

VEDECKÉ SPRÁVY

VLADIMÍR SERGEJEVIČ TIKUNOV*

**MODERNÉ PROSTRIEDKY VÝSKUMU SYSTÉMU
„SPOLOČNOSŤ—PRÍRODNÉ PROSTREDIE“**

Vladimir Sergejevich Tikunov: The Modern Tools of Research on the „Society—Natural Environment“ System. *Geogr. Čas.*, 41, 1989, 2; 63 refs.

The possibilities of the „society—natural environment“ system research using the geographic information systems are considered. New advances in the geoinformation technology are described. The expediency of developing spatio-temporal modelling methods and artificial intelligence is indicated. The new approaches to representation of the spatial characteristics of anthropogenic natural environment systems are characterized.

Otázkam ochrany prírody a jej racionálneho využitia sa venuje veľká pozornosť na celom svete. Posudzujú sa a rozhoduje sa o nich na medzinárodnej, národnej i regionálnej úrovni, venuje sa im konkrétna pozornosť i v ZSSR, napr. v štátnych programoch na vypracovanie „komplexu ekonomických, organizačných a právnych opatrení za účelom cielavedomej a prezieravej regulácie čoraz zložitejších vzťahov v systéme človek—spoločnosť—príroda“ [18]. Tieto aspekty v rámci skúmania celého systému sú predmetom výskumu viacerých vedných odborov, konkrétne aj geografie. Prebiehajú diskusie o vedúcej úlohe ekológie alebo geografie pri výskume antropogénno-prírodných systémov. Podľa nášho názoru tento problém je výrazne interdisciplinárny.

Podstata geografických výskumov vyúsťuje do komplexných výskumov územia z hľadiska fyzickej a socioekonomickej geografie súbežne so zohľadnením ekologického stavu. Do týchto komplexných výskumov preto patrí monitorovanie existujúceho stavu, jeho ekologická expertíza, návrh odporúčaní na racionálne využívanie zdrojov, na organizáciu hospodárenia a systému osídlenia, ochranu prírody a pod. Ak vezmeme do úvahy poznámku A. G. Isačenka [21] o tom, že socioekonomický aspekt nezahrňuje v sebe všetky stránky vzájomných vzťahov systému „spoločnosť—príroda“ a ak ponecháme bokom skúmanie prírodných zákonitostí, budeme ďalej uvažovať systém „spoločnosť—prírodné prostredie“.

* V. S. Tikunov, kand. geogr. vied, Geografičeskij fakultet Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta, Katedra geodezii i kartografii, Leninskije gory, 117 234 Moskva, SSSR.

Navrhuje sa celý rad odborných termínov na vymedzenie a pomenovanie oblasti skúmania antropogénno-prírodných systémov, konkrétne termín „sociálna ekológia“. Používa ho viaceró autorov, medziiným i geografov [3, 12, 15, 26, 28, 30, 34, 41, 44 a i.], ktorí dokazujú výhodnosť tohto termínu v porovnaní s inými termínmi, pretože zohľadňuje ekonomickú a inú činnosť [3, 28, 44].

Tak ako pri každom výskume, aj pri skúmaní antropogénno-prírodných systémov sa po vytýčení cieľov a úloh musíme zaoberať zberom a zhodnotením existujúcich východiskových podkladov. Stojíme teda pred úlohou informačného zabezpečenia výskumov, a preto našu pozornosť upriamime týmto smerom. V geografii vznikla zaujímavá situácia: informačný „výbuch“ koexistuje s informačným „hladom“. Časť geografov si sťažuje na nedostatok informácií, čo vedie k zjednodušovaniu konštatovaní, k hypotetizácii výskumov, k ich nedostatočnému kondicionovaniu a pod., iní naopak nestačia „hľtať“ hromady poznatkov. Je to paradox? Sotva. Je to skôr objektivný obraz živelne sa vytvorenej reality. Ak máme určitú informáciu, narábame s ňou a využívame ju racionálne? Žiaľ, vo väčšine prípadov nie. Veľmi zložitým sa stalo získavanie poznatkov o už dosiahnutých výsledkoch, ťažkopádne je ich zaobstarávanie — rezortné, dokonca i osobné bariéry sú často príčinou konzervácie informácií. Podľa nášho názoru, popri nedostatočnom nasadení elektronických zariadení, je to tiež jedna z príčin, ktoré brzdia rozvoj geoinformačnej tematiky.

Práce spojené s budovaním a využívaním geografických informačných systémov (GIS) sú známe vo svete už takmer štvrtstoročie, my však stále o nich hovoríme ako o novinke v geografii, a je to naozaj tak. Napríklad, v ZSSR sa prvé monografie na túto tému objavili až v polovici 80. rokov [25, 53].

V súčasnom chápaní sa GIS-y historicky vyvíjali na báze informačno-vyhľadávacích systémov, neskôr ako kartografické databanky. Na informačné systémy sa nazeralo ako na prvú etapu automatizovaného vyhotovovania máp, neskôr sa medzi funkcie GIS-ov (v ich širšom chápaní) zaraďovali bloky matematicko-kartografického modelovania a automatizovanej reprodukcie máp. Pri nazeraní na mapu ako na nástroj geografickej analýzy a po zavedení pod systému používania [23 a i.] sa GIS-y rozšírili aj na oblasť využívania máp. Prakticky všetky GIS-y (a vo svete sa ich počet ráta na stovky) majú medzi svojimi cieľmi aj tvorbu máp alebo využívajú kartografické podklady ako zdroj informácií.

Treba poznamenať, že medzi GIS-om a mapou je mnoho spoločného. Dokonca aj z čisto formálnej stránky štruktúra GIS-u sa člení napr. na územný a odvetvový (tematický) blok [25] alebo na metrický a tematický blok [38], ktoré sa príslušne označujú ako identifikačné a klasifikačné bloky [31, 45 a i.]. V prípade kartografického modelu týmto blokom zodpovedajú metrické charakteristiky mapového podkladu a špeciálna, čiže tematická náplň. V GIS-e sa využíva systém modelov, ktorý určuje súvislosť bázy údajov so spracovaním údajov, v inom prípade túto funkciu plní systém konvenčných značiek, ktoré viažu na seba obsahové a priestorové informácie atď.

Okrem toho úlohy GIS-u prekročili „múry svojho rodného domu“ — kartografie. Tieto úlohy sú základom integrácie tak geografických poddisciplín, ako aj ďalších (geologických, pôdnych a iných) disciplín pri komplexných systémových výskumoch, ktoré sú nevyhnutné pri skúmaní antropogénno-prírodných systémov. Zvlášť je to výrazné pri využití modelu poznatkov ako základu výstavby GIS-u. Takto široko chápanej koncepcii GIS-u protirečí úzko informačná, v skutočnosti technická koncepcia, keď sa GIS chápe ako systém zberu a úscho-

vy geografických údajov, ako nástroj fixácie objektov a charakteristík zemského povrchu, čo bolo úlohou geografie minulých storočí, ale realizuje sa to až teraz na modernej počítačovej úrovni, čo — ako sa výstižne spomína v práci [37] — je však návratom k opisu 19. storočia pomocou elektronických zariadení.

V súčasnosti možno GIS-y charakterizovať ako interakčné systémy, schopné realizovať zber, systematizáciu, úschovu, spracovanie, hodnotenie a vydávanie informácií a tiež ako prostriedok na získanie nových poznatkov o priestorovo-časových geografických javoch. Väčšina systémov je pritom automatizovaná. Poznávame však, že ako druhá krajnosť môžu existovať GIS-y aj bez počítačov. Pri súčasnom trende automatizácie to však treba považovať za neúčelné.

V poslednom čase sa v súvislosti s budovaním GIS-ov so „znalostnými“, intelektuálnymi schopnosťami nastoluje problém integračných systémov [22, 58 a i.]. Je to zvlášť pri riešení globálnych otázok monitorovania a modelovania životného prostredia, keď sa riešia jednotlivé časti úlohy vzhľadom na jej globálny charakter, plánovanie a riadenie využívania zdrojov, problémy ekologickej expertízy veľkých ekonomických projektov a i. [19, 32, 42, 60 a i.], čo sa uskutočňuje často s veľkou detailnosťou, ako napr. v projekte WDDDES, v ktorom sa pre vedy o životnom prostredí predpokladá podrobnosť lokalizácie informácií k plošným jednotkám s rozlišovacou schopnosťou 1 km pre celú zemeguľu [7] a pod.

Aktívne pokračujú práce na zdôvodňovaní a zakladaní báz údajov. Správne poznamenáva M. V. Panasjuk [37, s. 58]: „Pre geografov je zvlášť dôležitý rozvoj GIS-u z hľadiska rozšírenia jeho intelektuálnych funkcií, takých, ako organizácia styku s GIS-om na redukovanom prirodzenom jazyku, automatické zostavovanie programov (modelov) podľa zadaných zámerov, porozumenie, správne pochopenie situácií pri riadení geografického prostredia a pod. Vzniká preto nevyhnutnosť narábať v GIS-e nielen so zvyčajnými súbormi údajov, ale skôr so systémami poznatkov, ktoré odrážajú naše chápanie životného prostredia“. V poznatkových (znalostných) modeloch sa vyskytuje pojem „rámec“ (angl. frame). V danom prípade sa v počítači vytvára sémantická štruktúra podobná kryštalickej mriežke, v uzloch ktorej sú určité pojmy, zmena ktorých spôsobuje reakciu celého systému, hodnotenie stavu a správanie ktorého sa mení [14]. Takéto výskumy sa robia pre systémy umelého intelektu [1, 39, 40], k čomu sa ešte vrátíme.

Ak usudzujeme podľa publikovaných prác, v súčasnosti sú najefektívnejšie problémovo orientované GIS-y. Komplexný charakter výskumov antropogénno-prírodných systémov však vyžaduje budovať GIS-y všeobecného zamerania s možnosťou rýchleho preorientovania sa na riešenie tak čiastkových, ako aj všeobecnejších problémov, hoci to znamená podstatné zvýšenie nákladov. Podľa nášho názoru väčšina systémov ostane problémovo orientovaná s možnosťou vzájomnej integrácie pri riešení rozsiahlejších úloh.

Neriešia sa otázky územno-časovej usporiadanej informácií, čo je dôležité nielen z hľadiska unifikácie ich zberu, ale aj z hľadiska zisťovania optimálnej zhody s parametrami skúmaných systémov. Popri tom, že „údaje vzťahujúce sa k bodom a čiaram sa fixujú súradnicami po bodoch, v socioekonomickej geografii sa informácie často vzťahujú k územno-administratívne členeniu a pri skúmaní prírodných javov — k prirodzeným hraniciam, napr. k povodiam riek.

Sú prípady, že charakteristiky prírodných faktorov sa zbierajú podľa administratívnych celkov a naopak, socioekonomické charakteristiky podľa prírodných celkov. V takýchto prípadoch sa „lokalizácia“ javov k územiu zdôvodňuje nedostatkom iných údajov, tradičnými [nie vždy dostatočne zdôvodnenými] požiadavkami plánovacích orgánov a ďalšími príčinami, hoci sa vie, že takýto prístup je nedokonalý.

Na organizáciu štruktúry údajov sa v GIS-och používa vektorový alebo rastrový spôsob, prípadne kombinácia oboch spôsobov. V súčasnosti možno pozorovať zaujímavý rozvoj týchto spôsobov. K. Brassel [9] napr. navrhol rozvíjať vektorový spôsob pomocou topologickej štruktúry údajov a F. Bouillé [8] navrhol rozvíjať rastrový spôsob pomocou hypergrafickej štruktúry údajov (HBDS). Keďže rastrová diskretizácia údajov vyžaduje značné objemy strojovej pamäti, vypracovali sa konkrétne algoritmy, ktoré narábajú s plošne sa meniacimi sieťami [29, 52, 57 a i.]. Ukazuje sa, že na vystihnutie systému „spoločnosť—prírodné prostredie“ asi bude potrebné konštruovať osobitné siete, napr. meniace sa podľa miery antropogénneho vplyvu na prírodné prostredie [50], ďalej bude potrebné brať do úvahy hranice antropogénno-prírodných systémov [2] a neobmedzovať sa ani hranicami územno-administratívnych jednotiek [4] ani prírodnými hranicami, konkrétne povodiami [24] a pod.

Spracovanie informácií sa zakladá na systémoch matematických modelov. Ak vezmeme do úvahy veľký význam priestorových aspektov, v geografii možno vyčleniť tri druhy matematických modelov. Sú to:

- matematické modely, ktoré sa tvoria bez zohľadňovania priestorovej koordinácie javov a výsledky realizácie nie sú kartografické,
- matematické modely, výsledky ktorých síce sú v podobe mapy, ale v etape tvorby algoritmov sa priestorový aspekt neberie do úvahy,
- matematické modely, v ktorých bez zohľadnenia priestorovej polohy javov nie je možné robiť matematické výpočty [51].

Prvý druh modelov možno ilustrovať na príklade modelovania výrobných stykov priemyselných závodov, druhý druh na príklade kartografického vyjadrenia typológie poľnohospodárskeho využitia zeme a tretí druh na príklade výpočtu charakteristík potenciálu poľa osídlenia a pod.

Treba podčiarknuť dobrú perspektívu metód „priestorovej štatistiky“ [17, 54], pretože matematická štatistika nie je pre geografiu vhodne prispôbena. Ukazuje sa preto, že treba rozvíjať výskumy v oblasti metodiky priestorovej matematiky a ešte väčšmi priestorového modelovania, prípadne ak zdôrazníme priestorovo-časový charakter geografických javov — priestorovo-časového modelovania.

Druhým z druhov takéhoto modelovania je matematicko-kartografické modelovanie, ktorým sa rozumie systémová kombinácia matematických a kartografických modelov v systéme „tvorba — využívanie máp“, slúžiacich na geografické a iné výskumy [63]. Účelom takéhoto kombinačného modelovania je využívanie silných stránok (predností) každej svojej zložky: matematickej zložky na formalizáciu a automatizáciu výskumov geografických systémov a kartografickej zložky na získanie priestorovej názornosti. V rámci matematicko-kartografického modelovania možno pritom vytvárať nielen elementárne modely, pozostávajúce z jedného ohnivka, ale aj zložité, napr. reťazovité, sieťové či strojové kombinácie [48], v ktorých sa matematické modely a mapy akoby striedajú, a tak umožňujú optimalizovať proces modelovania, korigovať ho, nachá-

zdať možné chyby a pod. Veľký počet algoritmov a značné nasadenie výpočtovej techniky umožňuje modelovať variantne, čo sa odráža na formulácii cieľov, na informačnom zabezpečení, pri algoritmizácii i pri výstupoch (najmä grafických).

Krátko sa treba zmieniť aj o problémoch klasifikácie antropogénno-prírodných systémov. Súvisí to s tradičnou a jednou zo základných úloh geografie — s regionalizáciou. Možno súhlasiť s tým, že „teraz ľudstvo stojí na prahu novej vedecko-technickej revolúcie, v ktorej ako výrobná sila spoločnosti vystupuje informatika a umelý intelekt. Preto klasifikácia ako spôsob zovšeobecnenia a organizácie poznatkov nadobúda osobitný význam. Klasifikácia je potrebná na budovanie základov informatiky i umelého intelektu — báz údajov, ktoré musia obsahovať poznatky nazhromaždené ľudstvom v oblasti vedy, techniky a umenia. Nastal čas prudko zvýšiť tempá konštrukcií klasifikácií, zvýšiť ich kvalitu a znížiť náklady na ich vyhotovenie“ [56].

Úspechy geografie v tejto oblasti sú známe, nové úlohy však vyžadujú prehodnotiť rozvoj teórie a metód klasifikácií tak, aby sa dali použiť k systémom „spoločnosť—prírodné prostredie“. Pozornosť si vyžaduje vypracúvanie klasifikácií na báze neostrých množín [61]. V tomto prípade sa vzťah územných jednotiek k rôznym taxónom hodnotí mierou príslušnosti, ktorá sa mení v rozmedzí od 0 do 1. Vypracované sú špeciálne algoritmy, metodiky ich aplikácie v geografii a i. [16, 43, 47, 59, 62].

Ako sme už spomenuli, v geografii sa začali využívať práce súvisiace s umelým intelektom na modelovanie procesu poznania javov na spôsob imitácie určitých aspektov ľudského myslenia s využitím tzv. heuristických programov alebo pomocou vytvorenia „vedomostných“ systémov [32, 58]. Niektorí autori tvrdia, že výskumy v oblasti umelého intelektu majú nemenší význam ako všetky doterajšie výskumy [11]. Skúsenosti v geografii sú zatiaľ v porovnaní s inými vedami skromnejšie, ale niekoľko zaujímavých výsledkov sa už dosiahlo [6, 35, 46, 55]. Z hľadiska všeobecných výskumov [1, 20, 40] je konkrétne zaujímavé perspektívne hodnotenie javov bez rozkladu na časti, ktoré sa dá modelovať tradičným spôsobom. V tomto prípade sa vyhotovuje približný opis, detaily ktorého treba „dopracovať“ pomocou počítačových heuristických programov, pričom zvlášť dôležitá je charakteristika vzťahov a súvislostí medzi časťami objektu, čo je podstatné najmä v prípade zložitých geografických javov.

Súhrn výsledkov výskumov v oblasti umelého intelektu spracoval akademik G. S. Pospelov [39], ktorý vyčlenil 4 sféry, v ktorých sa skúmajú:

- systémy imitujúce jednotlivé tvorivé procesy,
- intelektuálne systémy, zakladajúce sa na poznatkoch, vedomostiach,
- nová architektúra počítačov,
- intelektuálne práce.

Zvlášť zaujímavé sú možnosti intelektuálnych informačno-vyhľadávacích systémov (ktoré sa v geografii realizujú na báze GIS-ov), výpočtovo-logických systémov (ktoré realizujú problémovo orientované knižnice modelov na riešenie geografických úloh rôznej zložitosti) a expertné systémy (dôležitosť ktorých je pre geografiu podstatná najmä vtedy, keď je nemožná formalizácia javov pomocou matematických modelov). G. S. Pospelov uvádza, že „štruktúra expertného systému pozostáva spravidla z týchto častí: z dorozumievacieho systému, zo znalostnej bázy (v ktorej sa akumulujú fakty a pravidlá — produkcie), z pracovného poľa pamäti (kde sa fixuje stav systému v procese výstupu), zo systé-

mu uskladnenia poznatkov (napr. z experimentálnych údajov) a zo systému, ktorý vysvetľuje používateľovi prečo a ako sa získal ten-ktorý záver“ [39, s. 93]. Prehľad použitia expertných systémov sa uvádza v práci [J0] a pre geografiu v práci [42]. Pri výskume systému „spoločnosť—prírodné prostredie“ by sa mohli expertné systémy využiť na klasifikáciu stavov antropogénno-prírodných systémov so zvláštnym zreteľom na regióny ekologických kríz a katastrof, hodnotenie racionálnosti využívania prírody, optimalizáciu systémov osídlenia, prognózu ekologických zmien a pod.

Pre geografiu je dôležité grafické vyjadrenie systémov. Na tento účel sa využívajú digitálne a fotografické kozmické snímky a ďalšie podklady vhodné na skúmanie dynamiky systémov, konkrétne napr. zmien antropogénnych účinkov na prírodné prostredie — často spolu s kartografickými a ďalšími podobnými podkladmi, okruh ktorých je značný [27]. Nevyhnutná je tiež vizualizácia výsledkov, pri ktorej má prvoradú úlohu kartografia, ktorá sa v súčasnosti búrlivo rozvíja najmä vďaka automatizácii systému „tvorba—využívanie máp“. Pri automatizácii reprodukcie obrazov, ktorá dokázala svoje výhody najmä pri vyhotovovaní jednorodých kartografických diel pre verejnosť, začala sa brať do úvahy nevyhnutnosť rýchleho preladenia a prestavby technických systémov, ako aj operatívnosť využitia matematického aparátu na plnenie rôznych atypických úloh, čo sa konkrétne zabezpečuje širokým sortimentom technických prostriedkov používaných v kartografii [49].

Treba sa ešte krátko zmieniť o spôsoboch vyjadrovania priestorovo-časových charakteristík antropogénno-prírodných systémov. Ak sa doteraz na tieto účely temer výlučne používali série máp stavu javov k určitým obdobiam, potom treba konštatovať, že v súčasnosti sa škála prostriedkov rozširuje — sú to napr. diafilmy a kartografické kinofilmy či videozáznamy. V práci [5] sa opisujú klady a nedostatky týchto obrazov, použitých na vyjadrenie dynamiky zmien krajiny Gruzínska, napr. s 24-hodinovým intervalom. Zaujímavý je pokus použiť multiplikácie na modelovanie dynamických situácií znečistenia životného prostredia priemyselnými exhalátmi v atmosfére [33], ako aj pokus priestorovo-časového holografického zobrazenia osídlenia územia USA za obdobie 180 rokov, pričom sa demonštruje „roztekание“ obyvateľstva z východu na západ [13], princíp ktorého by bol veľmi vhodný napr. na imitáciu difúzie znečistenia atmosféry alebo hydrosféry a pod.

LITERATÚRA

1. ANDREW, A.: *Iskusstvennyj intellekt*. Moskva, Mir 1985, 264 s. — 2. BAKARASOV, V. A.: *Problema granic prirodno-antropogennykh geosistem*. In: *Geografičeskije aspekty racionalnogo prirodopoznavanja*, Minsk 1985, s. 19—25. — 3. BAČINSKIJ, G. A.: *Nekotoryje teoretičeskije i prikladnyje voprosy sociaľnoj ekologii*. *Izvestija VGO* 117, 6, 1985, s. 543—552. — 4. BELAŠEV, A. A., SLUSARENKO, V. K., BORZILOV, N. V.: *Opyt ekologo-chozjajstvennogo rajonirovanija Vorošilovgradskoj oblasti*. *Izvestija AN SSSR, ser. geogr.* 1982, 5, 124—129. — 5. BERUČAŠVILI, N. L.: *Nekotoryje problemy sovremennoj kartografii*. *Izvestija VGO* 119, 1, 1987, s. 28—32. — 6. BERUČAŠVILI, N. L., KVINICHIDZE, K. S., ČAVČANIDZE, V. V.: *Formirovanije konceptov („výčislitelnykh počatij“) landšafta na osnove teorii iskusstvennogo konceptuaľnogo intelekta*. *Soobščeniija AN GSSR*, 81, 1, 1976, s. 57—60. — 7. BICKMORE, D.: *Scientific roles for the new cartography*. *Cartogr. J.*, 24, 1, 1987, s. 56—58. — 8. BOUILLÉ, C.: *Cartographie thématique informatique. Applications*. *Bol. Soc. geogr.*, Lisboa 1978, 1—3, 4—6, s. 5—54. — 9.

BRASSEL, K.: A topological data structure for multi-element map processing. Symposium on geogr. inf. systems 1978, 4, s. 18. — 10. BROOKING, A., JONES, P., COX, P.: Expertnyje sistemy. Principy raboty i primery. Red. Forsite, R. M: Moskva, Radio i svjaz 1987, 224 s.

11. COUCLELIS, H.: Artificial intelligence in geography: conjectures on the shape of things to come. Professional Geogr., 38, 1, 1986, s. 1—11. — 12. DMITREVSKIJ, Ju. D., LAVROV, S. B.: Ekonomiko-ekologičeskie problemy kapitalističeskich i razvivajuščichsja stran. Moskva, Prosveščeniye 1978, 152 s. — 13. DUTTON, G. H.: American graph fleeting, a computer-holograph map animation of United States population growth 1790—1970. Computer mapping in education research and medicine. Harvard University. Laboratory for computer graphics and spatial analysis, 1979, s. 53—62. — 14. FROLOV, V.: EVM obretajet intelekt. Pravda, 15. dec. 1986. — 15. GIRUSOV, E. V.: Sistema „obščestvo — priroda“ (Problemy socialnoj ekologii). Moskva, Vyd. MU 1976, 168 s. — 16. GITMAN, I.: An algorithm for nonsupervised pattern classification. IEEE Trans. on SMC, 3, 1, 1973, s. 66—73. — 17. GRIFFITH, D. A.: Toward a theory of spatial statistics: another step forward. Geogr. Anal., 19, 1, 1987, s. 69—82. — 18. GROMYKO, A.: Nasučnaja zadača Sovetov. Kommunist, 3, 1988, s. 12—26. — 19. GWYNNE, M. D.: GEMS and the need for a global resource information database. Sci. Total Environ., 56, 1986, s. 19—29. — 20. HUNT, E. B.: Artificial intelligence. New York, Acad. Press 1975, 558 s.

21. ISAČENKO, A. G.: Geografičeskie aspekty vzaimodejstvija prirody i obščestva i perspektivy integracii v geografii. Izvestija VGO, 119, 1, 1987, s. 3—13. — 22. JACKSON, M. J., MASON, D. C.: The development of integrated geoinformation systems. Int. J. Remote Sens., 7, 6, 1986, s. 723—740. — 23. KONEČNÝ, M., RAIS, K.: Geografické informační systémy. Folia přírodověd. fak. UJEP v Brně, 26, 13, 1985, 196 s. — 24. KORYTNYJ, L. M.: Geosistemno-gidrologičeskij podchod k prirodno-chozjajstvennomu rajonirovaniju. Geografija i prirodnyje resursy, 2, 1987, s. 152—158. — 25. KOŠKAREV, A. V., KARAKIN, V. P.: Regionalnyje geoinformacionnyje sistemy. Moskva, Nauka 1987, 128 s. — 26. KOTLAKOV, V. M.: Geografija i ekologičeskie problemy. Izvestija AN SSSR, ser. geogr., 6, 1987, s. 45—51. — 27. KRAVCOVA, V. I., TIKUNOV, V. S.: Informacionnaja obespečenost geografičeskich issledovanij. In: Tematičeskoje sistemnoje kartografirovanije s ispolzovanijem avtomatiki i distancionnych metodov. Moskva, MF VGO 1986, s. 70—86. — 28. LAVROV, S. B.: Teoretičeskie voprosy socialnoj ekologii i geografii. In: Geografo-ekologičeskie aspekty ekonomičeskogo i socialnogo planirovanija. Leningrad, GO SSSR 1980, s. 3—11. — 29. MARK, D. M.: Recursive algorithm for determination of proximal (thiessen) polygons in any metric space. Geogr. Anal., 19, 3, 1987, s. 264—272. — 30. MARKOV, Ju. G.: Socialnaja ekologija. Novosibirsk, Nauka 1986, 174 s.

31. MARTIN, G.: Organizacija baz dannyh v vyčislitel'nyh sistemach. Moskva, Mir 1980, 662 s. — 32. McKEOWN, D. M.: The role of artificial intelligence in the integration of remotely sensed data with geographic information systems. IEEE Trans. Geosci. and Remote Sens., 25, 3, 1987, s. 330—348. — 33. MOLOČKO, A. N.: Principy multiplikacii v kartografičeskom moderirovanii. In: Kartografičeskoje obespečenije osnovnyh napravlenij ekonomičeskogo i socialnogo razvitija USSR i jëjo regionov. Tez. dokl. 6. Resp. nauč. konf. Černovcy 1987, s. 214—215. — 34. MUKITANOV, N. K.: Institut geografii AN Kazachskoj SSR: istoki i perspektivy. Izvestija AN SSSR, ser. geogr., 5, 1987, s. 87—92. — 35. NYSTUEN, J. D.: Comment on „Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving“. Prof. Geogr., 36, 1984, s. 358—359. — 36. OPENSHAW, S.: An automated geographical analysis system. Environ. and Plann., 19, 4, 1987, s. 431—436. — 37. PANASJUK, M. V.: Geoinformacionnyje sistemy i matematiko-geografičeskoje modelirovanije. In: Matematiko-geografičeskoje modelirovanije territoriaľnyh sistem. Kazaň, Izd. Kazan. univ. 1984, s. 54—64. — 38. PETROV, P. V., SVENTEK, Ju. V.: Sistema chranenija i poiska kartografičeskoj informacii v AKS. In: Banki geografičeskich dannyh dla tematičeskogo kartografirovanija. Moskva, Izd. MU

- 1987, s. 105—113. — 39. POSPELOV, G.: Iskusstvennyj intellekt — osnova novoj informacionnoj tehnologiji. *Kommunist*, 1, 1988, s. 88—96. — 40. POSPELOV, G. S., POSPELOV, D. A.: Iskusstvennyj intellekt — prikladnyje sistemy. Moskva, Znanije 1985, 48 s.
41. REIMERS, N. F.: Ekologija čeloveka kak mežplanetarnaja otrasl'. In: *Teorija i metodika geografičeskich issledovanij ekologii čeloveka*. Moskva, Inst. geografii AN SSSR 1974, s. 23—28. — 42. ROBINSON, V. B., FRANK, A. U., BLAZE, M. A.: Expert systems and geographic information systems: review and prospects. *J. Surv. Eng.*, 112, 2, 1986, s. 119—130. — 43. ROLLAND-MAY, C.: La théorie des ensembles flous et son intérêt en géographie. *Espace géogr.*, 16, 1, 1987, s. 42—50. — 44. SAKSELCEVA, L. Ja.: K analizu objektivnoj osnovy socialnoj ekologii. In: *Obščestvo i priroda: Voprosy metodologii*. Saratov 1987, s. 60—67. — 45. SERBEŇUK, S. N., TIKUNOV, V. S.: Avtomatizacija v tematičeskoj kartografii. Moskva, Izd. MU 1984, 112 s. — 46. SMITH, T. R.: Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving. *Prof. Geogr.*, 36, 1984, s. 147—158. — 47. MAMURA, S., HIGUSHI, S., TANAKA, K.: Pattern classification based on fuzzy relations. *IEEE Trans. on SMC* 1971, v. SMC—1, N 1, s. 61—63. — 48. TIKUNOV, V. S.: Modelirovanije v socialno-ekonomičeskoj kartografii. Moskva, Izd. MU 1985, 280 s. — 49. TIKUNOV, V. S., ŠUSTROV, D. B.: Tehničeskije sredstva avtomatizirovanogo sozdanija kart. In: *Avtomatizacija v tematičeskoj kartografii*. Moskva, MF VGO 1985, s. 22—40. — 50. TIKUNOV, V. S.: Primenenije metodov modelirovanija tematičeskogo sodržanija kart v oblasti socialnoj ekologii. In: *Roľ geografii v uskorenii naučno- tehničeskogo progressa. Tez. dokl. VIII. sovešč. geografov Sibiri i Dal'nego Vostoka*, vyp. II, Irkutsk 1986, s. 113—115.
51. TIKUNOV, V. S.: Matematizacija tematičeskoj kartografii. Vladivostok 1986. 24 s. — 52. TOBLER, W. R., ZI-TAN CHEN: A quadtree for global information storage. *Geogr. Anal.*, 18, 4, 1986, s. 360—371. — 53. TROFIMOV, A. M., PANASJUK, M. V.: Geoinformacionnyje sistemy i problemy upravlenija okružajuščej sredoju. Kazan', Iz. Kazan. univ. 1984, 143 s. — 54. VASILEVSKIJ, L. I., POLAN, P. M.: Kartografirovanije parametrov territorialnyh struktur. In: *Teorija i metodika ekonomiko-geografičeskich issledovanij*. Moskva, MF VGO 1977, s. 34—47. — 55. VASMUT, A. S.: Iskusstvennyj intellekt v kartografii. *Materialy Vsesojuz. naučno-techn. konf. „Sostojanije i perspektivy razvitiija geodezii i kartografii“*. Moskva 1986, s. 95—102. — 56. Vtoraja Vsesojuznaja škola-seminar po metodologii i teorii klassifikacii „Sovremennoje sostojanije i perspektivy razvitiija učenija o klassifikacii“. Borok 1985, 41 s. — 57. WAUGH, T. C.: A response to recent papers and articles on the use of quadtrees for geographic information systems. *Proceedings second international symposium on spatial data handling*. Seattle 1986, s. 33—37. — 58. WILKINSON, G. G., FISHER, P. F.: Recent development and future trends in geo-information systems. *Cartogr. J.*, 24, 1, 1987, s. 64—70. — 59. YEE LEUNG: Basic issues of fuzzy set theoretic spatial analysis. *Pap. Reg. Sci. Assoc.*, 58, 1985, s. 35—46. — 60. YOUNG, J. A. T.: Remote sensing and an experimental geographic information system for environmental monitoring, resource planning and management. *Int. J. Remote Sens.*, 7, 6, 1986, s. 741—744.
61. ZADEH, L. A.: Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 1965, s. 338—353. — 62. ZHAO RUI, LIU ZHENG DONG: The use of fuzzy sets in the assessment of land resources. *Dili kexue (Sci. geogr. sin.)*. — v činštine, 5, 1, 1985, s. 68—72. — 63. ŽUKOV, V. T., SERBEŇUK, S. N., TIKUNOV, V. S.: Matematiko-kartografičeskoje modelirovanije v geografii. Moskva, Mysl' 1980, 224 s.

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВО — ПРИРОДНАЯ СРЕДА

В настоящее время в качестве наиболее важных в географии считаются комплексные исследования, охватывающие всю физическую и социально-экономическую географию. Интересы общества, однако, требуют, чтобы характер этих исследований был более широким, междисциплинарным. На передний план, поэтому, выдвигаются исследования антропогенно-природных систем, или же системы „общество — природная среда“.

Комплексный характер этих исследований нуждается в более обширном информационном обеспечении. Создаются географические информационные системы, но несмотря на то, что их в мире насчитываются сотни (разрабатываются уже более четверти века), географы продолжают говорить о них как о нечто новом. Географические информационные системы (ГИС) первоначально развивались на базе информационно-поисковых систем и позднее картографических банков данных. В настоящее время их можно рассматривать как интерактивные системы, способные реализовать сбор, систематизацию, хранение, обработку, оценку и распространение информации — но также как средство получения новых знаний о географических объектах и явлениях и, главным образом, о их пространственно-временных характеристиках.

Судя по литературе наибольший эффект в настоящее время дают проблемно-ориентированные ГИС, однако комплексные проблемы исследований антропогенно-природных систем требуют создания ГИС общего назначения с возможностями быстрого переназначивания средств как для решения частных, так и более общих задач.

Автором отмечаются некоторые недостатки существующих ГИС: не решены в них вопросы территориально-временной упорядоченности информации, не редки случаи „привязки“ информации о природных характеристиках к административной сетке и наоборот, информации о социально-экономических характеристиках к природным контурам и т. п.

Статья обращает внимание на организацию структуры данных ГИС и отмечает применение векторной и растровой форм, упоминая при этом их развитие при помощи топологической или же гиперграфовой структуры.

Автором различаются три разновидности математических моделей, применяемых в ГИС: модели, строящиеся без учета пространственного координирования явлений и результаты их реализации не подлежат картографированию (например, моделирование производственных связей промышленных предприятий), модели, результаты которых картографируются, но пространственный аспект не учитывается на этапе реализации математических алгоритмов (например, картографическое отображение типологии сельскохозяйственного использования земель) и, наконец, модели, в которых без учета пространственного положения явлений невозможно реализовать математические расчеты (например, расчет характеристик потенциала поля расселения). Поскольку математическая статистика для географии не является достаточно приспособленной, автором рекомендуется обращать внимание на развитие методов „пространственной статистики“ (пространственной математики, пространственного моделирования или же пространственно-временного моделирования).

Одной из разновидностей такого моделирования является математико-картографическое моделирование, под которым понимается системное сочетание математических и картографических моделей в системе „создание — использование карт“ и как средство географических и других исследований. Такое комбинационное моделирование призвано использовать сильные стороны каждой из компонент:

математической для формализации и автоматизации исследований географических систем и картографической для придания им пространственной наглядности.

Для дальнейшего развития комплексных географических исследований автором подчеркивается важность развития методов классификации и использования принципов искусственного интеллекта в целях моделирования процесса познания сложных явлений.

В заключении статьи уделяется внимание новым подходам графического отображения географических знаний — главным образом таким, которые позволяют изображать динамику развития явлений и их характеристик.

Перевод: Л. Правдова

Vladimir Sergeyevich Tikunov

THE MODERN TOOLS OF RESEARCH ON THE „SOCIETY — NATURAL ENVIRONMENT“ SYSTEM

At present complex researches are considered most significant in geography, namely those covering not only the entire physical and socio-economic geography, but requiring frequently a wider and interdisciplinary span due to interests of society. Therefore research on anthropogenic-natural systems, or the system „society — natural environment“ comes to the foreground.

The complex character of these researches requires also a wider information assurance. Geographical information systems (GIS) are built, which amount to hundreds in the world, but despite this fact they are adopted in geography still as an innovation (they began to develop a quarter of century easily). GIS-es developed in origin as information-research systems, later as cartographical data banks. At present they may be characterized as interacting systems able to realize collecting, systemizing, storing, processing, valuing and providing information, nevertheless also as a tool to obtain new knowledge on geographical objects and phenomena, in particular of their spatial-time characteristics.

Going out from a considerable amount of published papers, at present subject-oriented GIS-es are most spread, however, the complex character of the research on anthropogenic-natural systems requires building GIS-es of a wider to general aiming, which allow solving both partial and general problems.

The author states that there are some frequent limitations in GIS-es existing: they do not devote attention to the temporal-territorial arrangement of information, not rare are the cases of applying information of natural factors to the administrative units, and conversely, information of socio-economic factors to the natural wholes and so on.

Further, attention is paid in the paper to both vector and screen arrangement of information (i. e. to the structure) of GIS-es as well as to some ways of their development (topological and hypergraphical).

The author distinguished 3 kinds of mathematic models used in GIS-es: those being made without the basic spatial coordination of phenomena, the realization results not being cartographical (for instance, modelling production relations in industrial plants), those results of which, it is true, are map-shaped, nevertheless in the stage of forming algorithms the spatial aspect is not taken into consideration (for instance, a cartographical expression of the typology of agricultural land use) and at last those where without respect to the spatial position of phenomena no mathematical calculations may be made (for instance, calculating potential of a settlement field). Since mathematical statistics is not arranged expediently for geography, it is recommended to pay

attention to the development of methods of the „spatial statistics“ (spatial mathematics, spatial modelling, or also spatial-temporal modelling).

One of such kinds of modelling is mathematic-cartographical modelling, under which we understand a system combination of mathematic and cartographical models within the system „creating and utilizing maps“ serving for geographical and other purposes. The aim of such a combination modelling lies in employing advantages of both the respective components: the mathematical one aimed at formalizing and automating the researches on geographical systems and the cartographical one to obtain spatial illustration.

For the sake of further development of complex geographical researches the author suggests importance of both the development of classification methods and the utilization of principles of artificial intelligence for modelling the process of recognizing complicated phenomena.

In conclusion attention is paid to new approaches in graphics presentation of geographical knowledge, particularly to those allowing illustration of the dynamics of development of phenomena and their characteristics.

Translated by A. Krajičír