the fact that the terms are already commonly used in the literature, the authors recommend a change of the terms, especially in view of further technological developments in the field of spatial data visualization.
KEY WORDS: 2D – 2.5D – 3D – visualization – space.

Úvod

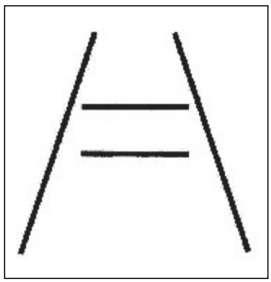
Vše, co nás obklopuje, se nachází v prostoru. Samotný prostor se může skládat z několika dimenzí. Jednak můžeme určit polohu objektu ve smyslu geometrickém. V tomto případě určíme polohu bodu za pomocí souřadnic *X*, *Y*, *Z*. Pokud však budeme provádět například hydrologické modelování a určovat srážko-odtokové procesy, pro předpovídání povodní pak, nás bude zajímat čas, který do prostoru vstupuje jako další dimenze (Voženílek 1999). Nemusí se ale nutně jednat jen o čas. Těchto dalších parametrů může být mnoho. Pokud se budeme zabývat meteorologií, pak nás bude zajímat např. tlak či teplota. Zmiňované parametry, ale nejen ty, pak vstupují do celého systému jako další dimenze, které nám pomáhají určit polohu objektu či jevu v prostoru. V tomto příspěvku se však budeme zabývat pouze základním určením polohy bodu ve smyslu geometrických souřadnic *X*, *Y*, *Z*.

Vnímání prostoru je také dobře přizpůsobeno lidské oko a mozek, který dokáže rozeznávat vzdálenější objekty od bližších, dokáže odhadovat výšky objektů, a tím si utváří celkový obraz o okolním světě. Ve světě kartografie, a nejen v něm, je však nutné převádět objekty umístěné v prostoru do roviny. Je nutné reálné objekty vizualizovat. Příkladem mohou být digitální modely terénu, které velice často tvoří odborníci z řad geomorfologů. Takovéto modely jsou zcela jistě zpracovávány z trojrozměrných dat, a proto se jedná o 3D model. Můžeme, ale i následnou vizualizaci na obrazovce počítače nazývat 3D? Dalším klasickým příkladem vizualizace prostorových dat ve světě kartografie a geografie je papírová mapa. A protože papír, plátno, zeď atd. jsou zobrazo-

vací plochy, které jsou rovinné, je jasné, že při vytváření díla nutně musíme přijít o jeden rozměr. Je to logické, protože kresba na papíru má „nulovou“ výšku, a proto i znázorněné objekty jsou pouze dvourozměrné. Protože je však výška (nemusí se vždy jednat o souřadnici Z, jako je tomu u papírových map, ale může jít o jakoukoliv jinou souřadnici) důležitá nejen jako informace o objektu či terénu, ale také pro utvoření si celkového obrazu o okolním prostoru, existují metody, s pomocí kterých se výška terénu a objektů vyjadřuje. Mezi nejpoužívanější zcela jistě patří kóty nebo vrstevnice. Protože je lidský mozek při vnímání prostoru nedokonalý, je možné využít různých metod k vytvoření dojmu prostoru. Mezi nejpoužívanější patří například lineární perspektiva, stereoskopy, anaglyfy nebo stínování. Můžeme však obrazové výstupy ze všech těchto metod vizualizace považovat za skutečné 3D zobrazení? Co je to tedy 3D zobrazení? Odpovědi na tyto otázky hledá následující text.

Prostorové vnímání

Obrazy na sítnicích jsou dvojrozměrné a člověk tedy vnímá prostor na základě dvojrozměrných vjemů. Při vyhodnocování vjemů využívá vodítka, která umožňují vytvořit si představu o hloubce obrazu (Chaloupková 2007). Tato vodítka se dělí na monokulární a binokulární a při běžném zpracování vjemů se kombinují. Monokulární vodítka jsou využívána při vnímání jedním okem a jsou založena zejména na zkušenosti. Jedná se např. o relativní velikost (co je dál, jeví se menší), lineární perspektivu (rovnoběžky se zdánlivě sbíhají), překrývání (co je zakryté, je dále), stínování, vzdušnou perspektivu a další.



Obr. 1 – Ponzova iluze (Chaloupková 2007)

Monokulární vodítka umožňují dobře interpretovat prostor za „normální“ situace. V případě neobvyklého uspořádání může být aplikace těchto vodítek zavádějící. Na nevhodné interpretaci monokulárních vodítek je založena řada tzv. optických nebo též zrakových klamů (obr. 1).

Binokulární vodítka jsou založena na současném pozorování objektů oběma očima, tedy ze dvou různých míst. Rozdíly v obou obrazech (binokulární disparita) potom umožňují vnímat vzdálenost předmětů od pozorovatele. Na tomto principu je založeno i vytváření umělých stereoskopických modelů.

Historie zobrazování prostorových dat

Nejstarší dochovaná umělecká díla pocházejí z doby před 40 000 lety. Mezi tato díla patří zejména jeskynní malby lovených zvířat a samotných lovců. Přestože se na tehdejší dobu jednalo o velice zdařilá díla, o 3D vizualizaci zde samozřejmě nemůže být řeč. Avšak už tehdy byla snaha o vizualizaci prostoru a v obrazech uplatňovali tzv. kroucenou perspektivu, kdy tělo zvířete bylo nakresleno z profilu, ale například rohy byly již nakresleny čelně.

Starověký Egypt je považován za kolébku geometrie, což se samozřejmě projevilo také v malířství a na vizualizaci reálného světa v rovině. Egyptské kresby jsou v podstatě pravoúhlé průměty. Dalším prvkem pro znázornění prostoru bylo vytváření pásů umístěných nad sebou, které byly odděleny lin-

kou. Čím výše byl objekt umístěn, tím byl vzdálenější. První kresby s lineární perspektivou se objevily v období antiky, ale po pádu říše římské se na poměrně dlouhou dobu na tyto metody zapomnělo. Opravdovou hloubku za pomocí perspektivního promítání začal dodávat svým obrazům až italský malíř Giotto koncem 13. století. Tím ukázal směr, kterým se bude ubírat celé období renesance. V tomto období perspektivní zobrazení prodělalo nejbouřlivější vývoj. Byly vysvětleny pojmy jako hlavní bod, distance, horizont a byla vytvořena nová průsečná metoda, kterou používá většina umělců a malířů.

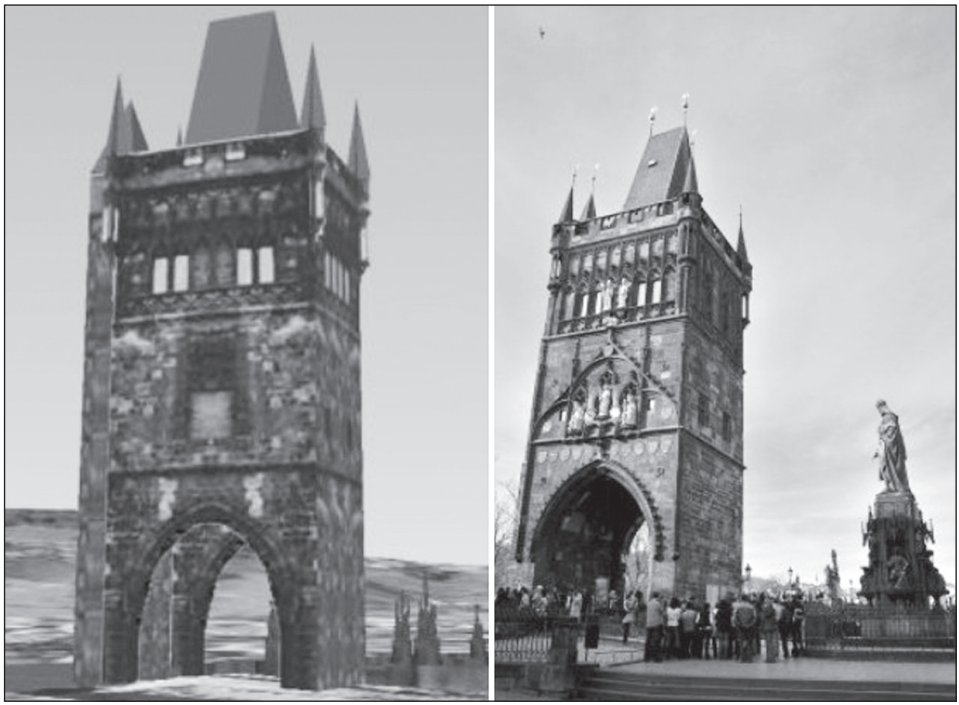
Také v oblasti kartografie se od samého počátku pracuje s prostorovými, tedy 3D daty. Problém při vizualizaci těchto dat vzniká zejména při znázornění výškopisu. Už Ptolemaios se zabýval tímto problémem a vytvořil metodu šikmého pohledu, kdy se výškopis znázorňuje tzv. kopečkovou metodou. Tato metoda se setkala s velkým ohlasem a byla hojně užívána. S dalším vývojem se začíná používat kótování, sklonové šrafy, izolinie, barevná hypsometrie a stínování. Všemi zmiňovanými metodami samozřejmě lze vyjádřit výškopisnou složku reálného světa, ale stále se nejedná o 3D vizualizaci.

Dnešní pojetí – diskuze

Základní dělení, které se dnes běžně používá při modelování objektů, je následující. 2D objekty vyjadřují rovinnou grafiku. 2,5D objekty podle současných autorů představují přechod od 2D k 3D objektům, jsou to tedy objekty, které mají v bodech o souřadnicích X a Y definovanou jedinou hodnotu souřadnice Z a 3D objekty lze považovat za plnohodnotná tělesa. Abychom tedy mohli o libovolném bodě říct, že se nachází v 3D prostoru, pak musí mít definovány souřadnice X, Y, Z. Pokud bychom chtěli říct o tělese, že je 3D, pak musí mít každý bod o souřadnicích X, Y definovánu také souřadnici Z.

Problematika 3D vizualizace začíná v době zavádění počítačů. Dokud nebyla výpočetní technika na úrovni, která by umožňovala práci s 3D daty, pracovalo se pouze ve 2D, tedy s dvourozměrnými objekty. S dalším technickým vývojem začali také informatici s trojrozměrnými daty pracovat a z dat vytvářeli objekty, které opravdu jsou 3D. Vytvářeli tedy 3D modely. Zde však nastává problém, protože označení 3D se začalo používat nejen pro označování trojrozměrných těles, ale také pro jejich vizualizaci. Tento postup není správný, je nutné odlišovat 3D model a jeho tvorbu od následné vizualizace. Velice záleží na tom, jakou formu zobrazení 3D dat zvolíme. Pokud se bude jednat klasické promítání na plátno či obrazovku monitoru, na které má obraz nulovou výšku, pak je zřejmé, že se nemůže jednat o 3D vizualizaci. Více o možnostech 3D vizualizace na s. 175.

V dnešním pojetí je za 3D metody znázorňování vydáván dvojrozměrný obraz, kdy se většinou jedná o perspektivní pohled (Voženílek 2005). I když, je při šikmém pohledu na terén (nebo jeho model) možné lépe vnímat výšky, není možné tento způsob označovat jako trojrozměrný. Z obrazu (na monitoru nebo na papíru) je možné pro každý bod odměřit dvě souřadnice. V případě půdorysu se jedná o dvojici souřadnic určujících polohu. V případě vodorovného pohledu, např. při znázornění profilu, se jedná o jednu vodorovnou souřadnici a výšku. V případě šikmého pohledu dostáváme dvojici snímkových souřadnic, které závisí na způsobu promítání. Šikmý pohled je mnohdy upřednostňován z důvodu názornosti. Tento způsob skutečně v podstatě odpovídá pohledu na terén a umožňuje tak relativně snazší vytvoření představy o objektu na základě zkušeností a monokulárních vodítek. Na druhou stranu je na rozdíl od pů-



Obr. 2 – Vlevo: model Staroměstské mostecké věže z aplikace Google Earth, běžně označované jako 3D vizualizace. Vpravo: fotografie stejného objektu. Také 3D?

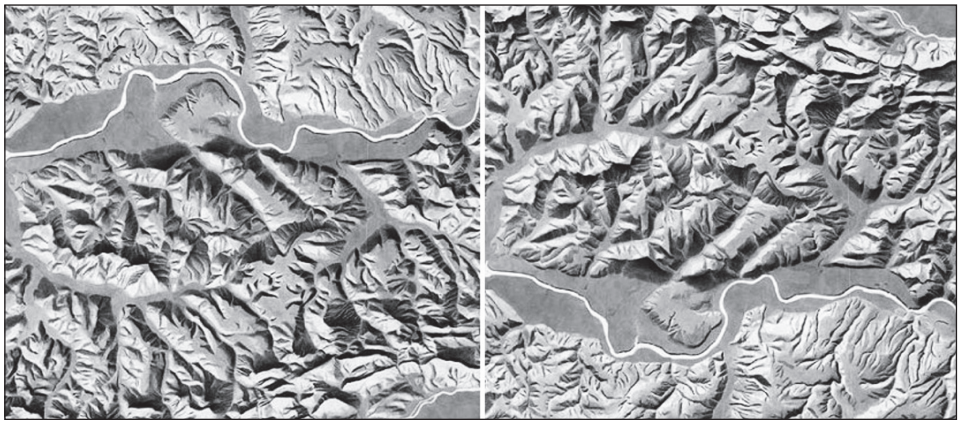
dorysu a nárysu, velmi náročný na interpretaci, protože je vázán na zkušenost a parametry zobrazení (obr. 2).

Jak již bylo uvedeno, je představa prostoru na základě rovinného snímku tvořena na monokulárním principu, který (na rozdíl od stereoskopického) může být zavádějící. Klasickým příkladem nesprávné monokulární interpretace hloubky obrazu je inverzní vjem při použití stínování s osvětlení zdola nahoru (viz obr. 3).

Základním nedostatkem je, že tyto parametry, kterými jsou zejména směr pohledu, sklon pohledu a použitý způsob promítání, se u vizualizace často ani neuvádějí. Podstatný vliv parametrů zobrazení na vnímání je možné demonstrovat na rozdílu mezi půdorysem a šikmým pohledem, kdy jsou tyto způsoby od sebe oddělovány jako různé metody, ale v podstatě se liší pouze úhlem sklonu promítacích paprsků.

I když šikmý pohled vznikl z trojrozměrných dat, není možné z tohoto způsobu vizualizace zpětně trojrozměrná data rekonstruovat ani při znalosti parametrů promítání. Proto se jedná pouze o 2D vizualizaci.

Při pohledu do zahraniční literatury a odborných prací zjistíme, že problém s terminologií vizualizace prostorových dat je celosvětový. Přesto je z některých prací patrné, že si autoři problém uvědomují a samotný pojem 3D rozdělují na „Real 3D“ a „Pseudo 3D“ (Angsüsser, Kumke 2001). Za „pseudo 3D“ vizualizaci je nejčastěji považována právě metoda perspektivního promítání. Mezi „Real 3D“ vizualizace pak někteří autoři řadí technologie holografické nebo 3D LCD Display (Kirschenbauer, Buchroithner 1999) a další (Hurni a kol. 2003) přidávají techniky anaglyfu či stereoskopické obrazy. Velmi často



Obr. 3 – Ukázka nedokonalosti monokulárních vodítek. Inverzní vjem vznikající při otočení obrázku stínovaného reliéfu o 180°. Zdroj obrázku: Jenny, Raeber (2008).

však autoři nerozlišují mezi skutečným 3D zobrazením a „pouhým" perspektivním promítáním (např. Murai a kol. 1998).

Problém není pouze v tom, že se používá nesprávné označení. I v odborné terminologii existuje řada pojmů, jejichž původní význam se posunul a dnes se používají běžně, i když v principu nesprávně (např. osa orientovaná k jihu). Větší nebezpečí vyplývá ze skutečnosti, že se dá očekávat technologický rozvoj 3D metod znázorňování, které naleznou v geografii velké uplatnění. A jestliže dnes užíváme pojem 3D vizualizace pro 2D obrazy, jak budeme označovat skutečné 3D metody?

Druhým důvodem, proč nepoužívat označení 3D pro dvourozměrná zobrazení, jsou vztahy k ostatním oborům. Propojení geografie a kartografie s přírodovědnými i společenskými vědami znamená kontakty s odborníky z jiných oborů. Nejčastějším prostředkem komunikace jsou právě mapové výstupy a jiné vizualizace geografických dat. Je proto nanejvýš žádoucí při vzájemné komunikaci užívat správné a srozumitelné pojmy.

Problematika pojmu 2,5D je v několika ohledech složitější než u pojmu 3D:

1. Na rozdíl od pojmu 3D, který má svůj jasný význam a je pouze v některých případech užíván nevhodně, pojem 2,5D je sám o sobě nesmyslný. I když je označení 2,5D obecně charakterizováno jako přechod mezi 2D a 3D, popisuje buď dvojrozměrný, nebo trojrozměrný prostor určitých vlastností (viz dále). Je samozřejmé, že počet rozměrů geometrického prostoru může být různý, ale vždy je vyjádřen přirozeným číslem.
2. Pojem 2,5D je užíván v různých oblastech informatiky v odlišných významech.
3. Pojem 3D je nejčastěji chybně užíván pro označování šikmého perspektivního pohledu a je možné ho touto charakteristikou nahradit, pro vlastnosti dat označované v geoinformatice jako 2,5D nemáme vhodný stručný ekvivalent.

S pojmem 2,5D je možné se v rámci informatiky setkat:

– V oblasti grafiky počítačových her. Jako 2,5D se zde označují případy, kdy je dojem trojrozměrného světa vytvořen ve 2D pomocí izometrického promítání, tj. bez použití perspektivy. Izometrické promítání se v počítačových hrách využívá často, protože je jednoduché pro konstrukci a existují algoritmy pro rychlé vykreslování.

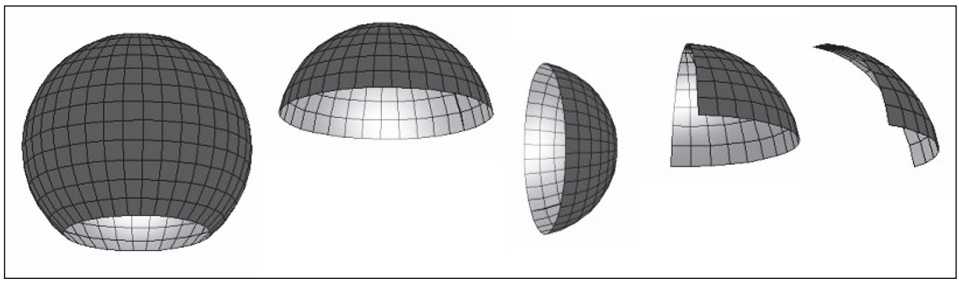
– V oblasti CAD systémů. V tomto případě 2,5D grafika znamená, že se trojrozměrné modely skládají z grafických prvků, které byly vytvořeny v rámci dvojrozměrné grafiky (úsečky, polygony, oblouky apod.). Aby vznikly trojrozměrné objekty, přidává se vybraným 2D prvkům výška, případně vzdálenost od půdorysu. Z úseček se tak stanou svislé roviny, z kružnic válcové plochy apod. Výhodou tohoto způsobu modelování je jednoduchost a intuitivní užívání.
– V oblasti geoinformatiky, při tvorbě digitálních modelů reliéfu. Jako 2,5D se v geoinformatice a kartografii označují taková data, která pro dvojici souřadnic *X*, *Y* mají jedinou hodnotu souřadnice *Z* (Rapant, 2006). Na stejném principu jsou označována data získaná laserovým skenováním (např. McCarthy, Zheng, Fotheringham, 2008; Mansfeld a kol., 2008).
– V oblasti počítačem řízených obráběcích strojů. V tomto případě jde o kombinaci dvou předchozích principů. Pojmem obrábění v 2,5D prostoru nebo též 2,5D frézování se používá pro rovinné obrábění s volbou hloubky řezu.
– Výjimečně je možné se s pojmem 2,5D setkat i v jiné souvislosti. Např. Jelínek (2007) v rámci vizualizace dat uvádí vedle 1D, 2D a 3D také 2,5D. Jedná se o trojrozměrný objekt, např. graf, zobrazený 2D technologiemi (tedy třeba na klasickém monitoru). V tomto případě je tedy perspektivní pohled označován 2,5D, na rozdíl od případů uvedených výše.

Obsahem článku je terminologie v kartografii, geografii a geoinformatice, a proto je dále pojem 2,5D chápán pouze ve smyslu uvedeném ve třetí odrážce.

Vlastnost jediné hodnoty výšky je pro zpracování digitálních modelů reliéfu klíčová a má tedy význam tuto vlastnost speciálně označovat. Problematické však je používání výrazu 2,5D. Výraz je v geoinformatické komunitě již poměrně zažitý, jeho výhodou je stručnost a „mezinárodní podoba“. Ale zároveň je nelogický (viz 1.), nesrozumitelný (je těžké očekávat, že neznalý čtenář si pod půlrozměrem představí nějakou konkrétní vlastnost; to ostatně dokládá užívání výrazu 2,5D v různých významech (viz výše) a nevhodně vytvořený. Následující příklad může vypadat absurdně, ale snaží se ukázat, kam může vést důsledné užívání principu 2,5D.

Pokud pro nějakou vlastnost dat připustíme možnost používat označení na zlomky rozměru (dimenze), potom při vícenásobné vlastnosti dat je pro jejich označení nutné užít zlomky zlomků. Princip lze vysvětlit na jednoduchém příkladu, který je graficky demonstrován na obr. 4.

Trojrozměrná data, která definují, např. kulovou plochu, jsou označována 3D. Při výše uvedeném principu jediné hodnoty souřadnice *Z* (tomu odpovídá, např. horní polovina kulové plochy) označíme 2,5D (polovina třetího rozmě-



Obr. 4 – Příklady ploch a jejich označení při aplikaci principu 2,5D (3D; 2,5D; 2,5D; 2,25D; 2,125D)

ru). Vzhledem k tomu, že geometrické souřadnice jsou rovnocenné, můžeme stejnou vlastnost definovat i pro souřadnici *X* nebo *Y*. Opět dostaneme 2,5D a opět tomu bude odpovídat polovina kulové plochy orientovaná v příslušném směru. V případě, že vlastnost jediné hodnoty souřadnice uplatníme pro *Z* i *X* (nebo jinou dvojici souřadnic) zároveň, nezbývá, než použít označení 2,25D (polovina poloviny rozměru). Při aplikaci na všechny tři souřadnice zároveň dostáváme data o konkrétní specifické vlastnosti a tato data označíme jako 2,125D (osmina rozměru). Při obdobných aplikacích v rovině získáváme data 2D; 1,5D a 1,25D. Je jasné, že důsledně používaný princip 2,5D vede k značně problematickým výsledkům.

Jak vizualizovat trojrozměrná data trojrozměrně

Trojrozměrný model. Fyzicky trojrozměrný objekt, který znázorňuje data v určité míře zjednodušeně. V rámci kartografie se jedná o reliéfní mapy a různé typy modelů reliéfu. Vlastnosti těchto modelů jsou všeobecně známé. V současnosti jde o jedinou skutečně trojrozměrnou interpretaci dat (obr. 5).

Stereoskopický model. Na základě dvou rovinných snímků a speciálních postupů (anaglyf, stereoskop, polarizační brýle…) je možné vytvořit dojem trojrozměrného modelu. Princip stereoskopického modelu je používán zejména při vyhodnocování fotogrammetrických snímků, ale je možné takto prezentovat i libovolná jiná trojrozměrná data. Zatím jsou běžně využívány anaglyfy vyžadující pouze jednoduché brýle s dvojicí barevných filtrů, ale s rozvojem informačních technologií se dá očekávat velký rozvoj této technologie v oblasti virtuální reality a její aplikace i v kartografii. Nejedná se o skutečný trojrozměrný model, ale způsob vytvoření je založen na principu vnímání prostoru člověkem a výsledek je tudíž velmi věrný.

Obr. 5 – Trojrozměrný model reliéfu

Lentikulární folie. V principu se opět jedná o stereoskopický model, ale vstupní data, princip vytvoření i možnosti využití jsou odlišné od předchozího bodu. Podrobně je princip a jeho využití v kartografii popsán např. v Buchroithner et al. (2004). Principem je folie tvořená soustavou cylindrických čoček a obraz rozdělený na úzké proužky, které umožňují realizovat optické posuny pro vytvoření hloubky obrazu. Nevýhodou je nespojitý průběh třetího rozměru (např. výšky). I když se běžně používá 15 proužků (úrovní výšek) a ve výjimečných případech až 70 (Knížová 2009), nevytváří výsledný obraz spojitou plochu, ale stupňovitý model. Tím je omezena i přesnost znázorňování dat. V současnosti je tato metoda využívána zejména v reklamě a propagaci, ale existují a jsou volně dostupné i kartografické aplikace (Knížová 2009).

Na principu cylindrických čoček je založena také technologie 3D-LCD, která se snaží docílit stereoskopického vjemu monitoru počítače bez použití brýlí.

Hologram. Detailní popis poměrně složitého principu přesahuje rámec tohoto příspěvku. Záznam trojrozměrného objektu vzniká na základě interference

signálového a referenčního laserového paprsku, kdy se na hologram „zapíše“ informace o „hloubce“ předmětu v prostoru – fázi vlny. Při opětovném osvícení hologramu referenční vlnou vzniká přesná kopie původní signálové vlny. Pozorovatel proto vidí virtuální obraz předmětu v původním místě. Složitý postup výroby hologramu zatím neumožňuje jeho běžné využití. Dá se očekávat značný rozvoj této technologie zejména ve spojení s televizním vysíláním. I přesto, že hologram byl využit i v kartografii, jedná se zatím spíše o kuriozitu než o praktickou kartografii.

„Magické 3D obrázky“. Velmi populární obrázky založené na opakujícím se vzoru. Při zvláštním způsobu pozorování (zaostřeno na imaginární bod za obrázkem, rovnoběžné osy pohledu) se objevuje trojrozměrný objekt. Výhodou je snadná tvorba a možnost pozorování bez pomůcek, nevýhodou jsou pouze jednoduché tvary znázorněných objektů a nemožnost použít skutečné barvy. V oblasti vizualizace geografických dat se tato metoda nepoužívá.

Výše uvedené metody jsou založeny na třech principech:

– skutečný 3D model – metoda používaná, pro vnímání jednoduchá, pro tvorbu a archivaci náročná
– stereoskopický model – dvojice rovinných snímků je ve výsledku vnímána jako prostorový model
– hologram – fyzikální princip interference záření umožňuje zachytit virtuální obraz předmětu.

Všechny metody umožňují vytvořit si jednoznačnou prostorovou představu. Zároveň také umožňují z podkladů zjistit, „odměřit“ všechny tři rozměry. Je tak možné označit tyto metody jako 3D.

Závěr

Přestože je označení 3D vizualizace velmi vžité, a to nejen v oblasti kartografie, autoři doporučují důsledné odlišování pojmů 3D data, 3D model a 3D vizualizace. Za 3D vizualizaci je třeba považovat skutečně jen výše uvedené metody. Tato změna je nutná především z důvodů, které byly uvedeny výše. Ve většině případů se jedná o pouhé šikmé promítání, jehož princip používal již Ptolemaios. Rozdíl je pouze ten, že dnes tuto metodu označujeme jako 3D. V zahraniční literatuře se lze setkat s pojmy skutečné (Real) 3D a nepravé (Pseudo) 3D zobrazení. I když tento způsob nepovažujeme za ideální, jedná se o snahu řešit problém 3D vizualizace.

Další doporučení se týká pojmu 2,5D, který dle výše uvedeného považují autoři za zcela nevhodný. Doporučujeme zcela upustit od používání tohoto pojmu a hledat nový pojem, který by charakterizoval vlastnosti dat digitálního modelu reliéfu. Při hledání nového pojmu, by bylo vhodné vzít v úvahu skutečnost naznačenou v příkladu na obrázku 4 (podmínka jediné souřadnice může být stanovena pro kteroukoli souřadnicovou osu). Tato situace se stává aktuální s využíváním pozemních metod laserového skenování, kdy jedinou souřadnicí není výška, ale vzdálenost od skeneru. Např. označení „3Dz“ by znamenalo data pro digitální model reliéfu (jedna výška) a „3Dx“ data pro model fasády budovy (jedna souřadnice x).

Od doby nástupu informačních technologií je kartografie těmito technologiemi výrazně ovlivňována v mnoha směrech. I když informační technologie nabídly kartografii ohromné možnosti, nebyl jejich vliv bezproblémový. Např. mapové produkty, jako výstupy z geografických informačních systémů, byly zpočátku velmi často z kartografického hlediska nevyhovující. Zatímco prosa-

zení kartografických metod, postupů a způsobů myšlení se již podařilo (Konečný, Voženílek, 1999), tvůrci softwarových produktů je akceptují a ve vizualizaci digitálních geografických dat je vidět ohromný pokrok, v oblasti terminologie je situace jiná.

Je samozřejmé, že se terminologie neustále vyvíjí ve všech oborech – a kartografie není výjimkou – je ale nevhodné z jiných oborů přebírat pojmy a termíny, které nejsou v souladu s principy daného oboru. Zpracování a vizualizace prostorových geografických dat je jistě základním principem kartografie, a tudíž je nevhodné „mít chaos v označování dimenzí".

Je mylné se domnívat, že se jednotlivé termíny, byť poměrně zažité, nemohou změnit. Zamysleme se tedy nad současným stavem terminologie v oblasti vizualizace prostorových dat a hledejme vhodnější pojmy, které budou přesněji vyjadřovat použité postupy a jejich výsledky.

Literatura:

ANGSÜSSER, S., KUMKE, H. (2001): 3D visualization of the Watzmann-Massif in Bavaria of Germany. Journal of Geographical Sciences, č. 11, s. 63–68.

BUCHROITHNER, M. F. et al. (2004): True-3d Visualization of The Martian Surface Based on Lenticular Foil Technology Using HRSC Imagery. International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 35; č. 4, s. 875–878.

HURNI, L. a kol. (2003): Mountain Cartography: State-of-the-art and current issues. Proceedings of the 21th International Cartographic Conference. Durban.

CHALOUPKOVÁ, T. (2007): Fyziologické principy procesu vidění – tvorba a vnímání obrazu. Diplomová práce. PřF MU, Brno, 83 s.

JELÍNEK, J. (2007): Vývoj uživatelského rozhraní informačních systémů. Ikaros, 11, č. 5/2, http://www.ikaros.cz/node/4133.

JENNY, B., RAEBER, S. (2008): Relief Shading – Cartographers – Eduard Imhof. http://www.reliefshading.com/cartographers/imhof.html.

KIRSCHENBAUER, S., BUCHROITHNER, M. (1999): "Real" 3D Technologies for Relief Depiction. Proceedings of the 19th ICA International Cartographic Conference. Ottawa, s. 1–7.

KNÍŽKOVÁ, L. (2009): Využití lentikulární technologie k vytváření třetího rozměru mapy. Geodetický a kartografický obzor, 55, č. 3, s. 59–60.

KONEČNÝ, M., VOŽENÍLEK, V. (1999): Vývojové trendy v kartografii. Geografie–Sborník ČGS, 104, č. 4 s. 221–230.

MANSFELD, V. a kol. (2008): Automatizované měření stromů pozemním laserovým skenerem. Lesnická práce, 87, č. 7.

McCARTHY, T., ZHENG, J., FOTHERINGHAM, A. S. (2008): Integration of dynamic LiDAR and image sensor data for route corridor mapping. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, XXXVII, Part B5, Beijing, s. 1125–1130

MURAI, S. a kol. (1998): Generation for 3D view map using polygon shift method. IAPRS, Gis-Between Vision and Applications, č. 32, Stuttgart.

RAPANT, P. (2006): Geoinformatika a geoinformační technologie. VŠB-TUO, Ostrava, 513 s.

RAPER, J. (2000): Multidimensional geographic information science. London, 300 s.

VOŽENÍLEK, V. (1999): Time and Space in Network Data Structures for Hydrological Modelling. In: Craglia, M, Onsrud, H.: Geographic Information Research. Trans-Atlantic Perspectives. London, 607 s.

VOŽENÍLEK, V. (2005): Cartography for GIS. Geovisualization and Map Communication. Olomouc, 142 s.

Summary

VISUALIZATION OF GEOSPATIAL DATA: CHAOS IN THE DIMENSIONS

The paper deals with the concepts of 3D and 2.5D. As long as the computer technology was not advanced enough to work with 3D data, the work was done in 2D only, i.e., only two-dimensional objects were used. With further technological developments computer scientists began to work with three-dimensional data, thus creating 3D models. The term 3D, however, began to be used not only for description of the models itself, but also for their presentation on the computer screen. This is not correct, because it is necessary to distinguish between 3D model and its subsequent two-dimensional visualization, which is mostly based on the linear perspective principle. For the three-dimensional visualization following items can be considered: three-dimensional physical models, stereoscopic models in various forms and holograms. These methods can be referred to as 3D ones.

The term 2.5D refers to data which have exactly one value of *Z*-coordinate for each pair of *X*, *Y* coordinates. The term is relatively well established in the geoinformatic community – its advantage is its conciseness and international comprehensibility. However, it is completely illogical and absurd, and therefore hardly tenable. It is evident that the number of geometric dimensions may vary, but it has to be always expressed by a natural number. If we accept the possibility to use fractional dimensions for some property of the data, then it is necessary to use fractions of fractions to express "multiple" properties of the data, and to use terms like 2.25D; 2.125D; 1.25D, and so on.

Although the designation "3D visualization" is very well established not only in the field of cartography, the authors recommend distinguishing between the concepts of a 3D model and its 3D visualization. Only the above-mentioned methods can be really taken as 3D. This change in terminology is needed primarily because of the continuous development of technology, which will soon promote a real 3D visualization, and the question of how to call the current imaging techniques (which are already known as 3D) will come out. In most cases, only a simple projection, a principle known already by Ptolemy, is used today. The only difference is that today this method is known as 3D.

The second recommendation concerns the concept of 2.5D, which, according to the above text, the authors consider as very inappropriate. The property the term 2.5D represents is, however, important in geographical data processing, and therefore it is certainly worth of a "reasonable" designation. We recommend searching for a different, more appropriate designation.

The terminology is constantly evolving in all areas – cartography being no exception. In the paper, the authors wanted to draw attention to the nonsensical and incorrect use of certain terms used for visualization of spatial data. It is wrong to believe that individual terms, however well established, cannot change. It is possible to demonstrate such changes in different fields. Let us therefore consider the current state of terminology in the field of spatial data visualization and let us look for appropriate terms, which will express the techniques more accurately.

Fig. 1 – Ponz's illusion (Chaloupková 2007).
Fig. 2 – Left: model of Staroměstská mostecká věž (Tower) in Google Earth, commonly called 3D visualization. Right: Photograph of the same object. Also 3D?
Fig. 3 – Preview of imperfections of monocular clues. Inverse perception originating when turning the picture of shaded relief o 180°. Source: Jenny, Raeber (2008).
Fig. 4 – Examples of areas and their designation in the application of 2.5D principle.
Fig. 5 – Three-dimensional model of the relief.

Pracoviště autorů: R. Dušek: katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, Chittussiho 10, 710 00 Slezská Ostrava, e-mail: radek.dusek@osu.cz; J. Miřijovský: katedra geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc, e-mail: jakub.mirijovsky@gmail.com.

Do redakce došlo 20. 4. 2009