

PAVEL HAPÁK*

EXPERTNÉ SYSTÉMY A MOŽNOSTI ICH VYUŽITIA V GEOGRAFII

Pavel Hapák: Expert Systems and the Possibilities of Their Utilization in Geography. Geogr. Čas., 42, 1990, 2; 25 refs.

The aim of the contribution is to introduce in a brief and accessible form into the problems of expert systems and to approximate to a general geographical public. The expert systems penetrate at present to various spheres of human activity, when at the same time favourable presuppositions for them to be utilized appear in geography, too. Due to that reason it is necessary to pay attention to them systematically and to try so that also in geography they may become an effective tool in solving complicate problems connected with spatial organizing the landscape sphere.

ÚVOD

Snaha o aplikáciu univerzálnych metód a prístupov k riešeniu problémov je v súčasnosti príznačná pre mnohé vedné disciplíny, pričom výnimku netvorí ani geografia. Ide predovšetkým o metódy matematického modelovania, systémovej analýzy, metód multivariačnej štatistiky, lineárneho programovania a pod., súhrnne nazývané aj metódami operačnej analýzy [11]. Ich prienik do rozmanitých sfér vedeckého bádania však mal často za následok tendencie pristupovať k problémom nezávisle od ich vecnej náplne a zovšeobecňovať ich riešenie, čo si však vyžaduje potrebu jeho matematickej formulácie, ktorej predpokladom je dobrá štruktúrovanosť, formalizovateľnosť a algoritmizovateľnosť skúmaného problému. Nemôžeme však jednoznačne tvrdiť, že tieto vlastnosti sú vlastné väčšine geografických systémov, navyše účelné používanie metód operačnej analýzy si vyžaduje i značnú fundovanosť v príslušných oblastiach matematiky, prípadne logiky, čo tiež spôsobuje nemalé ťažkosti pri ich rozsiahlejších aplikáciách v geografickom výskume.

Jedným zo spôsobov, ktorý do istej miery naznačuje východisko z uvedenej situácie, je použitie expertných systémov. Vo všeobecnosti sa považujú za jednu z praktických aplikácií umelej inteligencie, predstavujúcu novú, perspektívnu metodológiu riešenia zložitých problémov. Na rozdiel od metód operačnej analýzy sa expertné systémy zameriavajú na riešenie zle štruktúrovaných problémov s nealgoritmickou povahou pomocou subjektívnych a heuristických metód. Ich vznik bol podmienený myšlienkou, že riešenie určitých problémov si vyža-

* RNDr. Pavel Hapák, Prírodovedecká fakulta UK, Katedra socioekonomickej geografie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava.

duje špecifické postupy reprezentované empiricky zachytenými ľudskými „expertnými“ znalosťami daného problému. Samotné znalosti, ktoré majú charakter nezávislých výrokov, však ešte nezabezpečujú pochopenie procesov odohrávajúcich sa v skúmanom systéme, musia však byť pomocou určitých pravidiel sformulované tak, aby umožňovali ich efektívne využívanie pri riešení špecifických problémov [4].

Keďže expertné systémy svojou podstatou dovoľujú riešiť problémy, ktorých charakter znemožňuje účinné využitie nástrojov operačnej analýzy, otvárajú sa nové možnosti aplikácie výpočtovej techniky aj v tých oblastiach, ktoré boli doteraz málo alebo neboli vôbec automatizované. Tento moment považujú za veľmi dôležitý P. Harmon a D. King [12], podľa ktorých sama myšlienka expertných systémov nie je už taká revolučná, prevratný je však nový koncepčný pohľad na možnosti efektívnejšieho využívania výpočtovej techniky pri riešení rozmanitých špecifických problémov. Navyše tým, že expertné systémy majú charakter vysokointeraktívnych systémov využívajúcich symbolické programovanie a heuristické metódy, stáva sa ich používanie v praxi omnoho atraktívnejšie a prijateľnejšie ako používanie metód operačnej analýzy [3, 11].

ČO SÚ EXPERTNÉ SYSTÉMY

Prvé expertné systémy sa začali objavovať na prelome 70. a 80. rokov a v súčasnosti spolu s robotikou a problematikou spracúvania prirodzenej reči patria medzi najvýznamnejšie výskumné oblasti umelej inteligencie [12]. Keďže literatúra v tejto oblasti poskytuje množstvo definícií, ktoré sa líšia tak rozsahom, ako aj svojím obsahom [3, 10], presne a vyčerpávajúco definovať pojem expertný systém je pomerne zložitú. Podľa jedného z tvorcov myšlienky expertných systémov E. Seigenbauma možno expertný systém definovať ako „inteligentný počítačový program využívajúci znalosti a inferenčné procedúry na riešenie problémov, ktoré sú natoľko zložité, že si vyžadujú prítomnosť ľudského experta v danom odbore“ [12]. J. Davis, P. Nanninga a D. Cocks [5] považujú expertný systém za počítačový program, ktorý rieši zložité a z hľadiska procesu rozhodovania náročné úlohy využívaním zhromaždených znalostí a simulovaním metód riešenia problémov podľa vzoru ľudských expertov. F. Hayes-Roth a kol. [13] pod expertným systémom rozumejú systém umožňujúci vysoko efektívne riešiť problémy v takých oblastiach, v ktorých by človek potreboval niekoľko rokov, aby nadobudol skúsenosti potrebné na riešenie týchto problémov. Výstižnú a jednoduchú charakteristiku expertného systému podal M. Leary [16], podľa ktorého sa expertnými systémami nazývajú také počítačové programy, ktoré namiesto numerických hodnôt spracúvajú znalosti. Vo všeobecnosti je teda možné konštatovať, že expertné systémy sú inteligentné počítačové programy využívajúce expertné znalosti na simulovanie činnosti experta pri riešení zložitých úloh [3, 4, 5, 20]. Ďalšími definíciami, ako aj podrobnejšími okolnosťami vzniku a vývoja sa bližšie zaoberá literatúra [2, 9, 10, 12, 13, 19].

Podobne ako definície expertných systémov, ani názory na jeho základnú štruktúru nie sú celkom jednotné. Ich najčastejšie uvádzané zloženie obsahuje 4 hlavné časti: bázu znalostí, bázu dát, inferenčný mechanizmus a vysvetľovací mechanizmus. Uvádzajú sa aj ďalšie zložky, ako sú napr. editor, dialógový komponent a iné [10, 24], ktoré síce sú nevyhnutnou súčasťou každého expert-

ného systému, ale pri základnej charakteristike jeho štruktúry nie sú až také podstatné.

Jadro každého expertného systému tvorí báza znalostí. Táto jeho zložka obsahuje všetky potrebné znalosti nevyhnutné pre expertnú činnosť v danej problemovej oblasti, t. j. znalosti všeobecného charakteru (všeobecne známe skutočnosti, zákony, zákonitosti a pod.) a znalosti subjektívne, ktoré majú tvar intuitívnych postupov pri riešení problémov, získané dlhodobou praxou experta (tzv. heuristiky). Tieto znalosti sú zakódované v určitej forme tak, aby mohli byť spracúvané a vyhodnocované inferenčným mechanizmom expertného systému. Táto vlastnosť bázy znalostí, ako aj jej samostatnosť a nezávislosť v rámci zloženia expertného systému zvyšuje jej modifikovateľnosť, prenositeľnosť, a tým aj možnosti jej využitia v rôznych aplikačných oblastiach. Bližšie sa spôsobmi reprezentácie znalostí a ich vlastnosťami zaoberá literatúra [10, 12, 13, 15, 20].

Náplň *bázy dát* tvoria všetky jedinečné znalosti, dáta a údaje týkajúce sa konkrétneho problému, ktoré musí expertný systém získať pre jeho vyriešenie (údaje získané od užívateľa, dáta z meracích prístrojov a pod. [10]).

Inferenčný mechanizmus je zložka expertného systému, ktorá interpretuje zakódované znalosti a určuje stratégiu riadenia riešiaceho procesu. Podrobnejšie informácie o inferenčnom mechanizme uvádza literatúra [5, 8, 12, 13, 14, 15].

Za významnú zložku expertného systému možno považovať vysvetľovací mechanizmus tvorený súborom určitých algoritmov, pomocou ktorých expertný systém zdôvodňuje užívateľovi spôsob dosiahnutia výsledkov pri riešení daného problému.

Dôležitú úlohu v expertných systémoch zohrávajú aj ďalšie jeho komponenty, ako sú napr. editor, interface pre styk medzi užívateľom a systémom a iné, ktoré sa tiež často uvádzajú v štruktúre expertných systémov [10, 22, 24].

Pri konštrukcii expertných systémov sa najčastejšie používajú programovacie jazyky orientované na symbolické programovanie, ktoré boli vyvinuté v oblasti umelej inteligencie ako LIPS a PROLOG, prípadne niektoré ich ďalšie modifikácie. Stretnúť sa možno aj s expertnými systémami zostrojenými na báze konvenčných jazykov ako PASCAL, BASIC, FORTRAN, PL/1 a pod.

NIEKTORÉ VÝZNAMNÉ APLIKÁCIE EXPERTNÝCH SYSTÉMOV

Prvýkrát sa myšlienka expertných systémov objavila v súvislosti so systémom DENDRAL (1965), v ktorom sa podarilo zhromaždiť množstvo heuristik do takej formy, ktorá ich umožnila spracúvať pomocou výpočtovej techniky [13]. Úlohou systému DENDRAL bolo na základe spektrálnych a magnetických údajov o chemických zlúčeninách určovať ich molekulovú štruktúru, v čom dosiahol výrazné úspechy.

V polovici 70. rokov sa objavil aj expertný systém CESNET, ktorý bol zameraný na diagnostické problémy glaukómy a oftalmológie. Tento systém bol zároveň prvým pokusom o zostrojenie univerzálnej štruktúry expertného systému, výsledkom čoho bol univerzálny a nezávislý (domain-independent) expertný systém EXPERT.

Za jednu z najznámejších aplikácií expertných systémov vôbec možno považovať systém MYCIN (1976) vytvorený v oblasti medicíny, ktorý pomáha určo-

vať diagnózu a terapiu pri infekčných krvných ochoreniach. MYCIN obsahuje vyše 400 pravidiel a jeho kostra bola základom pre vznik prázdneho expertného systému EMYCIN (1979), ktorý našiel široké uplatnenie v rôznych vedných oblastiach, medzi inými aj v geografii [3, 4]. V súvislosti so systémom MYCIN možno spomenúť aj expertný systém TEIRESIAS (1977), úlohou ktorého je korekcia a automatické dopĺňovanie nových znalostí v rámci bázy znalostí expertného systému MYCIN.

Z oblasti medicíny sú tiež známe expertné systémy, ako napr. CADUCEUS (predtým INTERNIST) a PUFF, ktoré umožňujú tvorbu diagnóz pri pľúcnych a iných vnútorných ochoreniach.

Z ďalších známych expertných systémov si ešte zasluhujú pozornosť systémy PROSPECTOR (na základe geologických vrtoŕ a meraní určuje pravdepodobné ložiská nerastných surovín), R1 (konfiguruje počítačové systémy DEC VAX), HEARSAY I.—III. (spracovanie prirodzenej reči), MACSYMA (symbolické výpočty v spojení s matematickou analýzou) a iné [3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 22].

S vývojom a využívaním expertných systémov sa začalo v poslednom desaťročí aj v ČSFR. Medzi najznámejšie a najrozšírenejšie expertné systémy patrí prázdny expertný systém FEL-EXPERT vytvorený na EF ČVUT v Prahe. Je určený pre potreby lekárskej a technickej diagnostiky, naprogramovaný je v jazyku PASCAL a ako vzor mu slúžil expertný systém PROSPECTOR. V súčasnosti systém FEL-EKPERT využíva vyše 30 pracovníkov v celej ČSFR [1, 8, 10, 11].

Prázdny expertný systém EQUANT vznikol v Matematickom ústave ČSAV, je zameraný na riešenie problémov diagnostického charakteru a napísaný je v jazyku PL/1. BASIC verzia systému EQUANT bola vytvorená na VŠE v Prahe, kde po doplnení bázou znalostí vznikol plný expertný systém SAK-OPTIMALI, určený na výber vhodnej metódy riešenia rozhodovacích problémov na vrcholovej úrovni riadenia výrobného-hospodárskych jednotiek [1, 8].

Ďalší z čs. expertných systémov — CODEX vznikol vo Výskumnom ústave lekárskej bioniky v Bratislave a slúži potrebám lekárskej diagnostiky s niekoľkými bázami znalostí.

V súčasnosti sa problematikou expertných systémov zaoberajú aj iné vedecké a výskumné inštitúcie v celej ČSFR, ako napr. Ústav teórie, informácie a automatizácie ČSAV a VÚMS v Prahe, SVŠT a ÚVT VŠ v Bratislave, VŠT v Košiciach, VÚSEI-AR a ÚTK SAV v Bratislave, MFF UK v Bratislave a ďalšie [1, 8].

GEOGRAFICKY ORIENTOvané EXPERTNÉ SYSTÉMY

Značné možnosti využívania expertných systémov sa objavili aj v geografii — v procese priestorovej organizácie územia a jej riadenia. Keďže geografia patrí medzi vedné disciplíny opierajúce sa o vlastné rozsiahle empirické poznatky, pričom veľká časť jej problémov je zle štrukturovaná a ŕažko formalizovateľná, nie je dôvod pochybovať o tom, že by práve tu expertné systémy nenašli významné uplatnenie. Aj napriek tomuto konštatovaniu sa príspevky s geografickými aplikáciami objavujú veľmi sporadicky, čo je možno podložiť aj tvrdením J. R. Davisa [3], podľa ktorého len malý počet autorov používa expertné systémy na riešenie skutočne priestorových problémov v pravom slova zmysle. J. R. Davis patrí medzi významných priekopníkov v oblasti praktického využívania expertných systémov pri riadení priestorovej organizácie územia (*land*

management) v Austrálii. Spolu so svojimi spolupracovníkmi previedli niektoré modifikácie známych expertných systémov z iných vedných odborov a prispôsobili ich funkčnú podstatu riešeniu problémov s výrazným priestorovým charakterom. Tak vznikol napr. GEOMYCIN, ktorý sa stal neskôr základom ďalších verzií expertných systémov GEM 1 a GEM 2 [3, 4, 5, 6]. Využitie týchto expertných systémov sa zameriavalo najmä na riešenie problémov pri rozhodovacích procesoch spojených s organizáciou a riadením krajinných celkov, ako sú napr. určovanie spôsobov hnojenia ornej pôdy, odhad dopravnej priechodnosti odľahlých oblastí Austrálie, možnosti predpovedania dôsledkov „správania sa“ lesných požiarov v národných parkoch a pod. Pri konštrukcii báz znalostí uvedených expertných systémov sa vychádzalo z požiadavky potreby pružného a rýchleho riadenia procesov prebiehajúcich v krajine na základe maximálneho množstva informácií. Expertné systémy by preto mali dokázať ponúknuť riadiacim pracovníkom prístup k určitým druhom informácií a k takým myšlienkovým postupom, ktoré by ináč získavali len s veľkými problémami [4]. Pracovníci z riadiacej praxe totiž nepotrebujú poznať podstatu riešeného problému do hĺbky, ale musia vedieť rozhodnúť na základe expertných znalostí, čo práve tieto expertné systémy plne umožňujú.

Expertný systém GEOMYCIN bol vytvorený implementáciou geografických informácií do expertného systému EMYCIN za účelom predpovedania „správania sa“ lesných požiarov vo veľkých národných parkoch. Napísaný je v jazyku LISPF3, jeho báza znalostí obsahuje 120 pravidiel a inštalovaný bol na mini-počítači DEC VAX 11/750. Základnou vlastnosťou, ktorou sa odlišuje od ostatných expertných systémov, je skutočnosť, že báza znalostí bola konštruovaná zvlášť pre jednotlivé typy krajinných celkov. Celkove je v báze zahrnutých 9 parametrov (ročné obdobie, teplota ovzdušia, sila vetra, prítomnosť biomasy a trávinatej biomasy, stupeň nebezpečenstva požiaru, výška plameňov atď.), ktorých atribúty sa kladú do vzájomných vzťahov na základe expertných znalostí, čo umožňuje v konečnom dôsledku určiť rozsah škody spôsobenej požiarom a podľa potreby efektívne riadiť zásahy do jednotlivých krajinných celkov.

Expertné systémy GEM 1 a GEM 2 sú neskoršími verziami systému GEOMYCIN. Vytvorené boli pomocou jazyka PROLOG a sú určené pre osobné počítače typu AT, čo zvyšuje pružnosť pri ich zavádzaní do praxe. Oba systémy sa opäť využili pri problémoch predpovede „správania sa“ požiarov v austrálskych parkoch, ale s odlišnou bázou znalostí (108 pravidiel, 2 procedurálne funkcie a geografické dáta pre 64 regiónov), ale tiež pri hodnotení priechodnosti terénu v závislosti od geografických vlastností príslušného krajinného celku. Najmä druhá aplikácia systému GEM veľmi dobre dokumentuje vhodnosť použitia expertných systémov pri riešení priestorových problémov, kde konvenčné metódy neboli schopné poskytnúť uspokojivé výsledky [6]. Tento expertný systém bol vytvorený pre potreby austrálskej armády na určenie dopravnej priechodnosti terénu v rámci určitého regiónu v závislosti od jeho klimatických, vegetačných, pôdnych podmienok, tvarov povrchu terénu a tiež typu vozidiel. Báza znalostí je vytvorená pomocou 410 pravidiel a obsahuje geografickú databázu zloženú z 36 parametrov pre každý zo skúmaných 1500 regiónov. Systém tiež umožňuje spracúvanie kvalitatívnych a nekompletných informácií, čo je príznačné pre tento druh problémov.

Inou významnou aplikáciou expertných systémov úzko súvisiacich s geografickým výskumom je ich využívanie v územnom plánovaní, resp. pri plánovaní

miest (town planning). Na túto skutočnosť poukázal okrem iných i M. Leary [16], ktorý sa tiež podieľal na tvorbe takéhoto systému v rámci výskumnej úlohy na Oxfordskej Polytechnike. Tento systém je určený prevažne riadiacim pracovníkom zainteresovaným v procese územného plánovania pri vydávaní „konečných rozhodnutí“. Tomuto účelu je prispôbená aj báza znalostí expertného systému, založená na estetických, socioekonomických a politických znalostiach a skúsenostiach sformulovaných do určitých legislatívnych pravidiel a procedúr, ktoré umožňujú rýchly a efektívny spôsob rozhodovania sa bez výraznejších nárokov na hlbšie znalosti riešenej problematiky, ako aj výpočtovej techniky. Ako konkrétne príklady využitia expertných systémov v tejto oblasti možno uviesť vydávanie stavebných povolení, investičných rozhodnutí a pod.

Expertné systémy sa začínajú čoraz viac uplatňovať aj v iných oblastiach kľúčových pre geografický výskum, a to v diaľkovom prieskume Zeme, pri tvorbe a interpretácii kartografických zobrazení a zvyšovaní účinnosti geografických informačných systémov. Na základe podkladov podľa P. E. Fischera a kol. [9] uvedieme len ich stručný prehľad a základné charakteristické črty.

V oblasti diaľkového prieskumu Zeme sa začali expertné systémy vytvárať na uľahčenie interpretácie leteckých snímok a identifikáciu rozmanitých, na nich zaznamenaných objektov.

Systém AQUIFERS pomáha identifikovať jednotlivé prvky a tvary na snímkach realizovaných z družice LANDSAT MSS so špeciálnym zameraním na vyhľadávanie podzemných vôd. Okrem toho sa systém dobre uplatňuje aj pri školení odborníkov v oblasti diaľkového prieskumu Zeme.

Systém SRI ROAD SYTEM sa špecializuje na rozpoznávanie cestných línií z leteckých snímok. Obdobný charakter majú aj iné expertné systémy zamerané na identifikáciu riečnych tokov, jazier, ostrovov, mostov, letiskových plôch a pod.

Všeobecnú a automatickú interpretáciu digitalizovaných leteckých snímok umožňuje expertný systém VISIONS a významnou aplikáciou je nesporne aj systém NASA, určený na geologickú klasifikáciu zemského povrchu na základe satelitných snímok.

Expertné systémy využívané v oblasti kartografie sa zvyčajne zameriavajú na automatickú interpretáciu máp v snahe lepšie pochopiť jednotlivé kartografické zobrazenia, ako aj zlepšiť ich kvalitu podľa typu dát, mierky, komponentov mapy a pod. Na tento účel sú určené napr. systémy WERP, ktoré identifikujú meteorologické mapy, MAPSEEZ a iné [9].

Treba tiež spomenúť využitie expertných systémov pri činnosti geografických informačných systémov, kde pomáhajú získať lepší prehľad vo veľkých geografických súboroch a umožňujú ich efektívnejšie spracúvanie. Význam tohto problému v súčasnosti narastá, pretože rozsah informácií o území sa neustále zväčšuje a celkom reálne teda treba aj v budúcnosti uvažovať s rozsiahlejšími aplikáciami expertných systémov v tejto oblasti. Všeobecnými problémami expertných systémov pri tvorbe geografického informačného systému sa podrobnejšie zaoberajú W. J. Ripple a V. S. Ulshoefer [23].

V ČSFR nie je známych viacero spôsobov využívania expertných systémov pri riešení geograficky orientovaných problémov. Spomenúť možno aplikácie expertných systémov ako konzultačných systémov pri posudzovaní dôsledkov lokalizácie investičných zámerov pre ďalší rozvoj územia v TERPLAN Praha, ako aj ich nasadenie v rámci ISÚ [1]. URBION v spolupráci s Datasystémom

vyvinul systém SPACETALK, ktorý vychádza z objektovo orientovaného programovania a implementuje princípy umelej inteligencie pri reprezentácii poznatkov o priestorových systémoch v najrôznejších oblastiach vedy, techniky a riadenia. Systém SPACETALK sa môže využívať nielen ako expertný systém, ale aj ako interaktívny grafický a databázový systém.

ZÁVER

Rozšírenie aplikácií expertných systémov možno v súčasnosti pozorovať v mnohých vedných odboroch, ako aj priamo vo výrobe, obchode, službách a pod., pričom perspektívne možnosti ich využívania nepochybne sú aj v geografii. Oblasť použitia expertných systémov tu možno rozdeliť do dvoch základných rovín — roviny všeobecnej, ktorú predstavujú určité formy konzultačných systémov pri analýzach geograficky orientovaných dátových báz a následná tvorba a overovanie hypotéz a roviny riešenia konkrétnych geografických problémov, ktoré sú rutínnej povahy a vyžadujú si prítomnosť experta. Takáto forma využívania expertných systémov poskytuje zároveň širšie možnosti využívať geografické poznatky v spoločenskej praxi, a tým aj umožniť geografii stať sa ešte viac angažovanou a aplikovanou vedou, čo by v neposlednom rade ovplyvnilo aj jej postavenie v systéme vied.

LITERATÚRA

1. APLES '88. Zborník referátov. Dům techniky ČSVTS, České Budějovice 1988. — 2. BARTOŠ, P.: Expertné systémy: Prečo a kedy? Informačné systémy, 2, 1988, 133—138. — 3. DAVIS, J. R.: Geomycin: Towards a Geographic Expert System for Resource Management. *Journal of Environmental Management*, 21, 1985, 377—390. — 4. DAVIS, J. R., HOARE, R. L., NANNINGA, P. M.: Developing a Fire Management Expert System for Kakadu National Park. *Journal of Environmental Management*, 22, 1986, 215—227. — 5. DAVIS, J. R., NANNINGA, P. M., COCKS, D.: The Usefulness of Computer Aids that Captured Expert Knowledge About Land Management. In: *Demands on Rural Lands: Planning for Resource Use*, 1987, 197—207. — 6. DAVIS, J. R., LAUT, P.: Using an Expert System to Estimate Trafficability in a Remote Region of Australia. *Rukopis*, 1988. — 7. DAVIS, J. R., WHIGHAM, P., GRANT, I. W.: Representing and Applying Knowledge about Spatial Processes in Environmental Management. *Rukopis*, 1988. — 8. Expertné systémy. Zborník referátov 171/1987. Dům techniky ČSVTS, Bratislava 1987. — 9. FISCHER, P. F., MACKANESS, W. A., PEACEGOOD, G., WILKINSON, G.: Artificial Intelligence and Expert Systems in Geodata Processing. *Progress in Physical Geography*, 12, 1987, 371—388. — 10. FOTR, J.: Expertní systémy: vývoj, náplň, tvorba a využití. *Ekonomicko-matematický obzor*, 23, 1987, 241—258. — 11. FOTR, J.: Expertní systémy a operační analýza. *Ekonomicko-matematický obzor*, 23, 1988, 19—34. — 12. HARMON, P., KING, D.: Expert systems. *Artificial Intelligence in Business*. John Wiley and Sons, 1985. — 13. HAYES—ROTH, F., WATERMAN, D. A., LENAT, D. E., ed.: *Building Expert Systems*. Addison-Wesley, 1983. — 14. KUSIAK, A.: Designing Expert Systems for Scheduling of Automated Manufacturing. *Industrial Engineering*, 19, 1987, 42—46. — 15. KUSIAK, A., CHEN, M.: Expert Systems for Planning and Scheduling Manufacturing Systems. *European Journal of Operational Research*, 34, 1988, 113—130. — 16. LEARY, M.: Expert Systems in Planning: Two Responses to Issues Raised by Cullen. *Town Planning Review*, 57, 1987, 239—251. — 17. LEARY, M., RODRIGUEZ—BACHILLER, A.: The Potential of Expert Systems for Development Control in British Town Planning. In: *Movalee, D. S.: R and D in Expert Systems IV*. Cambridge

1988. — 18. LEONARD—BARTON, D.: The Case for Integrative Innovation: An Expert System at Digital. *Sloan Management Review*, 29, 1987, 7—19. — 19. LEONARD—BARTON, D., SVIOKLA, J. J.: Putting Expert Systems to Work. *Harvard Business Review*, 66, 1988, 91—98. — 20. MAŘÍK, V., ZDRÁHAL, Z.: Expertní systémy — nástroj pro řešení složitých úloh. *Vesmír*, 67, 1988, 30—34.

21. MARTÍNEK, M.: Expertní systémy. *Elektronika*, 12, 1988, 36—37. — 22. NOVÁK, D.: Expertní systémy. Výber informací z organizační a výpočetní techniky, 1, 1988, 19—26. — 23. RIPPLE, W. J., ULSHOEFER, V. S.: Expert Systems and Spatial Data Models for Efficient Geographic Data Handling. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53, 1987, 1431—1433. — 24. Umělá inteligence a expertní systémy. Výber informací z organizační a výpočetní techniky, 5, 1987, 579—588. — 25. WALKER, J., DAVIS, J. R., GILL, A. M. ed.: *Towards an Expert System for Fire Management at Kakadu National Park*. Technical Memorandum 85/2, Canberra 1985.

Павел Гапак

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГЕОГРАФИИ

В настоящее время экспертные системы представляют собой один из видов практического применения искусственной интеллигенции при решении сложных и плохо структурированных проблем неалгоритмического характера при помощи субъективных и эвристических методов. В общем в качестве экспертных систем можно считать такие программы ЭВМ, которые используют экспертные знания в целях симуляции деятельности эксперта в процессе решения сложных задач при помощи вычислительной техники.

Впервые экспертные системы появились уже в половине шестидесятых лет в области химии (ДЕНДРАЛ) и с тех пор можно наблюдать их дальнейшее применение также в других областях, как например, в медицине, геологии, математике, технике и др. Обширные возможности применения экспертных систем имеются также в географии, где они могут найти применение преимущественно при решении специфических проблем, связанных с пространственной организацией ландшафтной сферы, при дистанционном зондировании Земли, при идентификации картографических проекций, а также при создании и использовании географических информационных систем и т. п. Как раз эти формы использования экспертных систем позволяют географии преобразовываться в более прогрессивную и прикладную науку, что в конечном счете может оказать немалое влияние также на ее позицию в системе остальных наук.

Перевод: Л. П р а в д о в а

Pavel H a p á k

EXPERT SYSTEMS AND THE POSSIBILITIES OF THEIR UTILIZATION IN GEOGRAPHY

The expert systems represent at present one of practical applications of artificial intelligence utilized in solving complicate and ill-structuralized problems with a non-algorithmic character by means of subjective and heuristic methods. In general, such

computer programmes may be considered as expert systems that utilize an expert knowledge for simulating activity of an expert in solving complicate tasks by means of computer technique.

The expert systems first appeared as soon as the mid-sixties within chemistry (Dendral) and since that time their further applications may be followed also in other spheres, as for instance in medicine, geology, mathematics, technologies and so on. Extensive possibilities of applying expert systems appear also in geography, where they may find application particularly in solving specific problems connecting with spatial organization of the landscape sphere, in the Earth's remote sensing, in identifying cartographical projections as well as in activities of the geographical information systems and so forth. Just utilizing expert systems in such a form gives geography a possibility to become a science engaged and applied still more, which in final consequence may have a considerable influence also on its position in the framework of sciences.

Translated by A. Krajičír