

ŠTÚDIE

JOZEF KRCHO,* EVA MIČIETOVÁ**

**GEOINFORMAČNÝ SYSTÉM O GEOGRAFICKEJ SFÉRE A KOMPLEXNÝ
DIGITÁLNY MODEL PRIESTOROVEJ ŠTRUKTÚRY AKO JEHO INTEGRÁLNA
SÚČASŤ**

Jozef Krcho, Eva Mičietová: Geoinformation System on the Geographical Sphere and the Complex Digital Model of Spatial Structure As Its Integral Component. *Geogr. Čas.*, 41, 3, 1989; 51 refs.

The problem of geoinformation systems with controlled base of positionally located data, the problem of both complex digital model of the relief and complex digital model of spatial structure as integral component of the geoinformation system on the landscape as a spatially organized complex are analysed. The geographical sphere is characterized as spatially organized system $S_G(P, T)$ and within it its subsystems S_{AG} — the socio-economic sphere, S_{FG} — the physico-geographical sphere, both interacting. In this connection the hydrometeorological information system METEOSYS realized in 1979 to 1985 at the Slovak Hydrometeorological Institute in Bratislava, the Regional Centre for Radiolocation Meteorology Malý Javorník [22, 23, 33, 34], is briefly outlined.

NÁČRT PROBLÉMU GEOINFORMAČNÝCH SYSTÉMOV

Problém geoinformačných systémov je už dlhšiu dobu v celosvetovom meradle vysoko aktuálny, pričom ich význam neustále narastá. Stále viac sa pritom kladie dôraz na geoinformačné systémy geografického typu, t. j. na geoinformačné systémy s riadenou bázou dát o krajine ako celku. Tieto systémy uchovávajú a spracúvajú údaje tak o jednotlivých zložkách krajiny, ako aj o krajine ako priestorovo vysoko organizovanom celku. Spracovanie údajov ako aj generovanie nových informácií z uchovávaných priestorovo lokalizovaných údajov o jednotlivých zložkách krajiny i o krajine ako celku tieto informačné systémy umožňujú pritom podľa ľubovoľne zadaných priestorových oblastí.

Potreba operatívneho spracovania veľkého množstva priestorovo lokalizovaných údajov so súčasným generovaním nových informácií úzko súvisí s inten-

* Doc. RNDr. Jozef Krcho, CSc., Prírodovedecká fakulta UK, Katedra fyzickej geografie a kartografie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; ** RNDr. Eva Mičietová, CSc., Geografický ústav CGV SAV, Obrancov mieru 49, 814 73 Bratislava.

zívnym využívaním jednotlivých zložiek krajiny človekom a s tým spojeným, nielen miestnym a regionálnym, ale i globálnym intenzívnym znečisťovaním krajiny a narúšaním väzieb v krajine. Intenzívne priestorové využívanie krajiny človekom, jej kontaminácia odpadovými plynými, tekutými a pevnými látkami, ako aj odpadovým teplom v celoplanetárnom rozsahu, má totiž za následok postupné narušenie jej autoregulačných mechanizmov v stále väčšom priestorovom rozsahu, ktoré krajina už častokrát nie je schopná sama obnoviť.

Priestorová interakcia

Socioekonomická sféra \rightleftharpoons prírodná časť krajiny a znalosť jej dôsledkov nadobúda pre človeka tak z hľadiska súčasnosti, ako aj budúcnosti zásadný význam. V tejto interakcii zohráva dôležitú úlohu aj georeliéf s jeho morfometrickými parametrami, ktorý je významným priestorovým diferenciačným činiteľom procesov v krajine. Preto je komplexný digitálny model reliéfu integrálnou súčasťou geoinformačného systému o krajine.

Narastajúca frekvencia porúch v krajine vyvoláva potrebu hlboko študovať jednak jednotlivé zložky krajiny, zákonitosti ich priestorového rozloženia a priestorovej diferenciacie a jednak vzájomné interakcie týchto zložiek, tesnosť väzieb medzi nimi, procesy v krajine s ich priestorovou diferenciaciou, ako aj priestorovú diferenciaciu krajiny ako celku. Súčasne, z hľadiska vypracúvania celkovej optimálnej stratégie využívania krajiny človekom, vyžaduje potrebu intenzívne študovať jednotlivé interakcie socioeconomickej sféry s jednotlivými zložkami krajiny a s prírodnou časťou krajiny ako celku.

Uvedené štúdium je popri základnom a aplikovanom výskume potrebné jednak z hľadiska vypracovania celkovej bilancie využívania tak jednotlivých zložiek krajiny i krajiny ako celku človekom a jednak z hľadiska vypracovania stratégie a operatívneho riadenia priestorovej aktivity spoločnosti na všetkých úrovniach riadiacich štátnych a ostatných orgánov tak, aby boli minimalizované poruchy v krajine spôsobené činnosťou človeka.

Splnenie takejto úlohy nie je však možné bez existencie teoreticko-metodicky koncepcne dobre prepracovaného geoinformačného systému so systémom riadenia bázy dát.

Z nášho hľadiska stručne poznamenajme, že potreba rýchleho spracovania veľkého množstva priestorovo lokalizovaných údajov z veľkých priestorových celkov na úrovni štátov, subkontinentov, kontinentov, či v celoplanetárnom rozsahu sa pre rôzne potreby riešila a rieši v rôznych štátoch koncipovaním a rozvojom geoinformačných systémov na rôznej úrovni komplexnosti. Ich úspešná realizácia závisela a závisí od teoretického prístupu, od stupňa teoreticko-metodického rozpracovania, od úrovne organizácie, ako aj od úrovne hardwaru a softwaru. Intenzívny rozvoj v oblasti teoretickej, aplikácej a hlavne v oblasti technickej už v 60-tych rokoch zo západných štátov mimo Európy zaznamenali v USA, v Kanade a v Japonsku, v Európe hlavne v NSR, Francúzsku, Veľkej Británii a Švédsku. Teoretické rozpracúvanie informačných systémov a potreba ich aplikácie bolo jedným zo silných impulzov pre rozvoj elektroniky. Budovanie rozsiahlejších informačných a geoinformačných systémov bolo však spočiatku brzdené stupňom rozvoja elektroniky. Rozvoj elektroniky a celkového hardwaru je však v polovici 70-tych rokov už taký intenzívny, a čo do stupňa integrácie vysoko pokročilý, že sa spätne stáva silným pozitívnym im-

pulzom pre ďalší rozvoj geoinformačných systémov. S nástupom 80-tych rokov dosiahol celkový vývoj hardwaru už taký stupeň, že umožnil rýchle spracovanie rozsiahlych súborov priestorovo lokalizovaných dát z veľkých priestorových oblastí Zeme.

Osobitne je však z hľadiska geoinformačných systémov potrebné posudzovať problém georeliéfu. Teória krajiny ako priestorovo organizovaného komplexu s vlastným špecifickým obehom látok, energie a informácie nebola predtým v anglosaskej literatúre vybudovaná v rámci žiadnej geovednej disciplíny, teda ani v rámci geografie, ani v rámci ekológie. Táto skutočnosť vtlačila v anglosaských zemiach a v zemiach anglosasky orientovaných silné črty aj koncepcii geoinformačných systémov. Geoinformačné systémy neboli koncepčne poňaté z hľadiska krajiny ako priestorovo organizovaného celku a nebol v nich ako ich súčasť obsiahnutý ani digitálny model reliéfu.

Digitálne modely reliéfu boli rozvíjané hlavne v rámci fotogrametrie a až neskôr aj v rámci kartografie, pričom ich aplikačné výstupy boli zamerané pre potreby projekcie, stavebníctva a pre vojenské potreby. Projektová a stavebná prax bola v počiatočných štádiách spolu s vojenskou sférou hlavným iniciátorom rozvoja digitálnych modelov. Tieto digitálne modely dostali názov digitálne modely terénu (DMT). Veľmi silný vývoj a rozšírenie DMT stimuloval tiež rozvoj diaľkového prieskumu Zeme a rozvoj raketovej techniky. Pre vojenské potreby bolo vypracovaných viacero DMT na rôznej úrovni komplexnosti vrátane potrieb samonavádzacích rakiet s plochou dráhou letu.

V dôsledku stále sa zhoršujúcej ekologickej situácie prechádzala aj ekológia v anglosaských zemiach na teoreticky širšie poňatú koncepciu krajiny ako priestorovo organizovaného komplexu. To podmienilo aj širšie štúdium georeliéfu ako súčasti krajiny a jeho vplyv na priestorovú diferenciáciu procesov v krajine. Georeliéf modelovaný pomocou DMT stáva sa už v súčasnej dobe integrálnou súčasťou geoinformačných systémov.

V štátoch RVHP je problém geoinformačných systémov rozpracovaný na rôznej teoretickej úrovni a v rôznom štádiu pokročilosti. Osobitne intenzívne rozvíjajú tento problém štáty RVHP zapojené do programu INTERKOZMOS. Predbežne je však v tomto smere z hľadiska rozsiahlejších a komplexnejšie poňatých geoinformačných systémov ešte stále veľkým problémom technicky spoľahlivý hardware vlastnej produkcie. Poznamenajme, že v nadväznosti na svetový vývoj, začali sa aj v ČSSR silne rozvíjať práce na informačných systémoch, geoinformačných systémoch a digitálnych modeloch georeliéfu. Boli to inštitúcie územného plánovania (TERPLAN v Prahe, URBION v Bratislave), ako aj rôzne inštitúcie z oblasti projekcie a výskumu. Informačné systémy boli však z rôznych hľadísk rozpracované na viacerých pracoviskách rôznych rezortov v ČSSR, vrátane rezortov geodézie a kartografie [8, 12, 13, 30, 31, 46]. Na viacerých pracoviskách projektových zložiek boli pre potreby projekcie a stavebníctva rozpracované digitálne modely a lokalizačné informačné systémy [30, 31, 46, 47, 48].

Geoinformačné systémy sú však rozpracúvané aj na ďalších pracoviskách v ČSSR, pričom ich koncepcia závisí od požadovaného cieľa. Vedeckými pracoviskami, ktoré intenzívne rozvíjajú problém geoinformačného systému geografického typu je Geografický ústav CGV SAV v Bratislave a Geografický ústav ČSAV v Brne.

Geoinformačný systém geografického typu, t. j. informačný systém koncepčne

schopný spracovávať a dávať do vzájomného súvisu rôzne priestorovo lokalizované údaje o rôznych prvkoch krajiny, bol pod názvom METEOSYS rozpracovaný na Slovenskom hydrometeorologickom ústave v Bratislave, Regionálne centrum pre rádiolokačnú meteorológiu Malý Javorník.

V súčasnej dobe báza dát tohto systému obsahuje údaje aerologické, klimatologické, údaje o čistote ovzdušia, hydrologické údaje, údaje o reliéfe, meteorologické, radarové, družicové údaje atď. Geoinformačný systém METEOSYS svojou koncepciou však umožňuje uchovávať, spracúvať a dávať do vzájomného súvisu ďalšie priestorovo lokalizované údaje o jednotlivých zložkách krajiny, a to tak z prírodnej časti krajiny — fyzickogeografickej sféry, ako aj zo socioeconomickej sféry [22, 23].

Integrálnou súčasťou geoinformačného systému METEOSYS je aj komplexný digitálny model reliéfu (KDMR) rozpracovaný v prácach [15, 16, 17, 18, 19, 24]. Automatizovaný systém komplexného digitálneho modelu reliéfu (AS KDMR) vypracovala E. Mičietová [33, 34, 35]. AS KDMR umožňuje dávať do súvisu podiel georeliéfu na priestorovej diferenciacii stavov atmosféry, hydrosféry, pedosféry, biosféry, ako aj na priestorovej diferenciacii stavov krajiny ako priestorovo organizovaného celku. Ako integrálna súčasť METEOSYSu bol AS KDMR budovaný v rokoch 1980—85 [22, 23, 33, 34]. Báza integrovaných údajov geoinformačného systému METEOSYS nateraz pozostáva zo subbázy družicových údajov, z rádiolokačnej subbázy a subbázy pozemných hydrometeorologických údajov [22, 23, 26, 33, 34].

Záujmová časť reálneho priestoru geografickej sféry uvažovaného v súradnicovej sústave $\langle O, \varphi, \lambda \rangle$ je pre geoinformačný systém METEOSYS vymedzená týmito geografickými súradnicami φ, λ rohových bodov

$$A_1 (\varphi_1 = +60^\circ; \lambda_1 = -10^\circ); A_2 (\varphi_2 = +60^\circ; \lambda_2 = +35^\circ) \\ A_3 (\varphi_3 = +35^\circ; \lambda_3 = -10^\circ); A_4 (\varphi_4 = +35^\circ; \lambda_4 = +35^\circ),$$

kde φ — geografická šírka, λ — geografická dĺžka od Greenwicke. Vymedzený reálny priestor geografickej sféry je zobrazený do zobrazovacieho priestoru kartografickej bázy údajov METEOSYSu, pričom jeho vlastnosti sú volené tak, aby spĺňali podmienky ekvivalentnosti [22, 23]. Preto je v súradnicovej sústave $\langle O, x, y \rangle$ zobrazený v Albersovom ekvivalentnom kužeľovom zobrazení na sečnej kužeľ určenom zobrazovacími rovnicami

$$x = \sqrt{\rho_1^2 + \frac{2R}{n} (\sin \varphi_1 - \sin \varphi) \cdot \cos (n \lambda)} \\ y = \sqrt{\rho_1^2 + \frac{2R}{n} (\sin \varphi_1 - \sin \varphi) \cdot \sin (n \lambda)}, \quad (1)$$

kde

$$\rho_1 = \frac{R \cos \varphi_1}{n}; \quad n = \sin \left(\frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2} \right) \cos \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right), \quad (1')$$

pričom $\varphi_1 = +42^\circ; \varphi_2 = +54^\circ$ sú sečné rovnobežky a R je polomer referenčnej guľovej plochy, ktorého veľkosť je vzhľadom na referenčný elipsoid určená ako stredný polomer krivosti pre $\varphi_0 = +48^\circ$ [22, 23, 33, 34]. Pre $\varphi = +60^\circ$ mo-

dul dĺžkového skreslenia $m_p = 0,9783$, $m_r = 1,0222$; pre $\varphi_0 = \{\varphi_1 + \varphi_2\}/2 = +48^\circ$ $m_p = 1,0055$, $m_r = 0,9945$ a pre $\varphi = +35^\circ$ $m_p = 0,9837$, $m_r = 1,0166$, čo je z hľadiska zvoleného cieľa postačujúce. Zo splnenej základnej podmienky ekvivalencie (modul plošného skreslenia $m_{p1} = m_r \cdot m_p = 1$) plynie, že ktorejkoľvek rovnakej časti zobrazovacieho priestoru je priradené na jednotku zobrazovacej plochy ekvivalentné množstvo informácie, alebo opačne, rovnaké množstvo informácie sa vzťahuje na rovnako veľkú plochu v ktorejkoľvek časti zobrazovacieho priestoru.

Poznamenajme však, že z hľadiska príslušných potrieb METEOSYS zároveň obsahuje Gauss-Krügerovo a Křovákovo zobrazenie, ako aj polohovú transformáciu údajov z Gauss-Krügerovho zobrazenia do Křovákovho zobrazenia a opačne.

Problematikou geoinformačného systému o krajine sa súčasne intenzívne zaoberá aj Centrum geovedného výskumu SAV, ktoré rozpracúva projekt GISu o krajine s riadenou bázou údajov pre vedecko-výskumné i aplikačné účely. Aby však boli budované geoinformačné systémy o krajine efektívne, musia byť z hľadiska krajiny ako celku i z hľadiska riadiaceho systému každého jedného GISu koncepčne budované tak, aby mohli byť navzájom prepojitelné.

V rámci Učebnovýskumného združenia [UVZ] pre komplexný výskum krajiny, v ktorom sú združené SHMÚ, Matematicko-fyzikálna a Prírodovedecká fakulta UK a Centrum geovedného výskumu SAV v Bratislave, je navrhnutý alternatívny projekt na vybudovanie GISu o krajine, ktorý by pre vedecko-výskumné, pedagogické a ďalšie účely slúžil všetkým pracoviskám združenia. Mal by byť koncepčne budovaný tak, aby mohol byť navzájom prepojitelný s METEOSYSom [26].

Z hľadiska distribúcie polohových údajov a generovaných polohových informácií pre rôznych užívateľov z oblasti vedy, výskumu a praxe, bude však pre oblasť SSR (príp. ČSSR) ako kartografickú bázou údajov potrebné zvoliť iné vhodné zobrazenie s ináč volenou súradnicovou sústavou $\langle O, x, y \rangle$, s iným počiatkom O , než je súradnicová sústava $\langle O, x, y \rangle$ Gauss-Krügerovho alebo Křovákovho zobrazenia [26].

Súčasne musí byť štruktúra bázy údajov a celková koncepcia GISu o krajine volená tak, aby umožňovala modelovať priestorovú štruktúru jednotlivých zložiek krajiny i krajiny ako celku vrátane socioekonomickogeografickej sféry a jej priestorovej interakcie s prírodnou časťou krajiny.

CHARAKTERISTIKA GEOGRAFICKEJ SFÉRY AKO PRIESTOROVO ORGANIZOVANÉHO SYSTÉMU VO VZŤAHU KU GEOINFORMAČNÉMU SYSTÉMU — HĽADISKÁ ZAVEDENIA SYSTÉMU

O geografickej sfére ako priestorovo organizovanom komplexe budeme v zmysle prác [27, 28, 29] uvažovať ako o priestorovo organizovanom systéme tak, aby ho bolo možné pomocou jeho geoinformačného systému študovať z rôznych hľadísk [29]. Každé hľadisko je pritom charakterizované nejakou množinou kritérií. Z nášho hľadiska sú najdôležitejšie nasledujúce kritériá:

1a) kritériá pre výber prvkov systému uvažovaného vždy z určitého hľadiska, ich vyjadrenie pomocou vhodne volených stavových veličín a aparát pre ich opis,

1b) kritériá pre stanovenie stupňa podrobnosti rozlíšenia prvkov systému, apa-

rát opisujúci stanovenie rozlišovacej úrovne a prechod z jednej rozlišovacej úrovne do druhej,

1c) kritériá a aparát pre štúdium vzťahov a závislostí, ako aj ich matematický opis tak, aby bolo možné všetky závislosti navzájom od seba významovo odlíšiť a vyjadriť,

1d) kritériá a aparát pre opis a správanie jednotlivých prvkov systému a kritériá pre opis a správanie sa systému ako celku,

1e) kritériá pre opis rôznych typov subsystémov v danom systéme a rôznych typov systémov, a to jednak podľa ich vzťahu k okoliu, ako aj podľa ich správania sa.

Uvažujme teda v zmysle práce [29] o ľubovoľnom objekte $O_i \in O$, ktorý nech pozostáva z celkovej množiny prvkov $A = [A_i]_{i=1}^n$, pričom nech zároveň existuje množina hľadísk $L = [L_i]_{i=1}^s$ tak, že každé hľadisko $L_i \in L$ je dané množinou kritérií K_i . Na základe toho môžeme pre každé $L_i \in L$ vytvoriť vždy príslušnú podmnožinu vybraných prvkov $A_i = [A_{ij}]_{j=1}^n \subset A$ tak, že medzi nimi navzájom existuje množina vzťahov R_i , pričom platí, že

$$\bigcup_{i=1}^s A_i = A \quad \bigwedge \quad \bigcap_{i=1}^s A_i \neq \emptyset.$$

Potom každému hľadisku $L_i \in L$ zodpovedá na danom objekte $O_0 \in O$ nejaký systém $S_i = \{A_i, R_i\}$. Je zrejmé, že v krajnom prípade $A_i = A, R_i = R$, takže $S = \{A; R\}$. Tento princíp platí pre všetky rozlišovacie úrovne.

V uvedenom zmysle pri štúdiu geografickej sféry ako objektu, môžeme na ňu zaviesť práve toľko systémov, z koľkých hľadísk $L_i \in L$ ju môžeme ako celok študovať. To isté potom platí aj o jej jednotlivých zložkách. Naším cieľom je základná formulácia tohto celku ako systému S_C z hľadiska vzájomného priestorového prieniku a interakcie jednotlivých uvedených sfér tak, aby bolo možné:

2a) vyhraničiť a vyjadriť geometrický priestor systému S_C a jeho jednotlivých sfér ako jeho subsystémov,

2b) ku každému ľubovoľnému bodu tohto priestoru priradiť množinu údajov o každej sfére a jej zložkách, ktoré sa v ňom nachádzajú,

2c) v každom bode referenčnej plochy Zeme formulovať v smere jej normály N_i v intervale $\langle H_D, H_H \rangle$ [27, 28, 29] množinu vertikálnych (topických) vzťahov medzi jednotlivými sférami geografickej sféry na rôznych, vopred zvolených rozlišovacích úrovniach s cieľom určiť a kartograficky modelovať priestorovú diferenciáciu týchto topických vzťahov,

2d) aby bolo možné formulovať množinu horizontálnych vzťahov, a to tak medzi jednotlivými sférami geografickej sféry, ako aj horizontálne vzťahy v rámci týchto sfér vždy v dvoch ľubovoľných susedných bodoch referenčnej plochy Zeme s cieľom určiť a kartograficky modelovať priestorovú diferenciáciu týchto vzťahov,

2e) aby bolo možné všetky údaje o jednotlivých sférach a ich zložkách, priradené k bodom jej geometrického priestoru vzťahovať v smere normál N_i do bodov na referenčnej ploche Zeme (takže tieto budú na nej vytvárať údajové dvojdimenzionálne polia) a tieto vo zvolenej mierke $1:M_i$ a rozlišovacej úrovni $\{U_M\}_i$ zobraziť do abstraktného (kartografického) priestoru.

Preto z hľadiska podmienok v bodoch 2b až 2d je výhodné voliť a usporiadať

prvky systému S_G tak, aby tieto v geografickej sfére reprezentovali jej jednotlivé základné sféry a ich zložky rozlíšené podľa zvolenej rozlišovacej úrovne U_M . Toto usporiadanie umožňuje v zmysle bodu 2b v priebehu času T , podľa zvolených časových intervalov ΔT , ku každej sfére nachádzajúcej sa v zmysle 2a v príslušnom bode geometrického priestoru polohovo priradiť usporiadanú množinu údajov charakterizujúcich jej stav v každom uvedenom príslušnom bode.

Zároveň to umožňuje v zmysle podmienky obsiahnutej v bode 2e zobraziť jednotlivé sféry geografickej sféry a všetky údaje o nich, ako aj vzťahy medzi nimi z množiny bodov referenčnej plochy Zeme do množiny bodov abstraktného zobrazovacieho priestoru kartografickej bázy údajov geoinformačného systému a kartograficky ich vyjadriť v digitálnej alebo grafickej forme.

Uvedený prístup k formulácii geografickej sféry s podmienkami uvedenými v bodoch 2a až 2e, umožňuje formulovať koncepciu vhodného geoinformačného systému. Štruktúra tohto systému vrátane štruktúry jeho kartografickej bázy údajov i usporiadania údajov zodpovedá v transformovanej podobe štruktúre reálneho systému S_G [28, 29]. Na základe toho možno v ľubovoľne vybranej časti z celkového záujmového priestoru priestorovo modelovať a kartograficky vo zvolenej mierke $1:M$ a jej zodpovedajúcej rozlišovacej úrovni $\{U_M\}_i$ zobraziť buď jednotlivé sféry z geografickej sféry a ich zložky, alebo vzájomné kombinácie týchto sfér v závislosti od topických a chórických väzieb, priestorovú diferenciáciu celého systému S_G s vyhraničením jeho jednotlivých priestorových jednotiek rôznych hierarchických úrovní atď.

Zvolená koncepcia takéhoto geoinformačného systému geografického typu umožňuje operatívne ho využívať v rôznej šírke podľa profilu a cieľových záujmov užívateľa. Zároveň takýto systém možno realizovať aj v zúženej podobe podľa záujmov príslušného užívateľa tak, že v kartografickej báze údajov sa udržiavajú iba tie druhy údajov a z tých jednotlivých sfér, ktoré sú pre užívateľa významné. V takomto geoinformačnom systéme však potom možno z topických a chórických väzieb modelovať iba tie väzby a medzi takými sférami s ich rozlíšenými zložkami, ktorých údaje sú v jeho kartografickej báze dát obsiahnuté.

Uvedený prístup neodporuje systémovému prístupu ku geografickej sfére z iných hľadísk a v dôsledku toho ani vypracúvaníu jej modelov z týchto hľadísk. Aj keď je teda rozdelenie prvkov v systéme S_G volené z uvedených dôvodov tak, že tieto v ňom reprezentujú jednotlivé sféry, možno v zmysle bodov 2b až 2e odvodiť z neho iné systémy, ktoré v rôznej šírke a z rôznych hľadísk opisujú geografickú sféru.

Poznamenajme, že základná teoretická koncepcia vychádzajúca z uvedeného prístupu v bodoch 2a až 2e bola postupne rozvíjaná už v predošlých prácach [14, 18, 19, 20, 21, 22, 23], ako aj v ďalších prácach, v ktorých bola táto problematika rozvíjaná s vyústením na komplexný digitálny model georeliéfu.

GEOGRAFICKÁ SFÉRA AKO PRIESTOROVO ORGANIZOVANÝ SYSTÉM S_G A JEJ GEOMETRICKÝ PRIESTOR — POLOHOVÉ PRIRADENIE ÚDAJOV V TVARE ÚDAJOVÉHO VEKTORA Q

O geografickej sfére ako o priestorovo organizovanom celoplanetárnom systéme S_G a jeho priestore vertikálne ohraničenom v smere normál N k referenčnej ploche Zeme zdola dolnou hranicou H_D a zhora hornou hranicou H_H

sme už podrobnejšie hovorili v prácach [20, 21, 28, 29]. Teraz tento problém načrtujeme z hľadiska formulácie geoinformačného systému geografického typu a jeho kartografickej bázy údajov o prvkoch systému S_G vo forme polohovo lokalizovaných údajových vektorov Q_i . O geografickej sfére ako o systéme S_G budeme teda uvažovať z hľadiska jej jednotlivých zložiek, ktoré v konečnom dôsledku vyjadrieme vo forme údajových vektorov Q_i .

Geografickú sféru teda v zhode s prácami chápeme ako celoplanetárnu oblasť vzájomného priestorového prieniku a interakcie jej základných prírodných zložiek a_1 — atmosféry, a_2 — hydrosféry, a_3 — litosféry, a_4 — pedosféry, a_5 — biosféry, vertikálne ohraničenú v smere normál k referenčnej ploche Zeme zdola dolnou hranice H_D a zhora hornou hranicou H_H , v ktorej sa nachádza aj človek (Ľudská spoločnosť). Nás pritom človek (Ľudská spoločnosť) zaujíma z hľadiska jej komplexnej priestorovej aktivity, ktorá je v interakcii s uvedenými prírodnými zložkami a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 a ktoré v oblasti vymedzeného priestoru geografickej sféry tvoria spolu jej prírodnú časť, fyzickogeografickú sféru. Ľudská spoločnosť s jej komplexne ponímanou priestorovou aktivitou tvorí socioekonomickogeografickú sféru.

Priestorovú oblasť geografickej sféry vymedzenú vzhľadom na referenčnú plochu Zeme vyjadříme v súradnicovej sústave $\langle O, \varphi, \lambda, h \rangle$, kde O — počiatok súradnicovej sústavy totožný so stredom S referenčnej plochy ($O \equiv S$), φ — zemepisná šírka, λ — zemepisná dĺžka, h — výška v smere normály N k referenčnej ploche meraná v intervale $\langle H_D, H_H \rangle$ buď v smere na vonkajšiu stranu referenčnej plochy ako nadmorská výška $\{+h\}$, alebo v smere na vnútornú stranu referenčnej plochy ako hĺbka pod hladinou mora $\{-h\}$. Referenčná plocha Zeme je pritom v súradnicovej sústave $\langle O, \varphi, \lambda \rangle$ určená nekonečnou množinou F polohovo určených bodov $A_i(\varphi_i, \lambda_i)$, kde

$$F = \{A_i(\varphi_i, \lambda_i)\}_{i=1, 2, \dots, \infty}. \quad (2)$$

Na každej normále N_i k referenčnej ploche prechádzajúcej jej bodom $A_i(\varphi_i, \lambda_i) \in F$ máme v zmysle prác v intervale $\langle H_D, H_H \rangle$ nekonečnú množinu N bodov $A'_{is}(\varphi_i, \lambda_i, h_{is})$, takže pre každé jedno $i = 1, 2, \dots$

$$N_i = \{A'_{is}(\varphi_i, \lambda_i, \pm h_{is})\}_{s=1, 2, \dots, \infty}. \quad (3)$$

Reálny geometrický priestor geografickej sféry je tak v súradnicovej sústave $\langle O, \varphi, \lambda, h \rangle$ určený množinou polohovo určených bodov

$$F_G = \{N_i\}_{i=1, 2, \dots, \infty} = \{\{A'_{is}(\varphi_i, \lambda_i, h_{is})\}_{s=1, 2, \dots}\}_{i=1, 2, \dots}. \quad (4)$$

Geografickú sféru teda v zmysle prác [27, 28, 29] chápeme ako celoplanetárny priestorovo organizovaný systém

$$S_G(P, T) = \{G_G(P, T), R_G(\Delta P, T)\}, \quad (5)$$

ktorý je v smere normál N_i k referenčnej ploche Zeme vertikálne ohraničený v intervale $\langle H_D, H_H \rangle$, kde $H_D = h_{min}$ je dolná hranica a $H_H = h_{max}$ je horná hranica geografickej sféry. Symbol $P = \varphi, \lambda, h$ vyjadruje absolútnu polohu vo vyhraničenej oblasti priestoru geografickej sféry a symbol $\Delta P = (\Delta\varphi_{ij}, \Delta\lambda_{ij}, \Delta h_{ij})$

vyjadruje relatívnu polohu vždy dvoch prvkov navzájom voči sebe a symbol T vyjadruje parameter času. V systéme (5)

$$G_G(P, T) = [g_i(P, T)]_{i=1}^{11} \quad (6)$$

je množina prvkov, ktorej jednotlivé prvky reprezentujú jednotlivé sféry tvoriace zložky geografickej sféry a $R_G(\Delta P, T)$ je množina závislostí $r_{ij}(\Delta P, T)$, a to jednak navzájom medzi prvkami množiny (6) a jednak medzi prvkami množiny (6) a okolím g_0 systému S_G . Do okolia g_0 systému S_G patrí jednak vnútro Zeme E pod dolnou hranicou H_D geografickej sféry a jednak vysoké vrstvy atmosféry nad hornou hranicou H_H geografickej sféry, ako aj príslušný kozmický priestor K ; teda $g_0 = [E, K]$.

V množine (6) môžeme teda vyjadriť dve podmnožiny $G_{AG}(P, T)$, $G_{FG}(P, T)$, kde

$$\begin{aligned} G_{AG}(P, T) &= [g_j(P, T)]_{j=1}^6 \equiv [e_j(P, T)]_{j=1}^6, \\ G_{FG}(P, T) &= [g_{6+k}(P, T)]_{k=1}^5 \equiv [a_k(P, T)]_{k=1}^5, \end{aligned} \quad (7)$$

pričom $G_{AG}(P, T)$ je podmnožina polohovo určených prvkov $g_j(P, T) \equiv e_j(P, T)$ reprezentujúcich na najnižšej rozlišovacej úrovni zvolené základné zložky socioekonomickej sféry a $G_{FG}(P, T)$ je podmnožina polohovo určených prvkov $g_{6+k}(P, T) \equiv a_k(P, T)$, ktoré na najnižšej rozlišovacej úrovni reprezentujú jednotlivé základné zložky fyzickogeografickej sféry. Jednotlivé prvky $g_j(P, T) \equiv e_j(P, T) \in G_{AG}(P, T)$ reprezentujú v zmysle prác tieto jednotlivé sféry: $g_1(P, T) \equiv e_1(P, T)$ — poľnohospodárska sféra, $g_2(P, T) \equiv e_2(P, T)$ — lesohospodárska sféra, $g_3(P, T) \equiv e_3(P, T)$ — priemyselná sféra, $g_4(P, T) \equiv e_4(P, T)$ — dopravná a komunikačná sféra, $g_5(P, T) \equiv e_5(P, T)$ — obytná (sídelná) sféra, $g_6(P, T) \equiv e_6(P, T)$ — obslužná a riadiaca sféra. Ako sme už uviedli, z iného hľadiska možno za prvky $g_j(P, T) \equiv e_j(P, T)$ zvoliť iné sféry, pričom môže byť aj $j > 6$.

Pretože v zmysle definície systému [27, 28, 29] medzi prvkami množiny $G_G(P, T)$ (6) existujú závislosti tak, že žiaden prvok z množiny $G_G(P, T)$ nie je izolovaný, existujú závislosti aj medzi prvkami oboch podmnožín (7), ktoré tvoria množiny závislostí $R_{AG}(\Delta P, T)$, $R_{RG}(\Delta P, T)$. V dôsledku toho môžeme v systéme $S_G(P, T)$ (5) vyjadriť dva navzájom interagujúce subsystémy

$$S_{AG}(P, T) = (G_{AG}(P, T), R_{AG}(\Delta P, T)); \quad S_{FG}(P, T) = (G_{FG}(P, T), R_{FG}(\Delta P, T)), \quad (8)$$

ktoré môžeme študovať ako samostatné systémy. Aby však priestorové rozloženie prvkov množín (7) bolo možné v kartografickej báze údajov geoinformačného systému priestorovo vyjadriť a podľa potreby užívateľa ich s výstupom na mapu pomocou grafických systémov zobrazit', zvýšme rozlišovaciu úroveň tak, že prvky $g_j(P, T) \equiv e_j(P, T) \in G_{AG}(P, T)$, $g_{6+k}(P, T) \equiv a_k(P, T) \in G_{FG}(P, T)$ rozlíšime ako usporiadané množiny

$$g_j(P, T) \equiv e_j(P, T) = [e_{ji}(P, T)]_{i=1}^{m_j}; \quad g_{6+k}(P, T) \equiv a_k(P, T) = [a_{kj}(P, T)]_{j=1}^{n_k} \\ \text{pre } j = 1, 2, \dots, 6 \quad k = 1, 2, \dots, 5, \quad (9)$$

ktoré v zmysle prác [28, 29] môžeme tiež vyjadriť v tvare

$$\text{pre } f = 1, 2, \dots, 6 \quad \text{pre } k = 1, 2, \dots, 5, \quad (10)$$

$$Ge_f(P, T) = [e_{fi}(P, T)]_{i=1}^{m_f}; \quad Ga_k(P, T) = [a_{kj}(P, T)]_{j=1}^{n_k}$$

takže

$$G_{AG}(P, T) = [e_f(P, T)]_{f=1}^6 = [[e_{fi}(P, T)]_{i=1}^{m_f}]_{f=1}^6, \quad (11)$$

$$G_{FG}(P, T) = [a_k(P, T)]_{k=1}^5 = [[a_{kj}(P, T)]_{j=1}^{n_k}]_{k=1}^5.$$

Medzi rozlíšenými prvkami množín (10), (11) existujú množiny vzájomných závislostí $Re_f(\Delta P, T)$, $Ra_k(\Delta P, T)$ tak, že žiaden prvok v nich nie je izolovaný. Jednotlivé sféry reprezentované prvkami množín (10) môžeme v zmysle prác v oblasti ich priestorového prieniku charakterizovať ako navzájom interagujúce subsystémy

$$Se_f(P, T) = (Ge_f(P, T), Re_f(\Delta P, T)); \quad Sa_k(P, T) = (Ga_k(P, T), Ra_k(\Delta P, T))$$

$$f = 1, 2, \dots, 6 \quad k = 1, 2, \dots, 5, \quad (12)$$

ktoré môžeme tiež študovať ako samostatné systémy.

Na tejto rozlišovacej úrovni možno už v kartografickej báze dát geoinformačného systému obsiahnuť, z neho s výstupom na mapu zobraziť a študovať

a) priestorové rozloženie jednotlivých zložiek každej z uvedených sfér reprezentovaných prvkami množín (10),

b) priestorové rozloženie vzájomných vzťahov medzi prvkami množín (10),

c) priestorové rozloženie prvkov množín (11) a priestorové rozloženie vzťahov medzi nimi.

Aby však bolo možné prvky množín (10), (11) uložiť do kartografickej bázy dát geoinformačného systému, je potrebné prvky pomocou kódov navzájom od seba významovo odlišiť a každý prvok v zmysle prác [20, 22, 23, 28, 29] vyjadriť pomocou usporiadanej množiny stavových veličín, ktoré v každom zvolenom časovom momente T charakterizujú jeho celkový stav. Celkový stav každého systému $Se_f(P, T)$, $Sa_k(P, T)$ je určený celkovým stavom $Ze_f(P, T)$, $Za_k(P, T)$ množiny jeho prvkov $Ge_f(P, T)$, $Ga_k(P, T)$ (10), pričom celkové stavy množín (10) sú určené celkovými stavmi $Z_{fi}(P, T)$, $Z_{kj}(P, T)$ ich prvkov $e_{fi}(P, T) \in Ge_f(P, T)$, $a_{kj}(P, T) \in Ga_k(P, T)$, takže

$$Ze_f(P, T) = [Z_{fi}(P, T)]_{i=1}^{m_f}; \quad Za_k(P, T) = [Z_{kj}(P, T)]_{j=1}^{n_k}, \quad (13)$$

pre každé jedno $f = 1, 2, \dots, 6$,

pre každé jedno $k = 1, 2, \dots, 5$.

Stavovými veličinami, ktorými sú v každom časovom momente určené celkové stavy prvkov $e_{fi}(P, T)$, $a_{kj}(P, T)$, sú jednotlivé fyzikálnochemické, chemické a ďalšie matematicky určené kvantitatívne parametre, ktoré spolu tvoria usporiadanú množinu

$$P_G = [Z_i]_{i=1}^m. \quad (14)$$

Každý jeden prvok $Z_i \in P_G$ reprezentuje jeden druh parametra. Výsledne, v zmys-

le práce [29] uvedme, že veľkosti parametra z množiny (14) sa pohybujú v čase T v určitom intervale, ktorý sa mení spolu s polohou P . Z celkovej parametrickej bázy (14) možno v zmysle prác [28, 29] pre každý jeden prvok e_{ji} (P, T), a_{kj} (P, T) vybrať takú usporiadanú podmnožinu parametrov

$$Z_{ji}(P, T) = [Z_{ip}(P, T)]_{p=1}^{u_p}; Z_{kj}(P, T) = [Z_{jq}(P, T)]_{q=1}^{v_q} \quad (15)$$

pre každé jedno $f = 1, 2, \dots, 6$, $i = 1, 2, \dots, m_f$ a pre každé jedno $k = 1, 2, \dots, 5$, $j = 1, 2, \dots, n_k$, ktorou je opísaný jeho celkový stav. Preto (13) vyjadríme v tvare

$$\begin{aligned} Z_{e_f}(P, T) &= [Z_{ji}(P, T)]_{i=1}^{m_j} = [[Z_{ip}(P, T)]_{p=1}^{u_p}]_{j=1}^{m_f}, \\ Z_{a_k}(P, T) &= [Z_{kj}(P, T)]_{j=1}^{n_k} = [[Z_{jq}(P, T)]_{q=1}^{v_q}]_{k=1}^{m_k}. \end{aligned} \quad (16)$$

Ku každému bodu $A_{is}(P_{is}) \in F_G$ na i -tej normále N_i k referenčnej guľovej ploche budú teda priradené údaje (16) v tvare usporiadanej množiny

$$\{Z_{AC}(P_{is}, T), Z_{FG}(P_{is}, T)\} = \{[Z_{e_f}(P_{is}, T)]_{f=1}^6, [Z_{a_k}(P_{is}, T)]_{k=1}^5\}. \quad (17)$$

Usporiadanú množinu (17) môžeme teda považovať za údajový vektor

$$\mathbf{Q}_{is}(T) = \{Q_{AG, is}(T), Q_{FG, is}(T)\} = \{[Z_{e_f}(T)]_{f=1}^6, [Z_{a_k}(T)]_{k=1}^5\} \quad (18)$$

priradený ku každému bodu $A_{is}(P_{is}) \in F_G$ reálneho priestoru geografickej sféry. Dostávame tak polohový údaj o stavoch prvkov systému $S_G(P, T)$ a ich priestorovom rozložení, ktorú vyjadríme v tvare

$$A^*_{is}(P_{is}), \mathbf{Q}_{is}(T) = A^*_{is}(\varphi_i, \lambda_i, h_{is}), \mathbf{Q}_{is}(T). \quad (19)$$

Na každej normále N_i dostávame teda množinu bodov $\{M_Q\}_{is}$ s polohovo priradenými údajovými vektormi, ktorá pre každé jedno $i = 1, 2, \dots$ tvorí triedu

$$\{M_Q\}_i = \{A^*_{is}(\varphi_i, \lambda_i, h_{is}), \mathbf{Q}_{is}(T)\}_{s=1, 2, \dots, \infty}. \quad (20)$$

Pre celý reálny priestor geografickej sféry dostávame potom množinu bodov s priradenými údajovými vektormi

$$\{F_G\}_Q = \{\{M_Q\}_{i=1, 2, \dots, \infty} = \{A^*_{is}(\varphi_i, \lambda_i, h_{is}), \mathbf{Q}_{is}(T)\}_{s=1, 2, \dots}\}_{i=1, 2, \dots}. \quad (21)$$

Množina (21) tvorí údajovú množinu o priestorovom rozložení stavov systému $S_G(P, T)$ a jeho subsystémov $S_{AG}(P, T)$, $S_{GF}(P, T)$, $S_{e_f}(P, T)$, $S_{a_k}(P, T)$. Je vhodná z hľadiska obsiahnutia všetkých požadovaných údajov o reálnom systéme $S_G(P, T)$ v jeho geoinformačnom systéme s definovaným abstraktným zobrazovacím priestorom a kartografickou bázou dát. Najprv je však potrebné vzťahnúť množiny (21) na referenčnú plochu Zeme. Ak veličiny h_{is} ($s = 1, 2, \dots$) na i -tej normále N_i priradíme ako skaláry k údajovým vektorom $\mathbf{Q}_{is}(T)$ v tvare $h_{is}, \mathbf{Q}_{is}(T)$, môžeme ich vyjadriť ako usporiadané množiny

$$\{h_{is}, \mathbf{Q}_{is}(T)\}_{s=1, 2, \dots, \infty} = \{h_{is}(\mathbf{Q}_{AG, is}(T), \mathbf{Q}_{FG, is}(T))\}_{s=1, 2, \dots, \infty} = \mathbf{Q}_i(T), \quad (22)$$

priradené k bodom $A_i(\varphi_i, \lambda_i) \in F \subset F_G$ ($i = 1, 2, \dots, \infty$) referenčnej plochy Zeme. Každé množine $\{M_Q\}_i$ (20) bude teda na referenčnej ploche Zeme pre každé jedno $i = 1, 2, \dots, \infty$ zodpovedať množina

$$\{ {}_R M_Q \}_i = A_i(\varphi_i, \lambda_i), \{h_{is}, \mathbf{Q}_{is}(T)\}_{s=1, 2, \dots} = A_i(\varphi_i, \lambda_i) \mathbf{Q}_i(T). \quad (23)$$

Index R v (23) vyjadruje skutočnosť, že pre každé jedno $i = 1, 2, \dots$ ide o usporiadanú množinu polohovo určených údajových vektorov, ktoré v každom i -tom bode $A_i \in F$ tvorí na referenčnej ploche údajový vektor $\mathbf{Q}_i(T)$ (22). Pre celú referenčnú plochu dostávame tak množinu polohovo lokalizovaných údajových vektorov

$$F_Q = \{ \{ {}_R M_Q \}_i \}_{i=1, 2, \dots, \infty} = \{ A_i(\varphi_i, \lambda_i), \mathbf{Q}_i(T) \}_{i=1, 2, \dots, \infty}, \quad (24)$$

ktorá na tejto ploche tvorí vektorové údajové pole. Referenčná plocha je bázou tohto údajového vektorového poľa. Podrobne pozri [20, 23, 29].

Charakterizujme teraz z hľadiska potrieb kartografickej bázy údajov geoinformačného systému vymedzený priestor geografickej sféry určený množinou (21) v diskretnom tvare [29] tak, že bude opísaný konečnou a z hľadiska zvolenej mierky $1:M$ reprezentatívnou množinou bodov $\{ {}_D F_G \}_Q$ s priradenými údajovými vektormi, kde

$$\{ {}_D F_G \}_Q = \{ \{ {}_D M_Q \}_i \}_{i=1}^n = \{ [A^*_{is}(\varphi_i, \lambda_i, h_{is}), \mathbf{Q}_{is}(T)]_{s=1}^m \}_{i=1}^n. \quad (25)$$

Body $A_i(\varphi_i, \lambda_i)$ referenčnej plochy z tejto množiny sú rozmiestnené diskretné s odstupom po $\Delta\varphi$, $\Delta\lambda$, Δh . Množine (22) bude potom zodpovedať množina

$$\{h_{is}, \mathbf{Q}_{is}(T)\}_{s=1}^m = \{h_{is} \mathbf{Q}_{AG, is}(T), \mathbf{Q}_{FG, is}(T)\}_{s=1}^m = {}_D \mathbf{Q}_i(T) \subset \mathbf{Q}_i(T) \quad (26)$$

množine (23) množina

$${}_D \{ {}_R M_Q \}_i = A_i(\varphi_i, \lambda_i) \{h_{is}, \mathbf{Q}_{is}(T)\}_{s=1}^m = A_i(\varphi_i, \lambda_i), \{ {}_D \mathbf{Q}_i \}_i(T) \subset \{ {}_R M_Q \}_i, \quad (27)$$

a množine (24) bude zodpovedať množina

$${}_D F_Q = \{ \{ {}_D \{ {}_R M_Q \}_i \}_i \}_{i=1}^n = \{ A_i(\varphi_i, \lambda_i), \{ {}_D \mathbf{Q}_i \}_i(T) \}_{i=1}^n \subset F_Q, \quad (28)$$

ktorá tvorí na referenčnej ploche Zeme diskretné údajové vektorové pole. Reprezentatívna množina (28) reprezentuje v mierke $1:M$ rozloženie prvkov a stavov systému $S_G(P, T)$ v tomto priestore. Diskretné údajové pole (28) je zároveň priamym podkladom pre operáciu zobrazenia do abstraktného zobrazovacieho priestoru, v ktorom je pre uvažované mierky $1:M$ a ich rozlišovacie úrovne U_M v geoinformačnom systéme definovaná kartografická báza komplexnej údajovej základne, vrátane komplexného digitálneho modelu reliéfu.

Tým sú vytvorené všetky predpoklady pre operáciu zobrazenia reálneho systému $S_G(P, T)$ a jeho reálneho priestoru do abstraktného zobrazovacieho (kar-

grafického) priestoru, v ktorom je definovaná kartografická báza údajov geoinformačného systému.

ZOBRAZOVACÍ PRIESTOR REÁLNEHO PRIESTORU GEOGRAFICKEJ SFÉRY A KARTOGRAFICKÁ BÁZA ÚDAJOV GEOINFORMAČNÉHO SYSTÉMU GEOGRAFICKÉHO TYPU — ÚPLNÁ OPERÁCIA ZOBRAZENIA

Uvažujme v karteziánskej súradnicovej sústave $\langle O, x, y, z \rangle$ o abstraktnom zobrazovacom priestore, určenom množinou bodov

$$E_G = \{ \{A_{is} (x_i, y_i, z_{is})\}_{s=1, 2, \dots, \infty} \}_{i=1, 2, \dots, \infty}, \quad (29)$$

do ktorej sa zobrazí množina bodov F_G reálneho geometrického priestoru geografickej sféry. Zobrazovacia rovina $\{x, y\}$ zobrazovacieho priestoru určená množinou bodov

$$E = \{A'_i (x_i, y_i)\}_{i=1, 2, \dots, \infty}, \quad (30)$$

je skalárnou bázou, do ktorej sa jednoznačne zobrazí referenčná plocha Zeme ako skalárna báza reálneho priestoru systému $S_G(P, T)$. Zobrazenie musí však spĺňať podmienky jednoznačnosti. Tá istá podmienka jednoznačnosti musí však platiť aj pre zobrazenie údajového vektora $Q_{is}(T)$ priradeného ku každému bodu $A^*_{is}(\varphi_i, \lambda_i, h_{is}) \in F_G$, t. j. $A_{is}(\varphi_i, \lambda_i, h_{is}), Q_{is}(T)$, kde údajový vektor $Q_{is}(T)$ priradený k bodu $A^*_{is} \in F_G$ reálneho priestoru sa jednoznačne zobrazí do údajového vektora $(Q_E)_{is}(T)$ priradeného k bodu $A^*_{is} \in E_G$ zobrazovacieho priestoru, t. j. $A^*_{is}(x_i, y_i, z_{is}), (Q_E)_{is}(T)$. Index E vyjadruje, že ide o zobrazený údajový vektor.

V zobrazovacom priestore každého konkrétne realizovaného geoinformačného systému však zobrazený vektor $(Q_E)_{is}(T)$ spravidla neobsahuje všetky zložky z vektora $Q_{is}(T)$ reálneho priestoru, ale vždy len vybrané zložky podľa poradia, takže v každom realizovanom geoinformačnom systéme je toto zobrazenie potom homomorfné. Preto vektor $Q_{is}(T)$ zobrazený v zobrazovacom priestore kartografickej bázy dát geoinformačného systému označíme symbolom $(Q_{EI})_{is}(T)$. Počet vybraných a zobrazených zložiek vektora $(Q_{EI})_{is}(T)$, a teda aj miera jeho homomorfie závisí od definovaného cieľa a technických prostriedkov príslušného geoinformačného systému.

So zobrazením vymedzeného reálneho priestoru geografickej sféry a jeho referenčnej plochy do abstraktného zobrazovacieho priestoru sa zobrazujú aj normály N_i k referenčnej ploche Zeme. Normálam N_i k referenčnej ploche Zeme budú v zobrazovacom priestore zodpovedať normály $N'_i \equiv z_i \perp \{x, y\}$. Množine bodov $(F_G)_Q$ bude tak v zobrazovacom priestore zodpovedať množina

$$\begin{aligned} (E_G)_Q &= \{M'_Q\}_{i=1, 2, \dots, \infty} = \{ \{A^*_{is}(x_i, y_i, z_{is}), Q_{is}(T)\}_{s=1, 2, \dots, \infty} \}_{i=1, 2, \dots, \infty} \\ &= \{ \{A^*_{is}(x_i, y_i, z_{is}), (Q_{AC,E})_{is}(T), (Q_{FG,E})_{is}(T)\}_{s=1, 2, \dots, \infty} \}_{i=1, 2, \dots, \infty}. \end{aligned} \quad (31)$$

Vyjadrieme teraz zobrazovací priestor v diskretnom tvare ako zobrazenie diskretného reálneho priestoru. Množine $(D F_G)_Q$ (25) bude v zobrazovacom priestore zodpovedať množina

$$({}_D E_G)_Q = [M'_Q]_{i=1}^n = [[A''_{is}(x_i, y_i, z_{is}), (Q_E)_{is}(T)]_{s=1}^m]_{i=1}^n. \quad (32)$$

Body $A''_{is}(x_i, y_i, z_{is})$ zobrazovacieho priestoru sú rozmiestnené diskkrétne s odstupom po $\Delta x, \Delta y, \Delta z$. Množine (26) bude zodpovedať množina

$$[z_{is}, (Q_E)_{is}(T)]_{s=1}^m = [z_{is}, (Q_{AG,E})_{is}(T), (Q_{FG,E})_{is}(T)]_{s=1}^m = {}_D Q_{E,i}(T) \subset Q_{E,i}(T) \quad (33)$$

množine (27) bude zodpovedať množina

$${}_D({}_R M'_Q)_i = A'_i(x_i, y_i), [z_{is}, (Q_E)_{is}(T)]_{s=1}^m = A'_i(x_i, y_i), ({}_D Q_E)_i(T) \subset ({}_R M'_Q)_i, \quad (34)$$

a množine (28) bude zodpovedať množina

$${}_D E_Q = [{}_D({}_R M'_Q)_i]_{i=1}^m = [A'_i(x_i, y_i), ({}_D Q_E)_i(T)]_{i=1}^n \subset E_Q. \quad (35)$$

Majme teda v zmysle prác [20, 21, 23, 29] úplnú jednojednoznačnú operáciu zobrazenia

$$({F_G})_Q : \rightarrow (E_G)_Q \bigwedge (E_G)_Q : \rightarrow (F_G)_Q \langle \Rightarrow \rangle (F_G)_Q : \rightleftharpoons : (E_G)_Q, \quad (36)$$

ktorá pozostáva z dvoch častí:

— z operácie zobrazenia

$$F_G : \rightarrow E_G \bigwedge E_G : \rightarrow F_G \langle \Rightarrow \rangle F_G : \rightleftharpoons : E_G, \quad (37)$$

— z operácie zobrazenia

$$Q_{is}(T) : \rightarrow (Q_E)_{is}(T) \bigwedge (Q_E)_{is}(T) : \rightarrow Q_{is}(T) \langle \Rightarrow \rangle Q_{is}(T) : \rightleftharpoons : (Q_E)_{is}(T). \quad (38)$$

Prvá časť operácie zobrazenia (37) je daná zobrazovacími rovnicami

$$\begin{aligned} x &= f_1(\varphi, \lambda); y = f_2(\varphi, \lambda); z = f_3(h) \\ \varphi &= F_1(x, y); \lambda = F_2(x, y); h = F_3(z). \end{aligned} \quad (39)$$

Druhá časť operácie zobrazenia je jednojednoznačná, ale zobrazenie je spravidla homomorfné, t. j.

$$Q_{is}(T) : \rightarrow (Q_{EI})_{is}(T), \quad (40)$$

kde údajový vektor $(Q_{EI})_{is}(T)$ je vektor zaznamenaný v pamäťovom médiu geoinformačného systému.

Zobrazenie (40) nie je však ešte úplné, lebo vyjadruje len zobrazenie údajov z reálneho priestoru geografickej sféry do kartografickej bázy údajov geoinformačného systému zaznamenané na pamäťovom médiu počítača. Jeho druhou časťou je operácia zobrazenia údajov $(Q_{EI})_{is}(T)$ do výstupu v digitálnej alebo

grafickej forme. Táto ďalšia časť operácie zobrazenia je charakterizovaná operátorom zobrazenia, na základe ktorého sa každý vektor $(Q_{EI})_{is}(T)$ z bázy údajov geoinformačného systému zobrazí do vektora $(Q_K)_{is}$ buď na obrazovku interaktívneho systému v grafickej forme, alebo cez kresliace elektrické zariadenie (DIGIGRAF, CORAGRAPH, KONGSBERG atď.) v grafickej forme na mapu.

Druhá časť operácie zobrazenia teda v úplnosti znie:

$$Q_{is}(T) : \rightarrow (Q_{EI})_{is}(T) : \rightarrow (Q_K)_{is}. \quad (41)$$

Pritom sa zobrazujú buď jednotlivé zložky údajového vektora, alebo rôzne logicky kombinované súbory týchto zložiek, a to podľa vopred zadanej požiadavky [20, 21, 23, 29].

V skalárnej báze diskkrétne uvažovaného zobrazovacieho priestoru sú každé dva susedné body $A'_i, A'_j \in {}_nE_G$ od seba vzdialené o hodnoty $\Delta x_{ij}, \Delta y_{ij}$, takže $A'_j(x_j, y_j) = A'_i(x_i + \Delta x_{ij}, y_i + \Delta y_{ij})$ a zobrazovacom priestore sú každé dva susedné body $A_i, A_j \in {}_D E_G$ od seba vzdialené o hodnoty $\Delta x_{ij}, \Delta y_{ij}, \Delta z_{is, jr}$, takže

$$A''_{jr}(x_j, y_j, z_{jr}) = A''_i(x_i + \Delta x_{ij}, y_i + \Delta y_{ij}, z_i + \Delta z_{is, jr}).$$

Body množiny [35] tvoria v kartografickej báze údajov geoinformačného systému diskkrétne bodové pole s priradenými údajovými vektormi. Toto diskkrétne bodové pole môže byť buď pravidelné, alebo nepravidelné. Každé hrá svoju úlohu a je ich obe potrebné z rôznych hľadísk zohľadniť. Pre mnohé prípady je potrebné uvažovať o pravidelných poliach, ktorých body tvoria vrcholy napr. štvoruholníkovej siete. V iných prípadoch je potrebné uvažovať o nepravidelných diskkrétnych poliach (sídelná sieť a jej trojuholníková sieť, sieť hydro-meteorologických staníc a jej nepravidelná trojuholníková sieť atď.).

V našom prípade uvažujeme o oboch druhoch diskkrétnych polí, pričom sa stručne dotkneme pravidelných polí, ktoré v zvolenej súradnicovej sústave $\langle O, x, y, z \rangle$ tvoria v skalárnej báze $\langle x, y \rangle$ vrcholy štvoruholníkovej siete. Takto uvažovaný diskkrétny priestor obsahuje v kartografickej báze údajov aj geoinformačný systém METEOSYS. Uzlové, vrcholové body $A'_i(x_i, y_i)$, $(Q_{EI})_j(T)$ štvorcov diskkrétneho zobrazovacieho priestoru kartografickej bázy údajov sú určené zobrazovacími rovnicami (1). Pretože je však krok Δx , Δy , ktorý určuje veľkosť ľubovoľného štvorca štvorcovej siete volený, je potrebné určiť súradnice φ, λ vrcholov štvoruholníkovej siete. Tieto sú v prípade METEOSYSu určené zobrazovacími rovnicami

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{nx^2}{2R \cos^2 \arctg(y/x)} + \frac{R \cos^2 \varphi_1 - n \sin \varphi_1}{2} \right), \quad \lambda = \frac{1}{n} \arctg \frac{y}{x}. \quad (42)$$

Jednou z dôležitých úloh je určenie poradových čísel vrcholových bodov ľubovoľného štvorca štvoruholníkovej siete a naopak, určenie poradového čísla ľubovoľného štvorca v sieti z poradových čísel vrcholových bodov štvoruholníkovej siete.

Nech teda štvoruholníková sieť v kartografickej báze údajov geoinformačného systému pozostáva z u -riadkov a v -stĺpcov. Jej ľubovoľný riadok označme indexom i , kde $i \leq u$ a ľubovoľný stĺpec označme indexom j , kde $j \leq v$. Potom

neznáme poradové číslo n ľubovoľného bodu A'_n pre zvolený i -ty riadok a j -ty stĺpec bude určené vzťahom

$$n = j + (i - 1) v \quad (43)$$

a súradnice x_n, y_n bodu A'_n sú určené vzťahom

$$x_i = x_1 + (i - 1) \Delta x; y_j = y_1 + (j - 1) \Delta y. \quad (44)$$

Poradové čísla

$$\begin{aligned} n, n + 1 \\ n + v, n + v + 1 \end{aligned}$$

štvorice vrcholových bodov ľubovoľného štvoruholníka siete sú pre i -ty riadok a j -ty stĺpec určené vzťahmi

$$\begin{aligned} n = j + (i - 1) v; n + 1 = j + 1 + (i - 1) v \\ n + v = j + iv; n + v + 1 = j + 1 + iv \end{aligned} \quad (45)$$

a poradové číslo C štvorca určeného vrcholovými bodmi s poradovými číslami (45) je pre uvedený i -ty riadok a j -ty stĺpec určené vzťahom

$$C = (i - 1) (v - 1) + j \quad (46)$$

a súradnice x, y vrcholových bodov štvorca s poradovým číslom (46), t. j. bodov

$$\begin{aligned} A'_n, A'_n + 1 \\ A'_{n+v}, A'_{n+v+1} \end{aligned}$$

sú určené vzťahmi

$$\begin{aligned} A'_n \begin{cases} x_n = (i - 1) \Delta x \\ y_n = (j - 1) \Delta y \end{cases}; A'_{n+1} \begin{cases} x_{n+1} = (i - 1) \Delta x \\ y_{n+1} = j \cdot \Delta y \end{cases} \\ A'_{n+v} \begin{cases} x_{n+v} = i \Delta x \\ y_{n+v} = (j - 1) \Delta y \end{cases}; A'_{n+v+1} \begin{cases} x_{n+v+1} = i \Delta x, \\ y_{n+v+1} = j \Delta y \end{cases} \end{aligned} \quad (47)$$

Podrobne je tento problém uvedený v [23].

Uvedený princíp umožňuje v záujmovej oblasti vyčleňovať ľubovoľnú menšiu oblasť aj s údajmi obsiahnutými v jednotlivých štvorcoch siete.

Súradnice λ, φ vrcholových bodov štvoruholníkovej siete sú pre ľubovoľnú kartografickú bázu údajov geoinformačného systému určené rovnicami $\varphi = F_1(x, y)$, $\lambda = F_2(x, y)$ v (39), ktoré v prípade METEOSYSu majú tvar (41).

Poznamenajme, že diskkrétne uvažovaný zobrazovací priestor kartografickej bázy údajov môže obsahovať tak pravidelné, ako aj nepravidelné siete a vzájomnú transformáciu medzi nimi.

Štvoricou bodov (47) je teda v kartografickej báze geoinformačného systému jednoznačne určený ľubovoľný c -ty štvorec o ploche

$$\Delta P_c = \Delta x_{ij} \cdot \Delta y_{ij} \quad (48)$$

ako jedna základná plošná jednotka diskkrétne uvažovaného zobrazovacieho priestoru. Tento plošný element reprezentuje v zobrazovacej rovine (x, y) kartografickej bázy údajov jeden c -ty priestorový stĺpec

$$\Delta V'_c = \sum_{s=1}^m \Delta V'_{cs} = \sum_{s=1}^m \Delta P'_c \Delta z_{cs,s+1} \quad (49)$$

V ňom je $\Delta V'_{cs} = \Delta P'_c \Delta z_{cs,s+1}$ objemová jednotka diskkrétne uvažovaného zobrazovacieho priestoru, ku ktorej je priradený údajový vektor $\{\mathbf{Q}_{EI}\}_{cs}$ ($c = 1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, n$). Preto jednou triedou $\{ {}_D M'_{Q} \}_c$ je pre každé jedno $c = 1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, n$, v objemovom stĺpci $\Delta V'_c$ (49) diskkrétne uvažovaného zobrazovacieho priestoru vyjadrené vertikálne rozloženie prvkov a ich stavov priestorovo organizovaného systému $S_G(P, T)$. Ku každému c -temu elementu $\Delta P'_c$ kartografickej bázy údajov je teda v tvare zloženého údajového vektora $\{ {}_D \mathbf{Q}_{EI} \}_c(T)$ priradená usporiadaná množina ${}_D \{ {}_R M'_{Q} \}_c$ ($c = 1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, n$), pričom $n = u \cdot v$, kde u je počet riadkov a v je počet stĺpcov diskkrétne uvažovaného priestoru. Týmto zloženým údajovým vektorom $\{ {}_D \mathbf{Q}_{EI} \}_c(T)$ sú v c -tom stĺpci $\Delta V'_c$ diskkrétne uvažovaného zobrazovacieho priestoru vyjadrené v čase T po jednotlivých intervaloch ΔT stavy systému $S_G(P, T)$.

To znamená, že údajovým vektorom

$$\{\mathbf{Q}_{EI}\}_c(T) = \{ \{\mathbf{Q}_{AG,EI}\}_c(T), \{\mathbf{Q}_{FG,EI}\}_c(T) \}$$

vzťahnutým do $\Delta P'_c$ ($c = 1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, n$) zobrazovacej roviny (x, y) je v každom jednom $\Delta V'_c$ reprezentovaný celkový stav vertikálne rozložených prvkov modifikovanej množiny

$$\mathbf{G}'_G(P, T)_m = \{ \mathbf{G}'_{AG}(P, T)_m, \mathbf{G}'_{FG}(P, T)_m \} \quad (50)$$

systému $S_G(P, T)$ [28]. Pritom v každom jednom $\Delta V'_c$ je zložkou $\{\mathbf{Q}_{AG,EI}\}_c(T)$ reprezentovaný celkový stav vertikálne rozložených prvkov modifikovanej množiny $\mathbf{G}'_{AG}(P, T)_m$ subsystému $S_{AG}(P, T)$ a zložkou $\{\mathbf{Q}_{FG,EI}\}_c(T)$ je reprezentovaný celkový stav vertikálne rozložených prvkov modifikovanej množiny $\mathbf{G}'_{FG}(P, T)_m$ ako podmnožiny z (50) subsystému $S_{FG}(P, T)$.

Poznamenajme, že vyjadrenie stavov prvkov systému $S_G(P, T)$ podľa jednotlivých výškových hladín $z + \Delta z_s$ ($s = 1, 2, \dots, m$) má význam hlavne v subsystéme $S_{FG}(P, T)$, v ňom hlavne v subsystéme atmosféry $S_{a_1}(P, T)$ a v subsystéme hydrosféry $S_{a_2}(P, T)$. Má však význam aj pri subsystéme pedosféry $S_{a_4}(P, T)$ a biosféry $S_{a_5}(P, T)$ pri sledovaní priestorových zmien ich stavových veličín v závislosti od nadmorských výšok, resp. hĺbok pod hladinou mora. Preto sa pre stručnosť budeme ďalej zaoberať subsystémom $S_{FG}(P, T)$ priestorovo organizovaného systému $S_G(P, T)$, t. j. fyzickogeografickou sférou.

Vzhľadom na to, že jednotlivé základné objemové elementy $\Delta V'_c$ diskkrétne

uvažovaného zobrazovacieho priestoru sú v zobrazovacej rovine (x, y) dané jej plošnými elementami $\Delta P'_c$ pravidelnej štvorcovej siete o u -riadkoch a v -stĺpcoch, možno rozloženie údajových vektorov $\{Q_{FG, EI}\}_c(T)$, a teda aj modifikovaných množín $G_{FG}(P, T)_c$ vyjadriť v tvare maticovej schémy $u \times v$, kde u je počet riadkov a v je počet stĺpcov. Rozloženie údajových vektorov $\{Q_{FG, EI}\}_c(T)$ v zobrazovacej rovine (x, y) kartografickej bázy údajov geoinformačného systému bude teda vyjadrené v tvare maticovej schémy

$$\begin{pmatrix} \{Q_{FG, EI}\}_{11}(T), \{Q_{FG, EI}\}_{12}(T), \dots, \{Q_{FG, EI}\}_{1v}(T) \\ \{Q_{FG, EI}\}_{21}(T), \{Q_{FG, EI}\}_{22}(T), \dots, \{Q_{FG, EI}\}_{2v}(T) \\ \dots \dots \dots \\ \{Q_{FG, EI}\}_{u1}(T), \{Q_{FG, EI}\}_{u2}(T), \dots, \{Q_{FG, EI}\}_{uv}(T) \end{pmatrix} \quad (51)$$

ktorej zodpovedá rozloženie prvkov modifikovaných množín $G'_{FG}(P, T)_n$ v tvare maticovej schémy

$$\begin{pmatrix} G'_{FG}(P, T)_{11}, G'_{FG}(P, T)_{12}, \dots, G'_{FG}(P, T)_{1v} \\ G'_{FG}(P, T)_{21}, G'_{FG}(P, T)_{22}, \dots, G'_{FG}(P, T)_{2v} \\ \dots \dots \dots \\ G'_{FG}(P, T)_{u1}, G'_{FG}(P, T)_{u2}, \dots, G'_{FG}(P, T)_{uv} \end{pmatrix} \quad (52)$$

KOMPLEXNÝ DIGITÁLNY MODEL PRIESTOROVEJ ŠTRUKTÚRY A MODELOVANIE SKALÁRNÝCH POLÍ TVORENÝCH V KARTOGRAFICKEJ BÁZE ÚDAJOV ZLOŽKAMI ÚDAJOVÉHO VEKTORA $\{Q_{EI}\}_i(T)$

Pretože geoinformačný systém geografického typu v jeho údajovej báze uchováva priestorovo lokalizované údaje o jednotlivých zložkách geografickej sféry vyjadrenej v tvare priestorovo organizovaného systému $S_G(P, T)$, do jedných z najhlavnejších výstupov z geoinformačného systému patria kartografické výstupy. Kartografickými výstupmi možno pritom kartograficky modelovať:

a) priestorové rozloženie a priestorovú diferenciáciu jednotlivých stavových veličín jednotlivých prvkov systému $S_G(P, T)$,

b) priestorové rozloženie a priestorovú diferenciáciu celkových stavov jednotlivých prvkov systému $S_G(P, T)$ a jeho subsystémov $S_{AG}(P, T)$, $S_{FG}(P, T)$, ako aj subsystémov $S_{e_j}(P, T)$, $S_{a_k}(P, T)$,

c) priestorové rozloženie vzájomných vzťahov medzi jednotlivými prvkami systému $S_G(P, T)$ a jeho jednotlivých subsystémov,

d) priestorové rozloženie prvkov systému $S_G(P, T)$, ako aj priestorové rozloženie vzájomných vzťahov medzi nimi atď.

Kartografické výstupy z geoinformačného systému možno realizovať na základe operácie kartografického zobrazenia, ktorej algoritmus s programovým systémom musí byť integrálnou súčasťou geoinformačného systému, ktorý realizuje zobrazenie údajového vektora $\{Q_{EI}\}_c(T)$ z kartografickej bázy údajov geoinformačného systému do jeho kartografického obrazu $\{Q_K\}_{is}$, t. j. realizuje operáciu zobrazenia (41).

Podkladom pre každú operáciu kartografického zobrazenia, či už jednotlivých prvkov systému $S_{FG}(P, T)$ a jeho jednotlivých subsystémov $S_{a_k}(P, T)$

($k = 1, 2, \dots, 5$) je teda matica údajových vektorov [51] zo študovanej oblasti. Údajové vektory matice [51] tvoria v zobrazovacej rovine (x, y) zobrazovacieho priestoru geoinformačného systému diskkrétne pole údajových vektorov. Jednotlivé zložky týchto údajových vektorov tvoria v zobrazovacej rovine (x, y) jednotlivé dvojdimenzionálne polia. Tento fakt umožňuje rozpracovať aparát kartografického modelovania jednotlivých zložiek údajových vektorov na základe teórie dvojdimenzionálnych polí.

Pretože údaje v kartografickej báze geoinformačného systému sú zároveň ukladané a uchovávané podľa časových intervalov ΔT , priestorové rozloženie jednotlivých zložiek údajového vektora, t. j. stavových veličín Z_j , ako aj celkových stavov jednotlivých prvkov možno modelovať pre jednotlivé, za sebou nasledujúce časové momenty $T_i = (i - 1) \Delta T$ ($i = 1, 2, \dots$) so zvoleným intervalom ΔT , a to tak vo vertikálnom, ako aj v horizontálnom zmysle. Pri modelovaní vo vertikálnom zmysle sa pre každý c -ty plošný element ΔP_c ($c = 1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, n$, kde $n = u \cdot v$) modeluje závislosť zmeny príslušnej j -tej stavovej veličiny Z_{cj} od zmeny výšky z_{cs} a od zmeny času T , ktorú vyjadríme vo všeobecnom tvare $Z_{cj} = \Phi_{cj}(z_{cs}, T)$, $j = 1, 2, \dots$ pre každé jedno $c = 1, 2, \dots, n$. Pri modelovaní v horizontálnom zmysle sa pre každú jednu zvolenú hodnotu skalára výšky $z_{cs} = K_{cs}$ modeluje závislosť zmeny hodnoty uvažovanej stavovej veličiny Z_j od zmeny horizontálnej polohy x, y , v skalárnej báze a od zmeny parametra času T . Túto závislosť vyjadríme v tvare všeobecného funkčného vzťahu $Z_j = f_j(x, y, K_{cs}, T)$. Ak v tomto vzťahu zvolíme aj parameter T ako konštantu, ktorá sa však diskkrétne mení o hodnotu ΔT , potom pre zvolené $z_{cs} = K_{cs}$ a $T = \text{konšt.}$ vzťah udáva priestorový priebeh hodnôt uvažovanej stavovej veličiny Z_j v závislosti od zmeny polohy x, y . Je to teda modelovanie priestorového priebehu príslušnej stavovej veličiny Z_j v jednotlivých výškových hladinách $z_{cs} = K_{cs}$ a vo zvolenom čase $T_i = \text{konšt.}$ To znamená, že pre každú jednu výškovú hladinu $z_s = K_s$ ($s = 1, 2, \dots, m$) a zvolený časový moment T_i dostávame pre každé jedno $s = 1, 2, \dots, m$ a pre každé jedno $i = 1, 2, \dots$ jedno skalárne pole a jeho izočiarové pole. Takéto modelovanie skalárnych polí z údajových zložiek Z_j údajového vektora $(Q_{Ei})_i(T)$ pre jednotlivé výškové hladiny je dôležité hlavne pri modelovaní stavových veličín atmosféry a hydrosféry v jednotlivých výškových hladinách z_s ($s = 1, 2, \dots, m$) podľa zvoleného výškového intervalu Δz_s .

Nech skalárne pole j -tej stavovej veličiny Z_j je pre zvolené T dané funkciou vo všeobecnom tvare

$$Z_j = f_j(x, y), \quad (53)$$

pričom pre skalár nadmorskej výšky ako jednu zo stavových veličín platí, že $j = r$, takže je dané funkciou

$$z = f_{j=r}(x, y) \equiv z(x, y). \quad (54)$$

Štruktúrne vlastnosti týchto funkcií sú určené ich parciálnymi deriváciami prvého, druhého a tretieho rádu. Na ich základe možno pre každé jedno skalárne pole odvodiť množinu spoločných štruktúrnych veličín $(G_{MP})_j$, ktoré v skalárnej báze tvoria štruktúrne polia. Tieto štruktúrne polia majú pre jednotlivé

$j = 1, 2, \dots$ v [53] navzájom spoločné matematické vlastnosti. Podrobne je tento problém pre skalárne pole výšok a pre ostatné skalárne polia Z_j ($j = 1, 2, \dots$) [54] uvedený v prácach [19, 20, 29].

Podkladom pre kartografické modelovanie funkcií [53], [54] sú hodnoty skalárov Z_j a skalárov výšok z v údajovej báze geoinformačného systému, ktoré v rovine $[x, y]$ tvoria primárne diskkrétne bodové polia určené množinou ${}_D E_Q$ [35]. Tieto údaje vstupujú ako podklad na výpočet koeficientov aproximujúcich funkcií.

Na základe vstupnej množiny ${}_D E_Q$ môžeme skalárne polia [53], [54] matematicky modelovať pomocou interpolačných funkcií dvoch premenných

$$Z_j = P_{j k_j}(x, y), \quad (55)$$

kde index $j = 1, 2, \dots$ vyjadruje poradové číslo príslušného skalárneho poľa [53], [54] a index $k_j = 1, 2, \dots$ udáva poradové číslo vhodnej interpolačnej funkcie celkového počtu k_j pre každé jedno $j = 1, 2, \dots$. Interpolačné funkcie však musia vzhľadom k funkciám [53], [54] spĺňať určité podmienky. Jednou z podmienok je, že musia mať parciálne derivácie prvého a druhého rádu, ktoré sú potrebné pri modelovaní základných štruktúrnych vlastností a k nim aj parciálne derivácie tretieho rádu pri modelovaní všetkých štruktúrnych vlastností.

Skalárne pole výšok spolu s jeho štruktúrnymi vlastnosťami sa modeluje pomocou komplexného digitálneho modelu [14, 18, 19]. Komplexný digitálny model je integrálnou súčasťou hydrometeorologického geoinformačného systému METEOSYS [22, 23]. Jeho automatizovaný systém (AS KDMR) ako integrálna súčasť METEOSYSu vypracovala E. Mičietová. Podrobná definícia KDMR je uvedená v prácach [18, 19, 21, 23, 29].

Zovšeobecnením KDMR je komplexný digitálny model priestorovej štruktúry (KDMPS). Tento model musí byť integrálnou súčasťou geoinformačného systému geografického typu, čo je nevyhnutné na to, aby mohli byť realizované kartografické výstupy. Podrobná definícia KDMPS je uvedená v práci [29]. Teraz uvedieme jeho zostrúčenú definíciu.

Zostrúčená definícia KDMPS:

Komplexný digitálny model priestorovej štruktúry (KDMPS) je v pamäti počítača obsiahnutá množina ${}_D E_Q$, množina

$${}_D E_Q (MPR) = [A'_i(x_i, y_i), ({}_D Q_{Ei})_i(T), (G_{MP})_{ji}]_{i=1}^n$$

v pravidelných i nepravidelných primárnych diskkrétnych poliach, súbor pravidiel na výpočet nepravidelných trojuholníkových sietí (PTS), zadaný súbor aproximujúcich funkcií a pravidiel na výpočet podrobného rozloženia skalárov Z_j a priebehu izočiar jednotlivých primárnych polí ($j = 1, 2, \dots$), súbor aproximujúcich štruktúrnych funkcií na výpočet množiny jednotlivých sekundárnych (štruktúrnych) skalárnych polí tvorených pre každé jedno primárne skalárne pole $Z_j = f_j(x, y)$ množinou $(G_{MP})_j$, ako aj výpočet ich sekundárnych izočiarových polí, súbor matematickoštatistických vzťahov na výpočet tesnosti väzieb medzi jednotlivými zložkami údajového vektora ${}_D Q_{Ei}$ tak vo vertikálnom ako aj v horizontálnom zmysle, pričom všetky tieto pravidlá a ich vzájomné prepojenie tvoria štruktúru KDMPS. Podrobne pozri [29].

Existencia koncepcne vhodne voleného geoinformačného systému geografického typu je nevyhnutná na to, aby mohli byť operatívne spracúvané polohevo lokalizované údaje tak o jednotlivých zložkách krajiny, ako aj o krajine ako priestorovo organizovanom systéme. Pre vedeckovýskumné i aplikačné potreby Centra geovedného výskumu SAV je potrebný geoinformačný systém s vhodne volenou kartografickou bázou údajov z celej SSR v mierke 1:200 000 a jej zodpovedajúcej rozlišovacej úrovni U_M , ktorý by uchovával a spracúval údaje o jednotlivých zložkách krajiny a ich stavových veličinách a zároveň by mohol pre vedeckovýskumné i aplikačné úlohy CGV SAV generovať špecificky nové informácie z hľadiska jednotlivých zložiek krajiny i z hľadiska krajiny ako priestorovo organizovaného systému. K tomu by patrila aj schopnosť systému modelovať interakciu socioekonomickogeografická sféra—fyzickogeografická sféra.

Uchovávanie údajov podľa jednotlivých zložiek krajiny by zároveň umožnilo jednak sústavné špecializované spracovanie údajov a generovanie informácií pre špecifické potreby jednotlivých geovedných disciplín v oblasti základného a aplikovaného výskumu, ako aj interdisciplinárnych aplikácií a jednak pre potreby komplexného štúdia krajiny ako priestorovo organizovaného systému, vrátane jej funkčnej a priestorovej štruktúry.

Takto koncipovaný geoinformačný systém musí súčasne obsahovať aj komplexný digitálny model priestorovej štruktúry [KDMPS], ktorého automatizovaný systém (AS KDMPS) ako integrálna súčasť geoinformačného systému umožní s výstupom na rôzne druhy tematických máp kartograficky modelovať stavové veličiny i stavy jednak jednotlivých zložiek krajiny a jednak krajiny ako celku.

Vzhľadom na to, že hydrometeorologický informačný systém METEOSYS je koncepcne poňatý ako geoinformačný systém geografického typu [22, 23, 29], ktorý uchováva a spracúva údaje z atmosféry a hydrosféry a ktorý ako integrálnu súčasť obsahuje aj AS KDMR, bolo by z hľadiska vedeckovýskumných i aplikačných potrieb vysoko efektívne, ak by bolo možné oba systémy, napr. v rámci Učebno-výskumného združenia [UVZ] pre komplexný výskum krajiny, navzájom prepojiť [26].

Súčasne bude potrebné, aby kartografická báza údajov geoinformačného systému obsahovala aj súbor digitálnych údajov o reliéfe vo forme údajov tvoriacich primárne diskkrétne bodové pole výšok v pravidelnej sieti 100 m X 100 m, a to jednak pre potreby výpočtu všetkých morfometrických parametrov reliéfu ako zvláštného subsystému krajiny a jednak pre potreby najrôznejších interdisciplinárnych aplikácií. V rámci AS KDMPS bude potrebné rozpracovať rad aplikačných programových modulov, ktoré budú zabezpečovať realizáciu efektívnych kartografických výstupov s najrôznejšími interdisciplinárnymi aplikáciami.

LITERATÚRA

1. BĀNSKA, H.: Tvorba geomorfologickej bázy dát pomocou systému digitálneho modelu terénu. Urbanita, 52—53, 1986. — 2. BĀNSKA, H.: Terén ako kategória v urbanistickom projektovaní a jeho vyjadrenie automatizovanými systémami (Kand. diz. práca).

URBION, Bratislava 1987. — 3. BERLJANT, A. M., SERBENJUK, S. N., TIKUNOV, V. S.: Kartografičeskoje modelirovanije kak sredstvo issledovanija prirodnoj srody. In: Kartografičeskie metody issledovanija okružajušej srody, 59, Leningrad 1980. — 4. BERLJANT, A. M., SERBENJUK, S. N., TIKUNOV, V. S.: Principy i metodika ispožovanija geografičeskich kart dlja formirovanija bankov dannych. In: Banki geografičeskich dannych dlja tematičeskogo kartografirovanija. Moskovskij gos. univ. im. Lomonosova, Moskva 1987. — 5. BERNSTEIN, P. A., GOODMAN, N.: Concurency control in distributed database systems. *Computing Surveys*, 2, [13], 1981. — 6. CIRÁK, J.: Riadenie systémov s viacerými cieľmi. VEDA, Bratislava 1983. — 7. DUJNIČ, P., FRANKOVÁ, J.: Organizácia dát v AIS. ALFA, Bratislava 1978. — 8. HOJDAR, J., MARTINEK, M.: Automatizovaný informační systém národních výborů, projekt podsystemu Městský informační systém (MIS). *Nár. výbor. hl. m. Prahy, Rac. a inf. stř. hl. m. Prahy, Praha* 1984. — 9. HOWE, D. R.: *Data analysis for data design*. Edward Arnold Ltd., London 1983. — 10. CHVALKOVSKÝ, V.: *Banky dat*. 2. vyd., SNTL, Praha 1984.

11. KAISER, P.: Distribuované bázy dát — niektoré problémy a otázky. *Informačné systémy*, 4, 10, 1981. — 12. KAISER, P., SCHEBER, A.: Databázové systémy — situácia v ČSSR. In: Zborník INFOSEM '83, VVS, Bratislava 1983. — 13. KONEČNÝ, M., RAIS, K.: Geografické informační systémy. *Folia Fac. scient. nat. Univ. Purk. Brunensis*, 26, 13, 1985. — 14. KRCHO, J.: Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. *Acta UC, Geogr. phys.*, 1, Bratislava 1973. — 15. KRCHO et al.: Digitálny model terénu na princípe automatizovanej tvorby trojuholníkovej siete a kreslenie vrstevníc. Program dokumentácia — PROGRAM C 230, št. výsk. úloha P—04—521—293—11, DOPRAVOPROJEKT, Bratislava 1976. — 16. KRCHO, J.: Digitálny model terénu z hľadiska morfometrickej analýzy. *Geodet. a kartogr. obzor*, 23/65, 2, 1977. — 17. KRCHO, J.: Komplexný digitálny model terénu — KDMT. Automatizácia projektovania vo výstavbe a stavebníctve. Št. výsk. úloha P—04—521—293, DOPRAVOPROJEKT, Bratislava 1979. — 18. KRCHO, J.: Reliéf ako priestorový subsystém geografickej krajiny a jeho komplexný digitálny model. *Geogr. čas. SAV*, 31, 3, 1979. — 19. KRCHO, J.: Teoretická koncepcia a interdisciplinárne aplikácie komplexného digitálneho modelu reliéfu pri modelovaní dvojdimenzionálnych polí. *Geogr. čas. SAV*, 35, 3, 1983. — 20. KRCHO, J.: Mapa ako abstraktný kartografický model Sk geografickej krajiny ako reálneho priestorového systému. *Geogr. čas. SAV*, 33, 3, 1981.

21. KRCHO, J.: State quantities of geographic sphere as two dimensional fields and their cartographic modelling in terms of a complex digital model. *Acta fac. rer. nat. UC, geographica* 29, Bratislava 1988. — 22. KRCHO, J., PODHORSKÝ, D.: Dynamický model reliéfu krajiny a diaľková detekcia prírodného prostredia. *Meteorolog. zprávy*, 34, 2, 1981. — 23. KRCHO, J., PODHORSKÝ, D.: Diaľková detekcia zrážok a dynamický model prírodného prostredia z hľadiska jeho vplyvu na koncepciu hydrometeorologického geoinformačného systému METEOSYS. In: *Diaľková detekcia zrážok a dynamický model prírodného prostredia*. Št. výsk. úloha II—5—1—02. SHMÚ Bratislava 1985. — 24. KRCHO, J., KALAK, A.: Štruktúra bázy údajov komplexného digitálneho modelu terénu a plnoautomatizované zostrojenie trojuholníkovej siete. *Geodet. a kartogr. obzor*, 29/71, 2, 1983. — 25. KRCHO, J., MIČIETOVÁ, E.: Návrh komplexného digitálneho modelu priestorovej štruktúry hl. m. Prahy. *Útvar hl. architekta hl. m. Prahy, Praha* 1986. — 26. KRCHO, J.: Správa o stave koncepcie a tvorby geoinformačných systémov na pracoviskách UVZ pre komplexný výskum krajiny. *Prírodoved. fak. UK, Bratislava* 1988. — 27. KRCHO, J.: Prírodná časť geosféry ako kybernetický systém a jeho vyjadrenie v mape. *Geogr. čas. SAV*, 20, 2, 1968. — 28. KRCHO, J.: Štruktúra a priestorová diferenciácia fyzickogeografickej sféry ako kybernetického systému. *Geogr. čas. SAV*, 26, 2, 1974. — 29. KRCHO, J.: Morfometrická analýza a digitálne modely georeliéfu. VEDA — vydavateľstvo SAV (monografia v tlači). — 30. LUPAČ, J., TONDL, L.: *Geoinformační systém pro projektové účely*. PŮDIS Praha, 1975.

31. LUPAČ, J., MATERNA, P.: Lokalizační informační systém pro projektové účely, část 2., 41; Zpracování a využití morfometrických souborů a popis terénu. *Výzk. zpráva RVT*, R—12—380—052, PŮDIS, Praha 1978. — 32. MEISLER, A., VÁLKOVÁ: *Automati-*

zvaná tvorba vrstevnic. Informační systémy geodézie a kartografie. Sborník ČSVTS 1975. — 33. MIČIETOVÁ, E.: Automatizovaný systém komplexného digitálneho modelu ako súčasť geoinformačných systémov. [Kand. diz. práca]. Prírodoved. fak. UK, Bratislava 1984. — 34. MIČIETOVÁ, E.: Hydrometeorologický informačný systém ME-TEOSYS ako nástroj modelovania priestorových štruktúr v hydrológii a meteorológii. Meteorolog. zprávy, 40, 2, 1987. — 35. MIČIETOVÁ, E., MINÁROVÁ, O.: Komplexný digitálny model reliéfu a interpolačné metódy. Geodet. a kartogr. obzor, 34/76, 7, 1988. — 36. MITÁŠOVÁ, H.: Kartografické aspekty počítačového modelovania povrchov ako špeciálnych subsystémov geografickej sféry. [Kand. diz. práca]. Stav. fak. SVŠT, Bratislava 1985. — 37. MITÁŠ, L., MITÁŠOVÁ, H.: General variational approach to the interpolation problem. — 38. MORAVEC, D.: Modelování automatizované tvorby topografických map. Studia geogr. 90, Geogr. ústav ČSAV, Brno 1986. — 39. NEUMANN, J.: Digitální model terénu pro území Československa. VÚGTK, 600, 76, Praha 1976. — 40. PETROV, P. V., SERBENJUK, S. N.: Projektování bankov i baz geografických daných. In: Banki geografických daných díla tematického kartografování. MGU Moskva, 1987.

41. SCHEBER, A.: Databázové systémy. ALFA/SNTL, Bratislava 1988. — 42. ŠILAR, F.: Shrnutí výsledků výzkumu tvorby digitálního modelu terénu pro účely projektování dopravních a inženýrských staveb. Výzk. správa 368, VÚGTK, Praha 1970. — 43. ŠÍMA, J.: Výzkum tvorby a využití digitálního modelu terénu pro účely projektování dopravních staveb. Výzk. zpráva 327, VÚGTK, Praha 1969. — 44. ŠÍMA, J.: Analýza některých systémů u digitálního modelování terénu. Geodet. a kartogr. obzor, 2, 1970. — 45. ŠTASTNÝ, V.: Programový systém pro tvorbu a využití digitálního modelu terénu. Výzk. správa 370, VÚGTK, Praha 1970. — 46. TONDL, L.: Lokalizační informační systém pro projektové účely, část 3—III. PŮDIS, Praha 1976. — 47. TONDL, L.: Lokalizační informační systém pro projektové účely. Projektová analýza konstrukce isaritmických map II. Závěr. zpráva RVT. R—12—380—052. PŮDIS, Praha 1977. — 48. UHLÍŘ, J.: Studie k vybraným otázkám digitálního modelu terénu pro území Československa. Výzk. zpráva 600, VÚGTK, Praha 1976. — 49. UHLÍŘ, J. et al.: Digitální model terénu 1:10 000 pro území ČSSR. VÚGTK, Praha 1977. — 50. VENCOSKÝ, M.: Aproximace obecných ploch matematickými modely s báзовou trojúhelníkovou sítí. Geodet. a kartograf. obzor, 30, 12, 1984.

51. VENCOSKÝ, M.: K problematice DMT a jeho grafického znázornění. Geodet. a kartograf. obzor, 34, 4, 1988.

Йозеф Крхо, Эва Мицистова

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА О ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СФЕРЕ И КОМПЛЕКСНАЯ ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ КАК ЕЕ ИНТЕГРАЛЬНАЯ СОСТАВНАЯ

В статье рассматривается проблема геоинформационных систем с управляемым базисом данных, проблема комплексной цифровой модели рельефа и комплексной цифровой модели пространственной структуры как интегральной составной геоинформационной системы о ландшафте. Создается структура геоинформационной системы и структура ее картографического базиса данных с аспектов структуры ландшафта, понимаемого как пространственно организованного и пространственно дифференцированного комплекса. В связи с этим согласно трудов [27, 28, 29] характеризуется географическая сфера как пространственно организованная система $S_G(P, T)$, определяется ее пространство и в этом пространстве ближе уточняется социально-экономическая сфера как подсистема $S_{AG}(P, T)$ и природная составная

ландшафта (физико-географическая сфера) как подсистема $S_{FG}(P, T)$. Обе эти пространственно организованные подсистемы находятся в интеракции. Одновременно намечена проблема планового приурочения данных о состоянии отдельных компонентов ландшафта в пространстве географической сферы в виде вектора данных Q_i и их отображение в виде изображенного вектора данных $(Q_{E1})_i$ в изображаемое пространство, в котором определен также картографический базис данных геоинформационной системы. Обращается внимание на потребность познания механизмов интеракции подсистем $S_{AG}(P, T) \rightleftharpoons S_{FG}(P, T)$ и ее моделирования в целях обоснованного становления стратегии использования ландшафта человеком таким образом, чтобы оказались минимализированными нарушения, вносимые человеком в результате его деятельности в ландшафт. Таким образом понимаемая геоинформационная система создается на Географическом институте Центра геонаучных исследований Словацкой Академии наук в г. Братислава.

В связи с этим коротко охарактеризована гидрометеорологическая информационная система МЕТЕОСИС, которая в 1979—1985 гг. была реализована в Словацком гидрометеорологическом институте в Братиславе, в Региональном центре для радиолокационной метеорологии на Малом Яворнике [22, 23]. Концепция информационной системы МЕТЕОСИС формулирована и построена как геоинформационная система географического типа, способная моделировать пространственную интеракцию отдельных компонентов ландшафта как одного целого. В настоящее время в этой системе моделируется интеракция атмосфера-гидросфера-рельеф. Интегральной составной МЕТЕОСИС-а является также автоматизированная система комплексной цифровой модели рельефа [22, 23, 33, 34], разработанная в трудах [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Перевод: Л. Правдова

Jozef Krcho, Eva Mičietová

GEOINFORMATION SYSTEM ON THE GEOGRAPHICAL SPHERE AND THE COMPLEX DIGITAL MODEL OF SPATIAL STRUCTURE AS ITS INTEGRAL COMPONENT

In the work the problem of geoinformation systems with controlled base of data and the problem of both complex digital model of the relief and of complex digital model of spatial structure as integral component of the geoinformation system on the landscape are analysed. Both the structure of geoinformation system and that of its cartographical base of data from the viewpoint of landscape structure as a spatially organized and spatially differentiated whole appear. In connection with this the geographical sphere is characterized in the sense of works [27, 28, 29] as a spatially organized system $S_G(P, T)$, its space is determined, and within this space both the socioeconomic sphere as the subsystem $S_{AG}(P, T)$ and the natural part of the landscape (the physico-geographical sphere) as the subsystem $S_{FG}(P, T)$ are specified in details. The spatially organized subsystems $S_{AG}(P, T)$ and $S_{FG}(P, T)$ are interacting. At the same time the problem is outlined of positional co-ordination of data on the states within the individual landscape components in the space of the geographical sphere in the form of data vector Q_i and their projection in the form of the projected data vector $(Q_{E1})_i$ into the projecting space, in which also the cartographical data base of the geoinformation system is defined. The necessity is shown of knowledge of interacting mechanisms between the subsystems $S_{AG}(P, T) \rightleftharpoons S_{FG}(P, T)$ and their modelling for the needs of a well-grounded determination of strategy in using the landscape by man in a way so that disturbances introduced into the landscape by human

activities may be as minimal as possible. Such a geoinformation system conceived in this way is being built at the Geographical Institute of the Centre of Geoscience Research, the Slovak Academy of Sciences, in Bratislava.

In this connection the hydrometeorological information system METEOSYS is briefly outlined, which was realized at the Slovak Hydrometeorological Institute in Bratislava, within the Regional Centre for Radiolocation Meteorology Malý Javorník (22, 23). The information system METEOSYS has been conceptionally formulated and built as geoinformation system of a geographical type, able to model spatial interaction between the individual components of the landscape as a whole. At present interactions within atmosphere — hydrosphere — relief are being modelled. Also an automated system of complex digital model of the relief (22, 23, 33, 34) worked out in works (14, 15, 16, 17, 18, 19) is an integral component of METEOSYS.

Translated by A. Krajčír