

Metody kartografické vizualizace dat zdravotního stavu obyvatelstva

RNDr. Petr Kubíček, CSc., Mgr. Radim Štampach, MUDr. Edvard Geryk

kubicek@geogr.muni.cz, 63780@mail.muni.cz, egeryk@fnbrno.cz

*Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta
Geografický ústav, Laboratoř geoinformatiky a kartografie, Kotlářská 2, 611 37 Brno
Fakultní nemocnice Brno, Jihlavská 20, 625 00 Brno*

Petr Kubíček, Radim Štampach, Edvard Geryk: *Contemporary Methods for Mapping Health Statistics*

The presented article deals with an interdisciplinary research of health status data analysis and so called “health cartography” mapping approaches. After giving a brief summary of cartographic peculiarities dealing with the health data presentation, the issues of recommendation on map design and reliability representation is discussed. Special attention is then given to the current trends in cartographic visualization (geovizualization), non traditional methods and exploratory cartography. Following part methodically describes utilization of modern cartographic tools for dynamic presentation, publication and analysis of health data. The terms “dynamic presentation and publication” are used to describe mainly the possibility to select required scale, interactive creative communication of users and map authors, and also presence of active cartometric and statistical tools.

Key words: cartographic visualization and modelling, health status, exploratory cartography

1 Úvod

Prezentace zdravotních dat prostřednictvím atlasů a mapových výstupů má v ČR dlouholetou tradici. Doposud byla tato data obvykle prezentována v tištěné podobě a bylo na tvůrci atlasu či mapy zvolit odpovídající obsah a formu. S příchodem elektronických médií a technologií jakými jsou geografické informační systémy s rozsáhlou možností vizualizačních a analytických nástrojů pro stolní i internetové mapování výrazně narostl počet jak tvůrců, tak i případných uživatelů map zdravotních dat včetně odborné a laické veřejnosti, studentů, sdělovacích prostředků a institucí veřejné správy. Mapové výstupy o zdravotním stavu obyvatelstva evokují pokračující zájem veřejnosti úměrně nepříznivým ukazatelům, které statistika a epidemiologie signalizuje i přes trvalý pokrok diagnostických a léčebných možností medicíny.

Je proto nezbytné, aby mapy při splnění náročných kartografických kritérií, a to zejména přesnosti, jednoznačnosti a snadné čitelnosti pro širokou skupinu uživatelů, koncizními údaji a koherentními výsledky splnily požadavky na ně kladené. Efektivní komunikace s nejrůznějšími skupinami uživatelů a s ní související mapová tvorba proto vyžaduje rozsáhlé a cílené testování. Posouzení efektivity mapové tvorby souvisí s celou řadou oblastí. Jedná se zejména o účel mapy, stanovení koncového uživatele („čtenáře“) mapy a jeho priorit, výběr vhodného prezentačního média, a to jak pro daný účel, tak pro koncovou skupinu uživatelů a v neposlední řadě také testování samotného mapového výstupu s cílem zjistit, zda vyhovuje zvolenému účelu a je schopen sdělit přesně a efektivně požadované informace.

2 Klasické metody vizualizace v tištěných mapách

Jako nejstarší známý příklad mapy zdravotního stavu je uváděna Finkeho mapa nemocí světa z roku 1792 (BARRETT 2000). Známá je mapa epidemie cholery v Londýně z roku 1855 od Johna Snowa. Od těch dob bylo vydáno velké množství map a atlasů zobrazujících různé zdravotnické údaje. Následující oddíl je věnován některým specifikům, k nimž je nutno přihlížet při kartografickém zpracování a následné vizualizaci zdravotních dat, zejména dat o výskytu nemocí.

2.1 Využitelnost kartografických metod

Mapové výstupy jsou schopny vyjádřit a zobrazit geografické rozložení statistických hodnot zdravotních dat. Špatně připravená a zpracovaná mapa však může prostorové rozložení interpretované zdravotní veličiny zastříti nebo dokonce nesprávně zobrazit. Je velmi obtížné specifikovat nějaké obecně platné metody/nástroje pro "správné" zobrazení zdravotních dat zejména proto, že jednotlivé datové sady se mohou lišit nejenom samotným typem popisovaných zdravotních dat, ale také prostorovou jednotkou či úrovní, ke které je možné je vztáhnout.

V rámci testů využitelnosti jednotlivých kartografických vyjadřovacích metod uvádí PICKLE (1994) jako nejvhodnější využití kartogramů se standardizovaným přepočtem na střední počet obyvatelstva. Optimální se navíc ukázalo použití barevného odstínu (sytosti), které vykazalo lepší výsledky ve srovnání s bipolární barevnou škálou či metodou hustoty teček. Studie byla založena na testování několika skupin koncových uživatelů, včetně specializovaných epidemiologů, a soustředila se na tři základní oblasti - určení specifické hodnoty v určitém místě, identifikace prostorového vzoru (trendy, shluky) a konečně na schopnost srovnat odlišné mapy (výskyty určitých prostorových vzorů u různých skupin obyvatelstva). Na základě zjištěných skutečností byl například konstruován obecný teoretický základ pro vznik Atlasu úmrtnosti (PICKLE A KOL. 1996).

V českých podmínkách byl první snahou v této oblasti Atlas zhoubných nádorů (GERYK A KOL. 1995) s mapami standardizované incidence (ASR) u 18 diagnóz a všech malignit podle okresů tří pětiletých období v letech 1977-1991. Barevné kategorii okresu odpovídala hodnota ASR, doplněná histogramem četností okresů za uvedenou diagnózu a kruhovým kartodiagramem, jehož plocha odpovídala variačnímu koeficientu ASR v okrese. K přehledu rizikových faktorů u jednotlivých nádorů byl uveden case listing a hodnoty prostorové autokorelace.

2.2 Kartografická reprezentace spolehlivosti zdravotních dat

Významným omezením pro efektivní vizualizace a prostorové analýzy zdravotních dat je skutečnost, že podléhají utajení v souvislosti s ochranou osobních dat. Pro konkrétního pacienta není obvykle k dispozici přesná adresa, která by umožnila jeho prostorovou lokalizaci na úroveň adresy. Nezbyvá často než jej lokalizovat pomocí prostorových jednotek vyššího řádu – jednotek PSČ, sčítacích obvodů, okresů, krajů. Navíc ani prostorově či tématicky agregovaná data nemohou být často prezentována v případech, kdy se jedná o incidence, které se vyskytují natolik vzácně, že jejich zařazení do určité prostorové jednotky by mohlo identifikovat konkrétního pacienta. Podobný problém nastává i v případě nedostatku tématických dat pro zjišťování prostorových závislostí výskytu určitých typů nemocí (například nádorů). Kromě samotného vlivu jednotlivých složek životního prostředí zde navíc sehrávají významnou roli i individuální zvyky a

životní styl jednotlivých pacientů, které nejsou obsaženy v žádném registru či databázi a v neposlední řadě také migrace jednotlivých obyvatel či skupin obyvatelstva během dne či roku.

V řadě případů byly oblasti, kde se předpokládá nízká kvalita či spolehlivost dat zdravotního stavu, vynechány z konečné kartografické reprezentace, obvykle tak, že byly označeny za oblasti bez dostupných dat. Tento přístup může ovšem znemožnit vytvoření komplexního obrazu prostorové struktury či zjištění existence shluků. Namísto toho se jako zajímavá alternativa jeví přístup znázornění spolehlivosti či nespolehlivosti datových podkladů přímo na mapovém výstupu. LEWANDOVSKY (1995) testoval různé možnosti znázornění spolehlivosti datových tříd (například změna barevné sytosti, překryt šrafou). Potvrdil vhodnost zvýraznění spolehlivosti dat pro zachování prostorových vzorů a trendů, přičemž žádná z použitých metod nevykázala výrazně lepší výsledky než jiné. Testovaná skupina epidemiologů však volila opatrnější přístup k interpretaci vizualizovaných výsledků, pokud dostali informaci o přítomnosti nespolehlivých dat v souboru. Detailní rozbor možností vizualizace spolehlivosti zdravotních dat podává MACEACHREN A KOL. (1998).

2.3 Otázka velikosti územních statistických jednotek

Pro přesné určení výskytu nemoci v území je potřeba pracovat s co nejmenšími územními jednotkami. Jak však upozorňuje MARŠÍK (1998b), u malých územních jednotek se pracuje s rozdílnými populačními skupinami. U málo četných nemocí tak vzniká velká variabilita jevu v území ale malá spolehlivost vypočtené veličiny. Z tohoto důvodu a také z důvod snadnějšího sběru dat se často pracuje s většími administrativními jednotkami, jako je okres. To však opět způsobuje zkreslení výskytu nemoci v území, neboť prostorové rozšíření nemocí nesouhlasí s administrativními hranicemi regionů.

Tento rozpor je možno vyřešit použitím veličiny, která se v území mění spojitě. Tu je možno znázornit spojitou barevnou škálou, čímž odpadá problém určení vhodných územních jednotek. Tento postup byl použit např. v Atlasu výskytu zhoubných nádorů v ČR 1978-1994 (MARŠÍK A KOL. 1998a), kde je coby spojitá veličina použita standardizovaná incidence. To je dle MARŠÍKA (1998b, 153) poměr mezi skutečnou a očekávanou incidencí nemoci v dané populační skupině. Protože je u spojitě stupnice obtížné odečíst veličinu v určitém místě, je spojitá škála doplněna izoliniemi. Spolehlivost odhadu na určitém území je pak vyznačena hustotou teček. Tento atlas byl již tvořen pomocí počítačové kartografie. Odtud je už blízko k tvorbě elektronických atlasů například ve webovém prostředí.

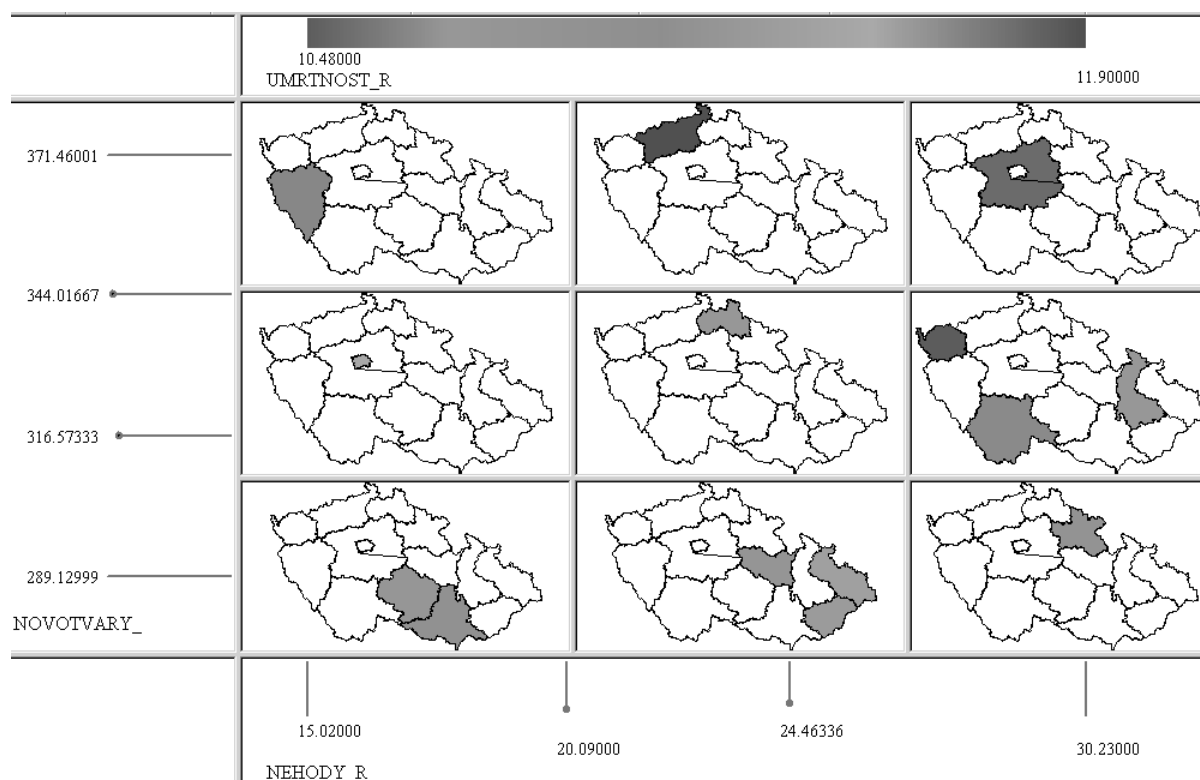
3 Nové metody vizualizace zdravotních dat v prostředí elektronických map

Rozvoj moderních technologií, zejména digitální a webové kartografie, přináší nové možnosti vizualizace zdravotních dat. MACEACHREN (1994) uvádí tři hlavní oblasti změn v elektronické kartografii:

1. ve způsobu využití map – posun od uchování informací směrem k jejich využívání (exploraci);
2. v cílové skupině uživatelů – posun od obecné veřejnosti k jednotlivcům či cílovým skupinám;
3. ve flexibilitě využití – posun od statických tištěných map k ovladatelným dynamickým mapám.

Uvedené oblasti se odrážejí také v dalším vývoji vizualizace zdravotních dat na elektronických médiích. Výhodou elektronického prostředí je jeho interaktivita – mapa či statistický nástroj reaguje na dotazy uživatele, který má možnost zaměřit se jen na ty ukazatele, které ho zajímají. Mnoho nástrojů slouží ke zjištění vzájemné korelace dvou nebo většího počtu proměnných. Jednou z intenzivně se rozvíjejících metod je tzv. explorační kartografie (exploratory cartography, DYKES 1997), někdy označovaná také za metodu „vizuálního přemýšlení“ (visual thinking). Explorační analýza dat (EDA) je původně statistická metoda založená na kombinaci popisných a grafických statistických nástrojů určených k odhalení určitých datových vzorů a podpoře hypotéz. Explorační kartografie rozšiřuje přístupy EDA zaměřením na prostorové rozšíření určitého jevu, identifikuje typické umístění jevu nebo naopak jevy řídké a ležící mimo tradiční prostor, odhaluje také prostorové vzory či shluky. Jednotlivé datové sady jsou při využití této metody vizualizovány za odlišných kartografických podmínek, které mají posílit vznik nových hypotéz a případných souvislostí, na rozdíl od tradiční prezentační role kartografických výstupů. Metoda také posiluje experimentování s různými kombinacemi datových a grafických pohledů na data a jejich vizuální proměnlivost (DYKES 1997).

Tištěná či elektronická tématická mapa umožňuje současnou vizualizaci různých statistik pro dané území, ale uživatel chce často vidět spíše vzájemné srovnání mezi dvěma charakteristikami, např. zjistit vztah mezi počty nádorových diagnóz a možnými příčinami.



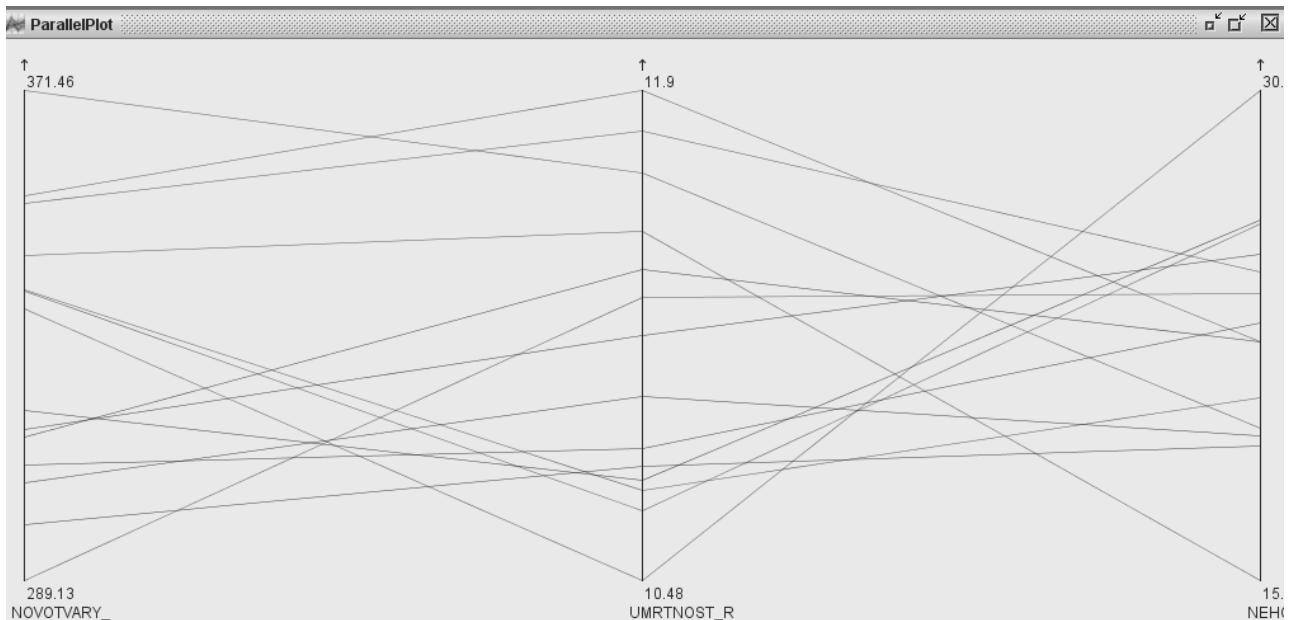
Obr. 1: Ukázka metody podmíněného kartogramu, kde se zjišťuje závislost míry úmrtnosti mužů na mírách úmrtnosti mužů na následky onkologických diagnóz a na následky dopravních nehod. Kraje s vysokými hodnotami úmrtnosti (Středočeský, Ústecký, Plzeňský) jsou soustředěny do horní řady map – do intervalu s nejvyšší mírou úmrtnosti na onkologické diagnózy. Tyto atributy spolu patrně souvisí. Naopak není pozorovatelná žádná souvislost úmrtnosti s úmrtností na následky nehod.

Zdroj: vlastní zpracování, primární data Fakultní nemocnice Brno-Bohunice

V rámci exploračních přístupů byla vyvinuta řada metodických nástrojů (ROBINSON 2005, PICKLE 2003, ANSELIN A KOL. 2006). Metoda „podmíněného kartogramu“ (conditional choropleth map) je jedním z efektivních nástrojů explorační kartografie pro interaktivní vizualizaci zdravotních dat. Klasická choropleťová mapa (kartogram) je rozdělena do několika oken (viz Obr. 1), z nichž každé zobrazuje území, jehož hodnoty charakteristik jsou v určitém intervalu. Posuvné hranice umožňují měnit hranice intervalů a interaktivně zkoumat závislost hlavní veličiny na dvou jiných atributech. Prostorové jednotky (kraje) s malými hodnotami obou atributů jsou zobrazeny v levém dolním okně, kraje s nejvyššími hodnotami naopak v pravém horním. Pokud jsou v okně s vysokými hodnotami atributu zobrazeny oblasti s vysokými hodnotami hlavní veličiny a naopak, pak je pravděpodobné, že spolu atribut a hlavní veličina souvisí.

Další možností, jak zjistit vzájemnou souvislost různých charakteristik je paralel coordinate plot („souběžný souřadnicový diagram“, PCP). Jednotlivá území v mapě jsou reprezentována linií, která spojuje několik os (viz Obr. 2). Každá z os představuje atribut objektu a přímka ji protíná ve výšce odpovídající hodnotě tohoto atributu v území. Pokud jsou všechny atributy daného území relativně k ostatním vysoké, pak je spojnice přímá. Jestliže ale je některý atribut území podprůměrný, začne se linie klikatit.

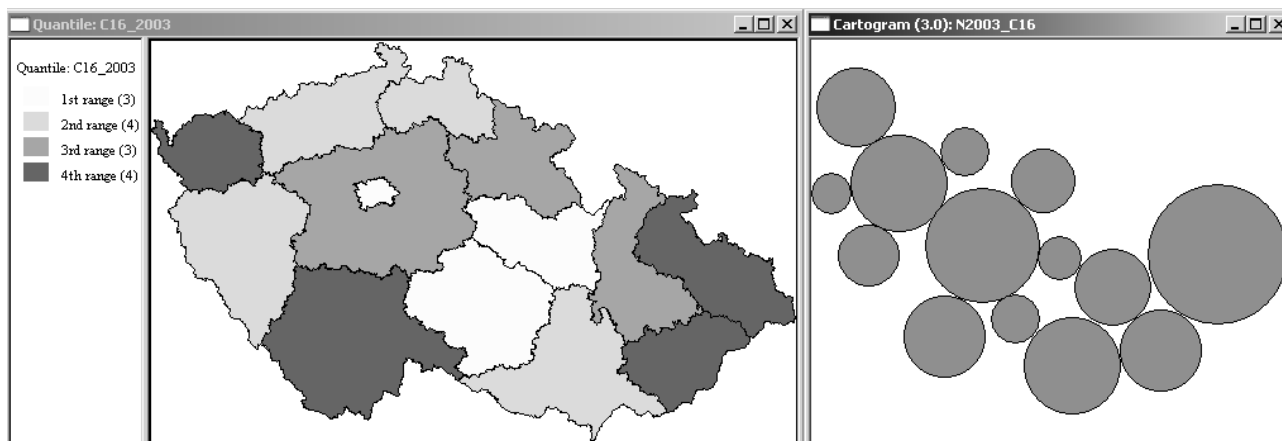
Z tohoto diagramu se dají vyčíst různé informace. Jestliže jsou linie vesměs rovnoběžné, pak jsou si jednotlivá území v mapě atributově podobná. Kříží li se linie výrazně, pak jde o území vzájemně odlišná. Pokud spolu dvě charakteristiky vzájemně kladně korelují, pak se mezi nimi linie příliš nekříží. U záporné korelace je tomu naopak. Linie by se křížily tak, že ta jež je na jedné ose nejnižší by mířila na nejvyšší bod druhé osy apod. V případě, že se linie kříží se mezi sebou chaoticky bez viditelného řádu, korelace hodnot obou atributů se blíží nule.



Obr. 2: Příklad PCP znázorňující míry úmrtnosti (uprostřed), úmrtnosti na následky novotvarů (vlevo) a úmrtnosti na následky dopravních nehod (vpravo) u mužů v roce 2003. Mezi první a druhou osou dochází k menšímu množství křížení než mezi druhou a třetí. Zároveň však není mezi druhou a třetí osou vidět ani významná záporná korelace. Úmrtnost na následky novotvarů souvisí s celkovou úmrtností více než úmrtnost při dopravních nehodách.

Zdroj: vlastní zpracování, primární data Fakultní nemocnice Brno-Bohunice

Efektivní metodou, využívanou i na tištěných mapách, jak znázornit hodnotu nějaké charakteristiky na určitém území, je anamorfóza. Velikosti územních celků se upraví podle velikosti této charakteristiky, někdy se využívá nahrazení územního celku jednoduchým geometrickým tvarem. Vzájemná pozice tvarů by měla co možná odpovídat topologickým vztahům územních celků, které nahradily (DORLING 1994 in HORÁK 2003). Čitelnost dat se zvýší, pokud se vedle anamorfované mapy položí pro srovnání její klasická verze. Elektronické prostředí navíc oproti umožňuje, aby byly obě mapy provázané – vybere-li se v klasické mapě území, zvýrazní se jeho protějšek v anamorfované mapě. To usnadní orientaci v mapě a čtení dat.



Obr. 3: Ukázka kombinace klasické mapy a anamorfózy. Mapa vlevo zobrazuje prevalenci nádoru žaludku na 100 tisíc mužů, anamorfóza vpravo absolutní hodnoty prevalence.
Zdroj: vlastní zpracování, primární data Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR

4 Další směry rozvoje

Rozvoj elektronické kartografie a multimédií umožňuje využívat i jiné prostředky než vizuální. Hodnota na daném území se může projevit například tónem, který zazní po kliknutí na toto území. Uvedený postup umožňuje tvorbu elektronických map pro uživatele se zrakovým postižením. Další z výhod elektronického prostředí je možnost tvorby animací. Postupné znázorňování map z různých časových období je vynikající pro znázornění časových řad a sledování postupného vývoje hodnot v území.

V souvislosti s dalším rozvojem metodiky vizualizace zdravotních dat je třeba brát kromě výše popsaných specifik do úvahy také současné trendy a výzkumné oblasti geovizualizace, které stanovila mezinárodní kartografická asociace ICA (DYKES, MACEACHREN, KRAAK 2005). Z nich je třeba jmenovat z hlediska technologického zejména oblast dalšího rozvoje experimentálních a dynamických map souvisejících s explorační analýzou. Jednotlivé nástroje a přístupy v současné době hledají cestu z prostředí stolních počítačů na internet. Z pohledu odborné problematiky je neméně důležitý další rozvoj a studium využitelnosti nástrojů a prostorových dat směrem ke koncovému uživateli (human centred approach). V souvislosti s tím je patrná snaha překonat předpoklad, že jedno prostředí je vhodné pro všechny uživatele a zaměřit se na možnost individualizace vizualizačních nástrojů a úloh pro určité uživatelské skupiny. Domníváme se, že při řešení citlivých otázek zdravotního stavu jako je vývoj vícečetných nádorů (GERYK A KOL. 2008), mohou být účelněji využívány výsledky a metody kartografické vizualizace, protože vstupem do EU budeme stále víc konfrontováni s konkurujícími si prioritami a omezenými zdroji.

Příspěvek vznikl za podpory grantu GA ČR č. 205/07/1278 „Kartografická vizualizace a modelování současných trendů vývoje zdravotního stavu a zdravotní péče v ČR“.

Literatura

- ANSELIN, L. SYABRI, I. KHO, Y. 2006. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. Geographical Analysis 38 s. 5-22., The Ohio State university. ISSN 0016-7363.
- BARRETT, F.A. 2000. Finke's 1792 map of human diseases: the first world disease map?. Social Science and Medicine, Volume 50, Number 7, 1, s. 915-921(7). ISSN 0277-9536.
- CARR, D. B., CHEN, J., BELL, S., PICKLE, L., AND ZHANG, Y. 2002. Interactive linked micromap plots and dynamically conditioned choropleth maps. In Anselin, L. and Rey, S., editors, New Tools for Spatial Data Analysis: Proceedings of the Specialist Meeting. Center for Spatially Integrated Social Science (CSISS), University of California, Santa Barbara. [CD-ROM].
- DORLING, D. 1994. Cartograms for visualizing human geography. In Hearnshaw, H. Unwin, D. (ed.): Visualization in Geographical Information Systems. UK, John Wiley & Sons Ltd., s. 85-102, ISBN 0-471-94435-1.
- DYKES, J. A. 1997. Exploring Spatial Data Representation with Dynamic Graphics. Computers and Geosciences, 23(4), s. 345-370. ISSN 0098-3004.
- DYKES, J. A., MACEACHREN, A.M, KRAAK, M.J. 2005. Exploring Geovisualization. Oxford: Elsevier, 710 s., ISBN 0-08-044531-4.
- GERYK, E. KUBÍČEK, P. KONEČNÝ, M. KOŠKA, P. HLOUB, J. ODEHNAL, J. ŠTAMPACH, R. 2007. Prevalence nádorů v ČR. Zdravotnictví v České republice X/2007, s. 94-100, ISSN 1213-6050
- GERYK, E. KOLCOVÁ, V. MARŠÍK, V. ŠIKULA, P, ŠIROKÝ P. ZACHOVAL, J. 1995 Atlas zhoubných nádorů v České republice. MOÚ Brno, 85 s. ISBN 80-901943-03.
- GERYK, E. BENDO VÁ, M. KUBÍČEK, P. ŠTAMPACH, R. ODEHNAL, J. KOŠKA, P. HOLUB, J. 2008. Vícečetné zhoubné novotvary – ukazatel zdraví a nákladů péče v onkologii. Zdravotnictví v České republice, 1, 11, v tisku.
- HORÁK, J. HORÁKOVÁ, B. ŠIMEK, M. HANČLOVÁ, J. 2003. Využívání geoinformačních technologií při analýzách trhu práce. Sbor. ref. konference GIS Ostrava 2003, Ostrava, 13 s. ISSN 1213-239X.
- MACEACHREN, A. 1994. Some Truth with Maps. Association of American Geographers, Washington, 129 s. ISBN 0892912146.
- MACEACHREN, A. M. BREWER, C. A. PICKLE, L. W. 1998. Visualizing georeferenced data: representing reliability in health statistics. Environment and Planning: A. 30: s. 1547-1561.
- MARŠÍK, V. A KOL. 1998a. Atlas výskytu zhoubných nádorů v České republice 1978-1994. Masarykův onkologický ústav v Brně, Brno, 47 s. ISBN 80-238-1718-3.
- MARŠÍK, V. 1998b. Tvorba map nemocnosti – praktický přístup. In Sbor. ref. konference GIS Ostrava 1998, Ostrava, s. 152-156. ISSN 1211-4855.
- PICKLE, L. W. HERRMANN, D. 1994. The process of reading statistical maps: The effect of color. Statistical Computing and Statistical Graphics Newsletter, 5(1), s. 1,12-16.
- PICKLE, L. W. MUNGIOLE, M. JONES, G. K. WHITE, A. A. 1996. Atlas of United States Mortality. DHHS Publ. No. (PHS). Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics. 209 s. ISBN 0-8406-0521-8.
- PICKLE, L. W. 2003. Usability testing of map design. Proceedings of the 35th Symposium on the Interface, [online, cit. 1. 11. 2007]. ISBN 1-886658-09-9. Dostupné z WWW: <www.galaxy.gmu.edu/interface/I03/master.pdf>
- ROBINSON, A. C. 2005. Geovisualization and epidemiology: A general design framework. Proceedings of the International Cartographic Association, La Coruna, Spain, July 9-16. [online, cit. 1. 11. 2007]. ISBN 0-958-46093-0. Dostupné z WWW: <www.geovista.psu.edu/ESTAT/estat_writing.html>

