

Jaromír KAŇOK, Jan BRUS

MOŽNOSTI VYUŽITÍ EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ V KARTOGRAFII

Kaňok, J., Brus, J.: Possibilities of expert systems utilization in cartography. Kartografické listy 2009, 1 fig., 19 refs.

Abstract: The process of making map is core of the whole cartography. In last years, this process not involved only the cartographers, but also the common users. These users do not know basic cartographic rules for making maps and they make maps intuitively. The evolution of computers and availability of map-making software play up computer-assisted cartography. The cartographic rules should be implemented directly into the software. According to progress in the artificial intelligence, the knowledge-base systems can be applied for this problem. These systems can partly substitute a role of the expert in this process. This paper presents a history of the development of the expert systems in cartography. It also summarizes advantages and disadvantages of an application of these systems and focuses on expert system in thematic cartography.

Keywords: expert system, knowledge-base system, thematic maps, decision-making support system, cartographic rules

Úvod

Rozvoj počítačů a rozšiřování internetu do domácností umožnil mnoha lidem přístup k webovým službám pro vizualizace prostorových dat. Webové portály, API aplikace a další nově vznikající služby přinesly možnost tvořit mapy i uživatelům bez jakéhokoli kartografického vzdělání. Dostupnost technického a softwarového vybavení ovlivnil také další skupinu uživatelů, kteří vizualizují a dále zpracovávají prostorová data, využívají programy pro tvorbu map týkajících se např. územního plánování, ochrany přírody, turistického ruchu nebo reklamy. Rozmáhání programových prostředků pro tvorbu map se stále více dotýká postavení dnešního kartografa. Kartograf tak stojí v pozici, kdy může pouze omezeně ovlivňovat proces tvorby mapy běžného uživatele. Může se snažit o osvětu a informovat společnost o pravidlech kartografie pomocí mediálních prostředků. Může pravidla kartografie shrnout do publikace, webové prezentace či pořádat školení. Tímto způsobem však osloví pouze skupinu uživatelů, kteří jsou uvědomělí a mají zájem se pravidlům kartografie učit a respektovat je. Většina ostatních uživatelů však kartografická pravidla nerespektuje a přistupuje k tvorbě map intuitivně. Tradiční vztah mezi kartografem a mapovým uživatelem se zásadně zkomplikoval. Vyskytla se potřeba implementace kartografických pravidel přímo do programových prostředků pro tvorbu map a také se do popředí vyzdvihla možnost počítačově asistované kartografie. Vývoj na poli umělé inteligence umožnil v kartografii využití znalostních systémů pro řešení těchto specifických problémů. Tyto systémy tak nacházejí uplatnění v mnoha odvětvích kartografie.

Expertní systémy

Expertní systémy (ES) jsou odvětvím aplikované umělé inteligence (AI). Byly vyvinuty v polovině 60. let minulého století. Základní myšlenka ES je prostá, přenést velký objem odborných znalostí člověka-experta do počítače. Tyto informace jsou pak v počítači uloženy a poskytnuty uživateli, který je uplatňuje podle potřeby. Počítač z vložených informací odvozuje a dospěje k určitému závěru, navíc podobně jako lidský konzultant podává rady a vysvětlení. Je schopný nabídnout logickou podstatu nabízeného řešení (Turban a Aronson 2001).

Doc. RNDr. Jaromír KAŇOK, CSc., Mgr. Jan BRUS, Katedra geoinformatiky, Univerzita Palackého v Olomouci, Tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc, e-mail: jaromir.kanok@upol.cz, jan.brus@klikni.cz

ES je jinými autory popisován (Boss 1991, Bowerman a Clover 1988) jako software nebo také kombinace softwaru a hardwaru schopného kompletního vykonávání specifického komplexu úkolů, které mohou být provedeny lidským expertem, ale vyžadují významnou odbornost při jeho řešení. ES poskytují mocný nástroj pro řešení mnoha problémů, které často nemohou být řešeny jinými, více tradičními metodami. Aplikace ES se ukázala jako rozhodující v procesu podpory rozhodování a řešení problémů, proto se jejich použití šíří do mnoha odvětví. Expertní systémy lze tedy chápat jako zvláštní typ znalostních systémů, který se vyznačuje používáním expertních znalostí, a některými dalšími rysy, jako je např. vysvětlovací mechanismus.

Expertní systém obsahuje dvě na sobě relativně nezávislé základní komponenty. Řídící mechanismus pro odvozování závěrů a bázi znalostí. Celý systém se odlišuje od ostatních programů skutečností, že báze znalostí stojí osamoceně mimo programový kód. Při konstruování jakéhokoli expertního systému je tedy nutné zformulovat pravidla, která budou obsažena ve znalostní bázi. Podstata expertního systému, postaveného na znalostní bázi, dovoluje jeho aplikaci v mnoha odvětvích kartografie.

Využití expertních systémů v tématické kartografii

Už v roce 1985 byla na mezinárodním kolokviu Auto-Cartography ve Washingtonu spousta příspěvků spojena s tématem počítačově asistované kartografie. Tento inteligentní systém měl již tehdy zahrnovat expertní systém a inteligentní databázi. V září roku 1991 na 15. mezinárodní kartografické konferenci v Bournemouth ve Velké Británii byla zvolena pro následující konferenci v německém Cologne ústřední témata jako formální teorie map a kartografická znalostní báze. Následující vývoj v oblasti kartografie a rozšiřování neobdobné tvorby map ještě více vyzdvihl do popředí zájmu počítačově asistovanou tematickou kartografií.

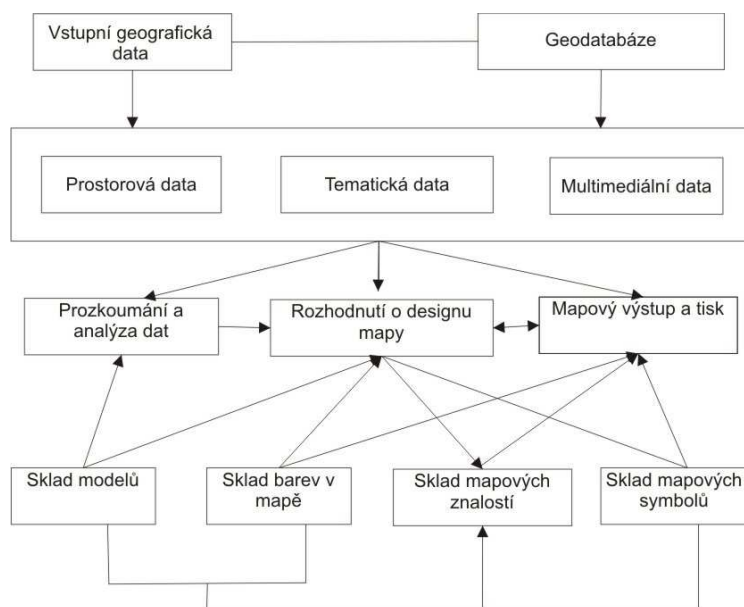
Při použití jednotlivých metod tématické kartografie velmi záleží na konkrétním typu mapy, uživateli a výsledné informaci, kterou má mapa sdělit. V této fázi většinou přistupuje kartograf a určuje, co je vhodné a co nikoliv. Zde se naskytá možnost využití expertního systému. Množství používaných metod tématické kartografie, různé druhy a kvalita vstupních dat a další faktory s sebou však přinášejí problémy. Proto je tvorba kvalitního a komplexního systému pro tematickou kartografií velmi složitá.

Dle Guo (1993) je hlavní myšlenkou návrh systému pro podporu rozhodování v tématické kartografii pomocí využití všech druhů dostupných technologií a metod, s cílem vytvořit co možná nejlepší mapu prostřednictvím programových prostředků. Prvním krokem konstrukce tematické mapy pomocí úloh je identifikace prvků, které budou v mapě zaneseny, teprve poté lze přistoupit k samotnému procesu využití metod a symbolů. K navržení vhodného systému pro podporu rozhodování je tedy nutné, aby klíčové problémy při tvorbě mapy byly již na začátku přesně specifikovány, analyzovány a poté navrženy vhodné rozhodovací modely pro řešený problém. Na obr. 1 je uvedena možná struktura systému pro podporu rozhodování v tématické kartografii. Ve snaze předat informaci pomocí mapy efektivně je také třeba dodržet rovnováhu v množství sdělovaných informací (Hua 1991).

Proto je při konstruování takového systému nezbytně nutné zahrnout do databáze všechny potenciální faktory, které proces tvorby mapy ovlivňují, nebo je nutné se pouze zaměřit na určitou problematiku tvorby mapy. Příkladem může být použití barev. Dnes výběr vhodných barev často naráží na problém digitální formy map a využívání různých prostředků pro jejich zobrazování. Lze využívat LCD panely, CRT monitory, projektory a samozřejmě papírovou podobu map. Barevné podání se však u daných zobrazovacích zařízení liší. Při nerespektování základních pravidel může docházet k omezení vyjadřovacích schopností mapy nebo se uvedené kartografické vyjádření stane nečitelné. Expertní systémy mohou pomáhat ke správnému výběru barev v souladu s pravidly kartografie. Např. zachování principu konvenčnosti (modrá barva pro vodstvo, hnědá pro vrstevnice), zachování principu asociativnosti (na topografických mapách zeleně lesy), správný výběr barev pro kvalitativní data, nebo správný odstín barvy pro vyjádření intenzity jevu. Přitom mohou brát ohled i na druh zobrazovací metody, i na osoby trpící daltonismem apod.

Základním principem expertního systému je tedy rozdělit celý proces na dílčí části, které ovlivňují výsledek. Je třeba dobře rozvážit a navrhnout celý systém a jeho komplexitu. Dobrý komplexní expertní systém pro tematickou kartografií by měl být schopen navrhovat vhodné řeše-

ní problému, kdy do procesu rozhodování zakomponuje všechna pravidla kartografie. Výborný ES by měl být dokonce schopen uživateli nabídnout nejen možná řešení, ale podávat i vysvětlení, zdůvodnění.



Obr. 1: Struktura nástroje pro rozhodování v tématice kartografii (Guo 1993)

Další využití expertních systémů v kartografii

S vývojem digitální kartografie a převodem map do digitální podoby narůstá potřeba správně vektorizovat a generalizovat. Oba procesy jsou v posledním desetiletí hojně využívány. Tento proces se však neobejde bez přítomnosti odborníka a korigování procesu. Software, který přímo vektorizuje skenované mapy, lze rozdělit na automatický a polo-automatický v závislosti na módech zpracování informací (Hori a Tanigawa 1993, Eikvil et al. 1995). Většina běžných automatických vektorizačních systémů však aplikuje stejnou metodu na všechny mapy a nebere v potaz jejich různý charakter. Od uživatele se očekává co možná nejpřesnější nastavení parametrů ručně, což předpokládá velmi dobré znalosti uvedené problematiky a také znalost používaného systému (Hori a Tanigawa 1993, Kasturi et al. 1990). Jednou z možností je použít znalostní bázi a celkově tak snížit nároky na kartografickou gramotnost uživatele a usnadnit tím celý proces vektorizace. Ve spojení se znalostní bází dostáváme systém, který je schopen podat výsledky velice podobné výstupům vysoce sofistikované ruční digitalizace. Kromě toho poskytuje příjemnější uživatelské prostředí, které umožňuje výběr vhodných parametrů v souladu s vizuální informací obsaženou v původní mapě.

Ani generalizační algoritmy současných systémů velmi často neberou v potaz roli charakteru mapy nebo fuzzy logiku pro optimalizaci procesu. Nejsou tak schopny extrahovat skryté informace. Jsou vyžadovány specifické znalosti, které nejsou v dosud známých algoritmech zohledněny (Meng 2003). Generalizace s sebou nese celou řadu různých pravidel, které musí být v určité posloupnosti správně aplikovány. Různé úlohy mají odlišná pravidla a také znalostní báze. Právě sestavení dynamického systému je možným řešením automatické generalizace. V kontextu digitální kartografie a expertních systémů je proto velmi nutné zkoumat a interpretovat procesy při manuální generalizaci. Právě přepsání postupu kartografa do sledu velmi dobře definovaných procesů je hlavním cílem při tvorbě úspěšného ES (Lee 1994). Implementace poznatků expertů do programů pro práci s mapou tedy může poměrně značně zpřesnit a zjednodušit celý proces.

Konkrétní příklady využití expertních systémů v kartografii

Expertní systémy používané v kartografii existují jako samostatné aplikace nebo se implementují do již stávajících aplikací. Systémy lze také rozdělit na dvě skupiny podle využití:

- výstupy z různých projektů a výzkumů, kdy aplikace nemusí být vždy uživatelsky zcela přívětivá. Na druhou stranu však jejich použití nenese žádné náklady, protože bývají v rámci projektů poskytovány zdarma.
- komerční produkty, které obsahují ES v rámci softwarového balíku, či jeho extenze. Pro příklad lze uvést automatickou generalizaci, kdy se ES nachází v rozdílných softwarech jako např. ArcGIS, DynaGen a LaserScan. Právě vývoj ES představuje hlavní komerční využití umělé inteligence, navržené ke zvýšení kvality a dostupnosti znalostí pro automatické rozhodování (Boss 1991).

Pro běžného uživatele je však mnohem výhodnější využívat volně dostupné programové prostředky, které mohou pomoci s tvorbou mapy. V následující textu je uvedeno několik druhů těchto aplikací.

Systém "MapBrewer" pojmenovaný po výzkumné pracovníci a kartografce Cynthii Brewer, je novým druhem systému na podporu tvorby map. Pomáhá uživateli vždy s jedním konkrétním aspektem při tvorbě mapy. Nyní jsou dostupné tři verze, a to sice *ColorBrewer* (Harrower a Brewer 2003) nástroj pro správný výběr barevné kompozice, *SymbolBrewer* (Schnabel 2005) pro výběr vhodné mapové symboliky, a také *TypeBrewer* (Sheesley 2006) pro výběr vhodného písma. Tyto zmíněné systémy lze spíše charakterizovat jako „digitální asistenty výuky“, které nabízejí důležité teoretické zázemí, ale i uživatel-specialista v nich dokáže nalézt své vlastní řešení. Odlišují se od ostatních forem online pomoci, jako jsou tutoriály, rádci, fóra a jiné. Nenutí uživatele pouze k jednomu řešení ani se nesnaží dělat práci za něj bez podání vysvětlení. Raději navrhuje uživateli paletu možných správných řešení a snaží se uživatele přimět k přemýšlení nad daným problémem. Tato činnost je podobná té, kterou nabízí expert při konzultaci. To se provádí dvěma způsoby:

1. v aplikaci jsou vestavěné mini tutoriály pro případ, že se chce uživatel dozvědět více,
2. v aplikaci jsou obsaženy nástroje pro kritické hodnocení alternativ (např. vizuální kvízy) (Roth et al. 2006).

Uvedené systémy fungují online, mohou být tudíž využívány širokým spektrem uživatelů.

Dalším systémem patřícím do skupiny výzkumných aplikací je systém vyvinutý v Číně pro podporu rozhodování v tematické kartografii (Zhang et al. 2008), jež je druhem geografického informačního systému pomáhajícímu uživateli s procesem tvorby tematické mapy. Systém je naprogramovaný na *JBuilder2005* s využitím *SQLServer2000*. Je založen na expertní znalostní bázi tematické kartografie, na jejímž základě je schopen poskytovat rady při použití jednotlivých metod tematické kartografie. Lze ho využít pro všechny typy tematických map a pro výběr symbolů. Systém má jednotné rozhraní, přes které lze vybírat tematické prvky, dále je možné automaticky vytvořit tematické mapy podle typu a charakteristiky jejich prvků. Modifikovat lze konstrukční parametry různých grafů a prostřednictvím rozhraní získat uspokojivé výsledky. Tento systém je jedinečným řešením komplexního expertního systému v tematické kartografii.

Dále existuje velké množství systémů, vzniklých jako výstup výzkumné práce na řadě světových pracovištích, zaměřených většinou na jednotlivé oblasti kartografie. Tyto systémy však často končí jen jako výstup z výzkumu nebo jako odrazový můstek pro další výzkumnou činnost. Z nevýznamnějších lze uvést např. MAPAID (Robinson a Jackson 1985), MAPKEY (Su 1992), ACES (Pfefferkorn et al. 1985) a mnohé další.

Diskuse k využití expertních systémů v kartografii

Expertní systémy již pokrývají jisté spektrum využití, zvláště v poslední době bylo možno sledovat narůstající trend v jejich vývoji. Se zvyšujícím se výkonem výpočetní techniky rostou i možnosti jejich využití. Je chválné, že se v poslední době objevují pokusy o vytvoření ES i v tematické kartografii. Při tvorbě je však nutná především přítomnost tematického kartografa (tematologa) v roli znalostního experta a neméně důležitého odborníka – znalostního inženýra, který je schopen tyto informace zakomponovat do expertního systému. Situace na poli profesionálního softwaru je stále nedostatečná. Ani nejvýznamnější světoví producenti GIS software do svých produktů neimplementují nástroje, které by ve větší míře usměrňovaly proces tvorby mapy podle

kartografických pravidel. Stále je nutné disponovat patřičným kartografickým vzděláním. Existují nástroje, které uživateli pomáhají, ty však spíše ulehčují jeho práci, než aby jej vedly. Námítkou může být názor, že profesionální GIS software je však určen profesionálům. Avšak jen nepatrné procento GIS profesionálů tvoří kartografové. V případě marketingové politiky producentů GIS software lze vysledovat rozšiřování těchto programů do většiny odvětví, kde se pracuje s prostorovými daty. Umět pracovat s GIS programy je v dnešní době pro mnoho odvětví nezbytností. Na poli nekomerčního softwaru je situace ještě komplikovanější. Jednotlivých aplikací existuje velké množství a jedná se většinou o výstupy z výzkumných aktivit. Po otestování se nedočkaly výraznějšího rozšíření nebo ostrého provozu. Velmi často bývají pouze specializované na určitou část procesu tvorby mapy a komplexní řešení tvorby map je spíše výjimkou. Většinou nejsou uživatelsky přívětivé a po uživateli opět vyžadují zvládnutí teorie kartografie, resp. tematické kartografie. Spíše jsou využívány jako podpůrné prostředky, neboť uživatel musí vědět, kde je najít, což opět značně komplikuje jejich použití.

Doposud neexistuje komplexní nástroj ES, který by bez problémů řešil všechny problémy kartografie. Hlavním důvodem je složitost a obsáhlost procesu tvorby mapy. Sestavit hierarchii pravidel, postihnout všechny druhy map a zohlednit vhodné metody tematické kartografie do jednoho systému vyžaduje více než komplexní přístup. Současně je kladen vyšší nárok na znalosti uživatele, neboť ten musí být schopen správně vybírat z navrženého systému možností. Závažnou komplikací při globálním rozšiřování ES je i nejednotnost kartografických škol (Kaňok 2007).

I přes složitost procesu tvorby map jsou znalostní báze expertního systému řešením, jak pomoci především nekartografům při tvorbě map podle pravidel kartografie, resp. pravidel tematické kartografie.

Závěr

Komplexní expertní systémy pro tvorbu map mohou pomoci:

- nekartografům tvořit kartograficky správné mapové výstupy,
- nekartografům zvýšit vzdělanost v oblasti kartografie,
- nekartografům docílit zvýšení efektivity práce,
- kartografům i nekartografům použít komplexní ES na neomezeném počtu klientských stanic, což sníží nároky na lidské zdroje,
- vědnímu oboru, kartografii, zachovat vyšší úroveň mapové produkce.

Nahrazením lidského experta komplexním expertním systémem je vysoce efektivním cílem kartografie jako celku. Hlavním cílem bude vytvořit komplexní expertní systém uživatelsky přívětivý, jednoduchý a natolik obsáhlý, že umožní vytvořit kartograficky správnou mapu bez nutnosti kombinovat více softwarů, a stane se vyhledávaným pomocníkem pro nejširší spektrum uživatelů. Díky vzdělávacímu potenciálu expertních systémů se umožní rozšíření expertních znalostí mezi velkou skupinu uživatelů, nekartografů. Další výhodou ES bude postupné vkládání dalších vývojově nových, expertních znalostí kartografie do báze znalostí ES. Tím se budou i v budoucnu expertní znalosti rychle přenášet mezi nekartografy. Docílí se i v budoucnosti eliminace neodborných a chybných map.

Příspěvek je součástí výstupů projektu GA ČR 205/09/1159 „Inteligentní systém pro interaktivní podporu tvorby tematických map“.

Literatura

- BOSS, R. W. (1991). *What Is an Expert System?.* Syracuse, NY (ERIC Digest. ERIC Clearing House on Information Resources), pp. 1-3.
- BOWERMAN, R. G., CLOVER, D. (1988). *Putting Expert Systems into Practice.* New York (Van Nostrand Reinhold Company).
- EIKVIL, L., AAS, K., KOREN, H. (1995). Tools for interactive map conversion and vectorization. In *Third International conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 927-930.
- GUO, Q. (1993). Design a decision-making support system of thematic mapping. *Journal of Wuhan University of Science and Technology Mapping*, Vol.18 additional, pp. 9-19.
- HARROWER, M., BREWER, C. (2003). ColorBrewer.org: An Online Tool for Selecting Colour Schemes for Maps. *Cartographic Journal*, 40, 1, pp. 27-37.

- HORI, O., TANIGAWA, S. (1993). Raster-to-vector conversion by line based on contours and skeletons. In *Second International Conference on Document Analysis and Recognition*. Tsukuba, pp. 353-358.
- HUA, Y. (1991). Determine the map symbol type of map element with expert system technology. *Journal of the People's Liberation Army Institute of Surveying and Mapping*, Vol. 3, pp. 43-47.
- KAŇOK, J. (2007). Cartogram method and cartodiagram method issues – the need for definitions and nomenclature change. *Sborník přednášek. 15. mezinárodní geografická konference*, Brno.
- KASTURI, R., BOW, S. T., MASRI, W. E., SHAH, J., GATTIKER, J. R., MOKATE, U. B. (1990). A system for interpretation of line drawings. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 12, 10, pp. 973-992.
- LEE, D. (1994). Knowledge Acquisition of Digital Cartographic Generalization. *Proceedings of the Fifth European Conference and Exhibition on Geographic Information Systems. EGIS '94*, Utrecht (EGIS Foundation), Vol. 2, pp. 1634-1647.
- MENG, L. (2003). Cognitive Modelling of Cartographic Generalization. *Strategies on Automated Generalization of Cartographic Data*. Project Report.
- PFEFFERKORN, C., BURR, D., HARRISON, D., HECKMAN, B., ORESKY, C. A., ROTHERMEL, J. (1985). ACES: A cartographic expert system. In *Proceedings of the Seventh International Symposium on Automated Cartography (Auto-Carto 7)*, pp. 399-407.
- ROBINSON, G., JACKSON, M. (1985). Expert Systems in map design. In *Proceedings of the Seventh International Symposium on Automated Cartography (Auto-Carto 7)*, pp. 430-439.
- ROTH, E., HARROWER, M., BURT, J. (2006). *Isoline Engine: A Digital Assistant for Surface Mapping*, ICA Commission on Visualization, Workshop, Vancouver.
- SCHNABEL, O. (2005). Map Symbol Brewer - A New Approach for a Cartographic Map Symbol Generator. *Paper Read 22nd International Cartographic Conference*, 9-16 July, A Coruña.
- SHEESLEY, B. (2006). TypeBrewer: Design of an Online Help Tool for Selecting Map Typography. *Paper Read at Association of American Geographers, Annual Meeting*, Chicago.
- SU, B. (1992). Expert system in the application of cartographic. *Journal of Geomatics*, Vol. 1, pp. 31-35.
- TURBAN, E., ARONSON, J. E. (2001). *Decision support systems and intelligent systems*. (6th ed). Hong-Kong (Prentice International Hall).
- ZHANG, L., GUO, Q., JIAO, L. (2008). Design and Implementation of Decision-making Support System for Thematic Map Cartography. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information science*, Vol. 37, Beijing.

S u m m a r y

Possibilities of expert systems utilization in cartography

Not only specialists are making maps nowadays. Production of map with using adequate software is a simple process now, which is used by non-cartographic users. The rules of cartography are not respected very often. This situation needs the implementation of principles of cartography directly into the map production systems in pursuit of correct and effective maps producing. Instead of the final map is also important the explanation and the propose of several possible solutions. One of the possible occasions for an accomplishment of all this conditions is using the expert systems. The expert systems as a part of artificial intelligence have long history of evolution and they are applying in many parts of cartography but suitable complex system for creation and adjustment maps still does not exist. In this paper is presented the utilization of the expert system mostly focusing on thematic cartography.

Fig. 1 Structure of decision-making support system in thematic mapping (Guo 1993)

Lektoroval:

RNDr. Marian JENČO, PhD.,
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta,
Bratislava