GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

ROČNÍK 35 1983 ČÍSLO 3

JOZEF KRCHO

TEORETICKÁ KONCEPCIA A INTERDISCIPLINÁRNE APLIKÁCIE KOMPLEXNÉHO DIGITÁLNEHO MODELU RELIÉFU PRI MODELOVANÍ DVOJDIMENZIONÁLNYCH POLÍ

Jozef Krcho: Theoretical Conception and Interdisciplinary Applications of the Complex Digital Model of Relief in Modelling Bidimensional Fields. Geogr. Čas., *35,* 1983 3; 14 figs, 19 refs.

The geographical landscape sphere as a spatially organized system S_G and its subsystems S_{AG}, S_{FG}, where S_{AG} — the socioeconomic sphere and S_{FG} — physicogeographical landscape sphere. The relief as a special spatial spbsystem S_{RF} of the system S_{FG}. The bidimensional scalar fields of state quantities of the system S_G and its subsystems S_{AG}, S_{FG}. The morphometric parameters of relief as state quantities of the subsystem S_{RF}. The socioeconomic scalar fields of state quantities of the system S_{AG}. The scalar fields of state quantities of the system S_{FG}. The discrete point fields of state quantities at a scale 1:1M. The socioeconomic and physicogeographical discrete point fields. The primary and secondary discrete point fields and their networks. The complex digital model of relief and its interdisciplinary applications in modelling both socioeconomic and physicogeographical discrete fields.

V práci pre úsporu požívame tieto terminologické skratky: RGP — referenčná guľová plocha, MFPR — morfometrické parametre reliéfu, KDMT — komplexný digitálny model reliéfu, MFT — morfotopy, PDBP — primárne diskrétne bodové pole, SDBP — sekundárne diskrétne bodové pole, PTS — primárna trojuholníková sieť, STS — sekundárna trojuholníková sieť.

NÁČRT PROBLÉMU

Je známe, že georeliéf je dôležitý diferenciačný činiteľ v krajine, pričom má v nej zvláštne postavenie. V zhode s prácami [8, 9, 13] krajinu chápeme ako priestorovo organizovaný dynamický systém

$$S_G(P,T) = \{G_G(P,T),\ R_G(\Delta P.T\} \tag{1}$$

podrobne charakterizovaný i s jeho subsystémami

$$S_{AG}(P,T) = \{G_{AG}(P,T),\ R_{AG}(\Delta P,T)\};\ S_{FG}(P,T) = \{G_{FG}(P,T);\ R_{FG}(\Delta P,T)\} \tag{2}$$

v práci [13]. Symbol $P = (h, \varphi, \lambda)$ vyjadruje absolútnu polohu prvkov množiny $\mathsf{G}_G(P,T) = \{\mathsf{G}_{AG}(P,T), \mathsf{G}_{FG}(P,T)\}$ vyjadrenú vzhľadom na RGP nadmorskou výškou h, zemepisnou šírkou φ a zemepisnou dĺžkou λ. Symbol $\Delta P = (\Delta h_{ij}, \Delta\varphi_{ij}, \Delta\lambda_{ij})$ vyjadruje vzájomnú polohu vždy dvoch prvkov $\mathbf{e}_i$, $\mathbf{e}_j$, $\mathbf{a}_i$, $\mathbf{a}_j$ z množiny $\mathsf{G}_{AG} = [\mathbf{e}_f]^6_{f=1}$, $\mathsf{G}_{FG} = [\mathbf{a}_k]^5_{k=1}$ voči sebe, kde

$$\Delta h_{ij} = h_j - h_i;\ \Delta\varphi_{ij} = \varphi_j - \varphi_i;\ \Delta\lambda_{ij} - \lambda_j - \lambda_i,$$

pričom $i, j \leq f, k$ [13]. V zmysle prác [8, 9] je georeliéf súčasťou systému $\mathsf{S}_{FG}(P,T)$ ako jeho zvláštny nehmotný subsystém

$$\mathsf{S}_{RF}(P,T) = \{\mathsf{G}_{RF}(P,T), \mathsf{R}_{RF}(P,T)\} \tag{3}$$

tvoriaci dynamickú priestorovú plochu diferencovanú do jednotlivých geometrických foriem, vyjadrenú v každej jej časti usporiadanou množinou

$$\mathsf{G}_{RF}(P,T) = \{\Delta h(P,T), \gamma_N(P,T), A_N(P,T), \omega(P,T), K_r(P,T), K_H(P,T)\}, \tag{4}$$

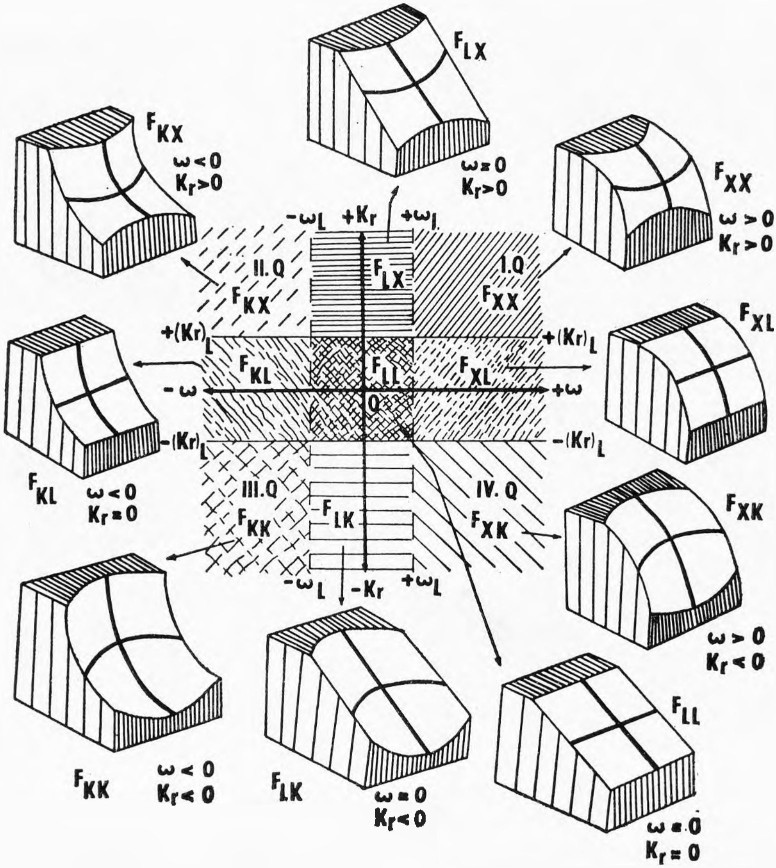
ktorej prvkami sú jednotlivé MFPR, pričom
Δh — relatívna výška v smere spádnice, γ_N — uhol sklonu reliéfu v smere spádnice, A_N — orientácia reliéfu voči svetovým stranám, ω — normálová krivosť reliéfu, K_r — horizontálna krivosť reliéfu a K_H — hlavná krivosť reliéfu. Na základe ω a K_r zo (4) možno v tzv. fázovom priestore $\langle O, \omega, K_r\rangle$ každého bodu $A^*_{ir}(P)$ georeliéfu vyjadriť tzv. geometrické formy georeliéfu tvoriace usporiadanú množinu

$$F = \{F_{XX}, F_{KX}, F_{KK}, F_{XK}, F_{LX}, F_{LK}, F_{KL}, F_{XL}, F_{LL}\} \tag{5}$$

(obr. 1) [11, 14]. Fázový priestor $\langle O, \omega, K_r\rangle$, kde O — počiatok súradnicovej sústavy, je podrobne charakterizovaný v [5]. Jednotlivé symboly v (5) označujú tieto geometrické formy:

F_{XX} — $(\omega > 0, K_r > 0)$ konvex-konvexné (vypuklo-vypuklé) formy,
F_{KX} — $(\omega < 0, K_r > 0)$ konkáv-konvexné (vyduto-vypuklé) formy,
F_{KK} — $(\omega < 0, K_r < 0)$ konkáv-konkávne (vyduto-vyduté) formy,
F_{XK} — $(\omega > 0, K_r < 0)$ konvex-konkávne (vypuklo-vyduté) formy,
F_{LX} — $(\omega = 0, K_r > 0)$ lineár-konvexné (priamo-vypuklé) formy,
F_{LK} — $(\omega = 0, K_r < 0)$ lineár-konkávne (priamo-vyduté) formy,
F_{KL} — $(\omega < 0, K_r = 0)$ konkáv-lineárne (vyduto-priame) formy,
F_{XL} — $(\omega > 0, K_r = 0)$ konvex-lineárne (vypuklo-priame) formy,
F_{LL} — $(\omega = 0, K_r = 0)$ lineár-lineárne (priamo-priame) formy.

Slovenské názvy foriem majú význam vysvetľujúci k medzinárodne voleným termínom. Uvedené geometrické formy (5) sa v geomorfológii označujú ako facety. V zmysle prác [11, 14] za tvary F_{XL}, F_{LX}, F_{KL}, F_{LK}, F_{LL} môžeme z hľadiska uvažovanej mierky $1{:}M$ a jej rozlišovacej úrovne U_M považovať aj tie tvary F_{XX}, F_{KX}, F_{KK}, F_{XK}, v ktorých



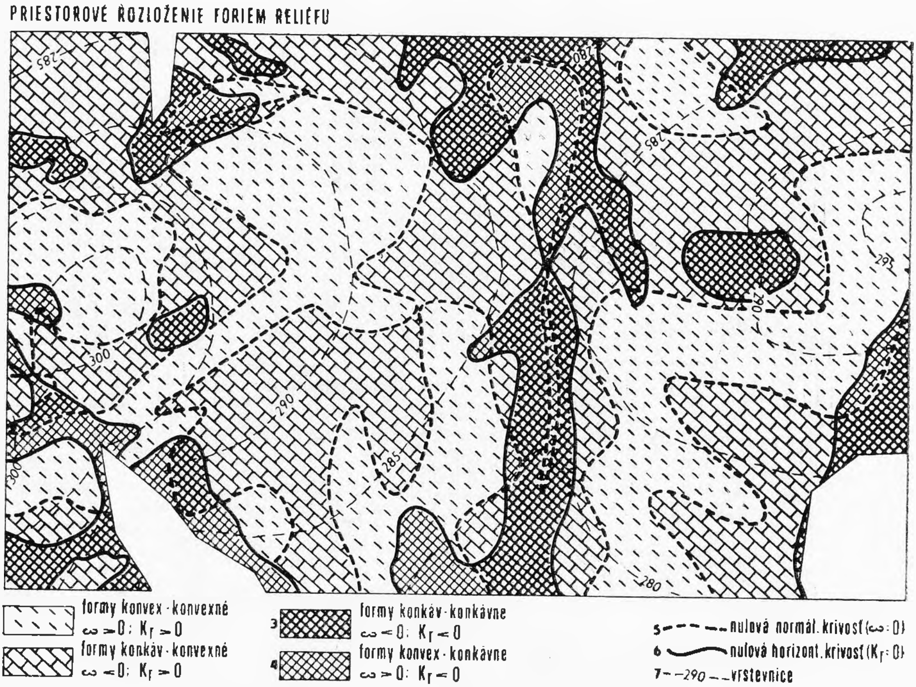
Obr. 1.

$$|\omega| < |\omega_{lim}| \;\; ; \;\; |K_r| < |(K_r)_{lim}|,$$

kde ω_{lim}, $(K_r)_{lim}$ označuje určitú limitnú veľkosť normálovej a horizontálnej krivosti (obr. 1). Priestorové rozloženie foriem reliéfu z (5) v reálnom priestore je vyjadrené na obr. 2 predstavujúceho časť testovacieho územia prác [7, 10]. Georeliéf ovplyvňuje procesy v krajine prostredníctvom svojich jednotlivých MFPR zo (4) a (5). Funkčné vzťahy pre jednotlivé MFPR sú podrobne odvodené v prácach [5, 11].

V princípe je možné georeliéf modelovať buď ako dynamický systém (uvažovaná je interakcia S_{AG}, S_{FG}, S_{RF}, obr. 3a), alebo ako statický systém (uvažované je pôsobenie S_{RF} na S_{AG} a S_{FG}, ale nie naopak, obr. 3b). Statický model má platnosť v časovom intervale ΔT_M, závislom od mierky 1:M a jej rozlišovacej úrovne U_M. V tejto práci načrtávame koncepciu statického KDMT v ľubovoľne uvažovanej mierke 1:M.

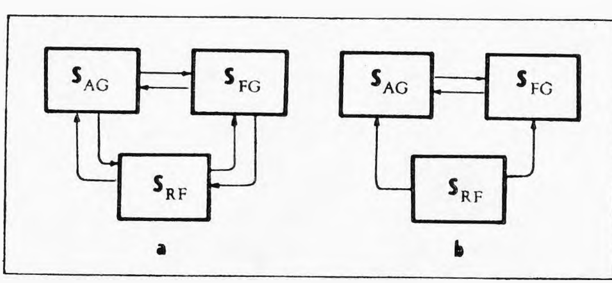
Namiesto skalárov výšok môžeme však uvažovať i skalárne hodnoty stavo-



Obr. 2.

vých veličín ktoréhokoľvek prvku e_j, a_k z množiny $G_{AG}(P,T)$, $G_{FG}(P,T)$ systémov $S_{AG}(P,T)$, $S_{FG}(P,T)$. Potom pomocou KDMT je možné modelovať jednak priebeh izočiarových polí jednotlivých stavových veličín a jednak všetky morfometrické parametre týchto polí, analogické k MFPR z množiny (4). Georeliéf zadaný skalárnym výškovým poľom sa potom stáva iba jedným z mnohých druhov primárnych skalárnych polí a morfometrická analýza reliéfu nadobúda širší interdisciplinárny význam.

Poznamenajme, že skalárne polia stavových veličín systému $S_{AG}(P,T)$ sú v uvažovanej mierke $1{:}M$ a jej U_M diskrétne, zatiaľ čo v systéme $S_{FG}(P,T)$ sú



Obr. 3.

spojité alebo kvázispojité. To vyplýva z navzájom rozdielnych vlastností prvkov $\mathbf{e}_f$, $\mathbf{a}_k$ týchto systémov. Prvky $\mathbf{a}_k$ systému $S_{FG}(P,T)$ a ich stavové veličiny vytvárajú na RGP areály. Prvky $\mathbf{e}_f$ systému $S_{AG}(P,T)$ a ich stavové veličiny sú z hľadiska tej istej mierky v priestore RGP koncentrované do bodov (uzlov) a línií. Z týchto diskrétnych polí je však na základe zavedeného predpokladu spojitosti možné tými istými algoritmami modelovať ich jednotlivé izočiarové polia, ako aj realizovať ich regionalizáciu a morfometrickú analýzu s príslušnou interpretáciou.

STAVOVÉ VELIČINY PRVKOV SYSTÉMU $S_G(P,T)$ UVAŽOVANÉ AKO ICH SKALÁRNE POLIA A TEORETICKÁ KONCEPCIA GEORELIÉFU

Priestor geografickej sféry bol vymedzený v [8, 9, 12, 13]. V nadväznosti na [12, 13] opäť uvažujme RGP v súradnicovej sústave $\langle O, \varphi, \lambda \rangle$ tvorenú množinou bodov $\mathbf{F} = [A_n(\varphi_n, \lambda_n)]_{n=1}^{\infty}$. Ku každému bodu $A_i \in \mathbf{F}$ uvažujme normálu N_i k RGP, na nej interval $\langle H_D, H_H \rangle$ s konečnou množinou bodov $M^*_i = [A^*_{is}(\varphi_i, \lambda_i), h_{is}]^{ns}_{s=1}$, pričom každá M^*_i je triedou množiny $\mathbf{M} = [M^*_i]_{i=1}^{\infty}$ (obr. 9 práce [12]).

Označme celkový stav systému $S_{AG}(P,T)$ a $S_{FG}(P,T)$ symbolom $\mathbf{Z}_{AG}(P,T)$ a $\mathbf{Z}_{FG}(P,T)$. Tento je v každom čase T a polohe P určený usporiadanou množinou celkových stavov $Z_f(P,T)$, $Z_k(P,T)$ jednotlivých prvkov

$$\begin{aligned} \mathbf{e}_f(P,T) &= [(e_{f1}(P,T), e_{f2}(P,T), \dots, e_{fm_f}(P,T)], \\ \mathbf{a}_k(P,T) &= [(a_{k1}(P,T), a_{k2}(P,T), \dots, a_{kn_k}(P,T)], \end{aligned} \tag{6}$$

z množín $G_{AG}(P,T) = [\mathbf{e}_f(P,T)]^6_{f=1}$, $G_{FG}(P,T) = [\mathbf{a}_k(P,T)]^5_{k=1}$, takže

$$\mathbf{Z}_{AG}(P,T) = [Z_f(P,T)]^6_{f=1}; \ \mathbf{Z}_{FG}(P,T) = [Z_k(P,T)]^5_{k=1}. \tag{7}$$

Pritom celkový stav $Z_f(P,T)$, $Z_k(P,T)$ zo (7) každého vektora zo (6) je pre každé jedno f, k určený množinou celkových stavov $Z_{fj}(P,T)$, $Z_{kj}(P,T)$ jednotlivých zložiek $e_{fj}(P,T)$, $a_{kj}(P,T)$ vektorov $\mathbf{e}_f$, $\mathbf{a}_k$ zo (6), takže

$$Z_f(P,T) = [Z_{fj}(P,T)]_{j=1}^{mj}; \ Z_k(P,T) = [Z_{kj}(P,T)]x_{j=1}. \tag{8}$$

Celkový stav $Z_{fj}(P,T)$, $Z_{kj}(P,T)$ každej zložky $e_{fj}(P,T)$, $a_{kj}(P,T)$ vektorov (6) je však pre každé jedno f, j, k určený množinou vnútorných stavových veličín $Z^t{}_{fj}$, $Z^p{}_{kj}$, $t\ \langle 1, n_t \rangle$, $p\ \langle 1, n_p \rangle$, takže

$$Z_{fj}(P,T) = [Z^t{}_{fj}(P,T)]_{t=1}^{nt} \ ; \ Z_{kj}(P,T) = [Z^p{}_{kj}(P,T)]_{p=1}^{np}. \tag{9}$$

Teda $\mathbf{Z}_{AG}(P,T)$, $\mathbf{Z}_{FG}(P,T)$ bude vzhľadom na (8) a (9) vyjadrené v tvare

$$\mathbf{Z}_{AG}(P,T) = [[[Z^t{}_{fj}(P,T)]_{t=1}^{nt}]_{j=1}^{nj}]^6_{f=1}; \ \mathbf{Z}_{FG}(P,T) = [[[Z^p{}_{kj}(P,T)]_{p=1}^{np}]_{j=1}^{nj}]^5_{k=1}. \tag{10}$$

Stavové veličiny sú navzájom funkčne späté a zároveň sú funkciou polohy a času T. Nás však teraz zaujíma iba priestorové rozloženie hodnôt týchto stavových veličín vo zvolenom čase T. Stavové veličiny (10) pre ľubovoľný bod $A^*_{is} \in M^*_i$ na normále N_i k RGP z hľadiska geoinformačného systému výsledne vyjadríme ako usporiadané množiny informácií

$$[\mathbf{Q}^j_{is}]^6_{j=1} = \mathbf{Z}_{AG}\,(P_{is}, T); \; [\mathbf{Q}^k_{is}]^5_{k=1} = \mathbf{Z}_{FG}\,(P_{is}, T) \tag{11}$$

tvoriace v tomto bode $A^*_{is} \in M^*_i$ množinu informácií

$$\mathbf{Q}_{i_s} = \{[\mathbf{Q}^j_{is}]^6_{j=1}; \; [\mathbf{Q}^k_{is}]^5_{k=1}\} \tag{12}$$

o všetkých tých vektoroch (6), ktoré sa v tomto bode nachádzajú. Vztiahnime teraz množinu (12) z každého bodu $A^*_{is} \in M^*_i$ do bodu $A_i \in \mathbf{F}$ na RGP. Potom ku každému bodu $A_i \in \mathbf{F}$ na RGP je vztiahnutá usporiadaná množina údajov $\overline{\mathbf{Q}}_i$ tak, že pre každého jedno $i \leq n = 1, 2, \ldots$

$$\mathbf{Q}_i = [\mathbf{Q}_{is}]^m_{s=1}, \tag{13}$$

takže k množine $\mathbf{F}$ je priradená množina informácií $\overline{\overline{\mathbf{Q}}} = [\overline{\mathbf{Q}}_n]^{\infty}_{n=1}$. Z hľadiska nášho cieľa uvažujme v stavových veličinách (10) obsiahnutých v (13) iba ich skalárne hodnoty, ktoré závisia vo zvolenom čase T od polohy P na RGP. Hodnota každého jedného Z^t_{fj}, Z^p_{kj} tvorí tak na RGP skalárne pole ako funkciu polohy P, vyjadrené pre každé jedno f, k, j, t, p funkčnými vzťahmi

$$Z^t_{fj} = F_{fjt}\,(\varphi, \lambda, h); \; Z^p_{kj} = F_{kjp}\,(\varphi, \lambda, h). \tag{14}$$

Tým sú vytvorené predpoklady pre kartografické zobrazenie týchto polí (14) do zobrazovacieho priestoru a pre ich modelovanie a kartografické vyjadrenie v tomto priestore. Avšak i veličina h_{ir} tvorí na RGP pre pevný zemský povrch tzv. skalárne pole výšok georliéfu, ktoré je predmetom nášho záujmu.

Definícia georeliéfu. Uvažujme vo zvolenej súradnicovej sústave $\langle O, \varphi, \lambda \rangle$ povrchové časti litosféry $\mathfrak{a}_3\,(P, T)$ s príslušnými časťami biosféry $\mathfrak{a}_5\,(P, T)$, charakterizované v každom bode $A^*_{ir} \in M^*_i$ v každom časovom momente celkovými stavmi $Z_3\,(P, T)$, $Z_4\,(P, T)$, $Z_5\,(P, T)$, tvoriace pevné, avšak dynamické rozhranie medzi atmosférou $\mathfrak{a}_1\,(P, T)$, resp. hydrosférou $\mathfrak{a}_2\,(P, T)$ s celkovými stavmi $Z_1\,(P, T)$, $Z_2\,(P, T)$. Zaveďme na pevné rozhranie vhodne volenú rozlišovaciu úroveň U_M tak, aby sme mu z hľadiska jeho priestorového priebehu mohli prisúdiť vlastnosti plochy tvorenej množinou bodov $\mathbf{R}^* = [A^*_{nr}]^{\infty}_{n=1} \subset \mathbf{M}$ na množine normál $[N_n]^{\infty}_{n=1}$ k RGP, kde $r \leq m$ nadobúda vždy iba jednu hodnotu pre každé jedno $n = 1, 2, \ldots$ Takto uvažované pevné rozhranie nazvime zemským reliéfom. Potom reliéf Zeme (georeliéf) je na určitej rozlišovacej úrovni U_M vedené pevné, avšak dynamické rozhranie medzi litosférou $\mathfrak{a}_3\,(P, T)$, resp. pedosférou $\mathfrak{a}_4\,(P, T)$ na jednej strane a atmosférou $\mathfrak{a}_1\,(P, T)$, resp. hydrosférou $\mathfrak{a}_2\,(P, T)$ na druhej strane, závislé od vzájomných stavov $Z_3\,(P, T)$, $Z_4\,(P, T)$, $Z_1\,(P, T)$, $Z_2\,(P, T)$, ktoré má z hľadiska jeho priestorového priebehu vlastnosti plochy a ktoré teda považujeme za plochu tvorenú množinou

$$\mathbf{R}^* = [A^*_{nr}\,(\varphi_n, \lambda_n, h_n, T)]^{\infty}_{n=1} \subset \mathbf{M} = [M^*_n]^{\infty}_{n=1} \tag{15}$$

na množine normál $[N_n]^{\infty}_{n=1}$ v intervale $\langle H_D, H_H \rangle$.

Tým je georeliéf jednoznačne definovaný ako celok, ktorý je možné v každom jeho ľubovoľnom bode $A^*_{ir} \in \mathbf{R}^*$ vyjadriť množinou MFPR (4) a ktorý sa priestorove diferencuje do geometrických foriem (5). Na základe MFPR (4) a z nich odvodených geometrických foriem (5) je potom možné vyčleniť tzv. morfotopy (MFT) definované v [18].

MFT možno teda z hľadiska stanoveného cieľa charakterizovať ako najmenšie relatívne homogénne priestorové jednotky georeliéfu určené usporiadanou množinou

$$(\mathrm{MFT}) = \{z_{str}, \Delta z, (\Delta\gamma_N)_{ij}, (\Delta A_N)_{ij}, F\}, \tag{16}$$

kde z_{str} — stredná nadmorská výška MFT, Δz — výškový interval medzi maximálnou a minimálnou výškou v MFT, $(\Delta\gamma_N)_{ij}$ — zvolený interval $\langle(\gamma_N)_{ij}\ (\gamma_N)_j\rangle$ sklonu v smere spádnice príslušného MFT, $(\Delta A_N)_{ij}$ — zvolený interval $\langle A_N)_i, (A_N)_j\rangle$ orientácie georeliéfu voči svetovým stranám príslušného MFT, F — formy reliéfu charakterizované množinou (2) v MFT.

Z hľadiska vlastného vyčlenenie všetkých teoreticky možných MFT budú však v (16) podstatné $(\Delta\gamma_N)_{ij}$, $(\Delta A_N)_{ij}$, F. Zvoľme napr. tieto intervalové odstupňovania pre $(\Delta\gamma_N)_{ij}$, $(\Delta A_N)_{ij}$, pričom $(\Delta\gamma_N)_{ij}$:

$$\underset{1}{\langle 0°, 1°)}, \underset{2}{\langle 1°, 3°)}, \underset{3}{\langle 3°, 5°)}, \underset{4}{\langle 5°, 7°)}, \underset{5}{\langle 7°, 10°)}, \underset{6}{\langle 10°, 15°)}, \underset{7}{\langle 15°, 20°)}, \underset{8}{\langle 20°, \ldots)}, \tag{17}$$

$$(\Delta A_N)_{ij}: \underset{1}{\langle 0°, 30°)}, \underset{2}{\langle 30°, 60°)}, \underset{3}{\langle 60°, 90°)}, \underset{\ldots}{\ldots}, \underset{12}{\langle 330°, 360°)},$$

kde čísla 1, 2, 3, ... pod jednotlivými intervalmi v (17) sú poradové čísla týchto intervalov, pričom formy F (4) práve tak očíslujeme podľa poradia v tvare

$$F: \underset{1}{F_{XX}}, \underset{2}{F_{KX}}, \underset{3}{F_{KK}}, \underset{4}{F_{XK}}, \underset{5}{F_{LX}}, \underset{6}{F_{LK}}, \underset{7}{F_{KL}}, \underset{8}{F_{XL}}, \underset{9}{F_{LL}}. \tag{17'}$$

Potom všetky MFT je možné vyjadriť v tvare kubickej maticovej schémy geometricky názornenej na obr. 4. Prvkami tejto matice sú jednotlivé MFT, pričom čísla na jednotlivých osiach γ_N, A_N, F sú poradové čísla zo (17), (17'). Z obr. 4 a zo (17) vyplýva, že pre každú jednu formu F zo (17) možno teoreticky vyčleniť 96 MFT. Kubickú maticovú schému tvorí teda deväť submatíc podľa jednotlivých foriem (17'), ktoré v zmysle obr. 4 vyjadríme v tvare

$$(\mathbf{MFT})_1 = \begin{pmatrix} 111, 121, \ldots, 1\ 12\ 1 \\ 211, 221, \ldots, 2\ 12\ 1 \\ \ldots. \\ 711, 721, \ldots, 7\ 12\ 1 \end{pmatrix}; (\mathbf{MFT})_2 = \begin{pmatrix} 112, 122, \ldots, 1\ 12\ 2 \\ 212, 222, \ldots, 2\ 12\ 2 \\ \ldots. \\ 712, 722, \ldots, 7\ 12\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\ldots\ldots\ldots \tag{18}$$

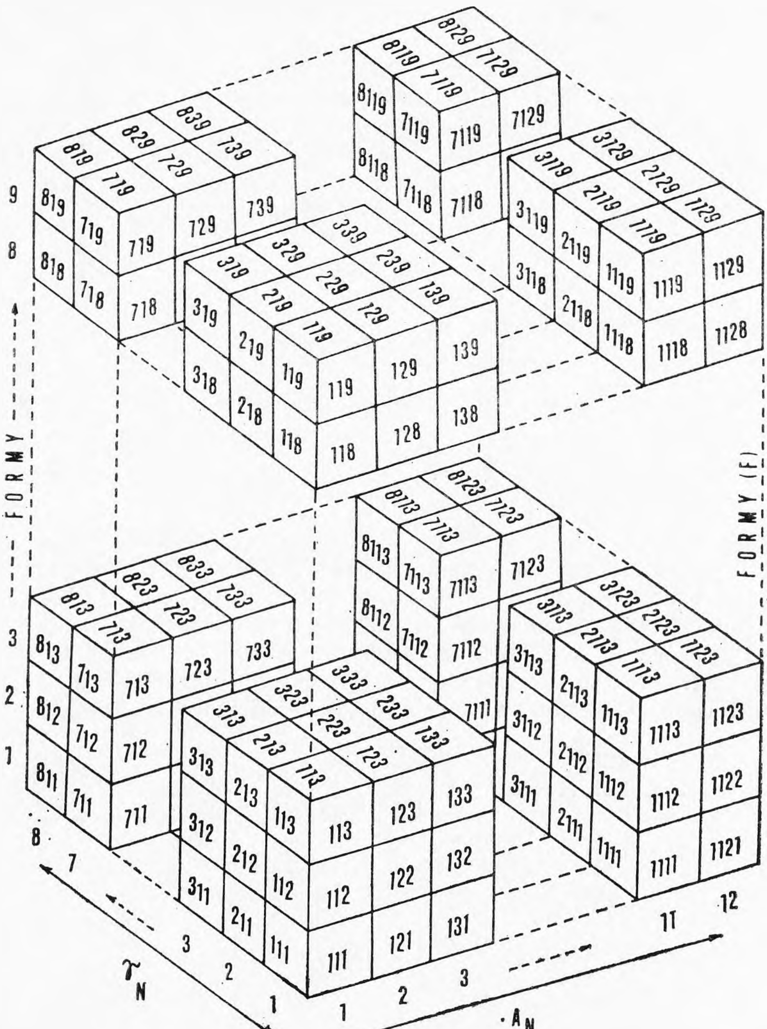
$$(\mathbf{MFT})_8 = \begin{pmatrix} 118, 128, \ldots, 1\ 12\ 8 \\ 218, 228, \ldots, 2\ 12\ 8 \\ \ldots.. \\ 718, 728, \ldots, 7\ 12\ 8 \end{pmatrix}; (\mathbf{MFT})_9 = \begin{pmatrix} 119, 129, \ldots, 1\ 12\ 9 \\ 219, 229, \ldots, 2\ 12\ 9 \\ \ldots.. \\ 719, 729, \ldots, 7\ 12\ 9 \end{pmatrix}$$

pričom v maticiach (18) sú pre úsporu napísané iba indexy ich prvkov $(\mathrm{MFT})_{iii}$ $i = 1, 2, \ldots, 9, 10$ v tvare usporiadaných trojíc poradových čísiel zo (17) a

(17′). To znamená, že napr. MFT_{483} je prvkom matice $(\mathbf{MFT})_3 = (\mathbf{MFT})_{F_{KK}}$ a je charakterizovaný nasledovnými hodnotami zo (17) a (17′)

$$MFT_{483} = \{\langle 5°, 7°), \langle 240°, 270°), F_{KK}\}. \tag{19}$$

Úplné vyjadrenie MFT nielen podľa sklonu a orientácie georeliéfu, ale aj podľa jeho geometrických foriem je veľmi dôležité, lebo jednotlivé geometrické formy majú pri tom istom sklone a tej istej orientácii pri tých istých geologických a klimatických podmienkach iný hydrotermický režim. Napríklad morfotop



Obr. 4,

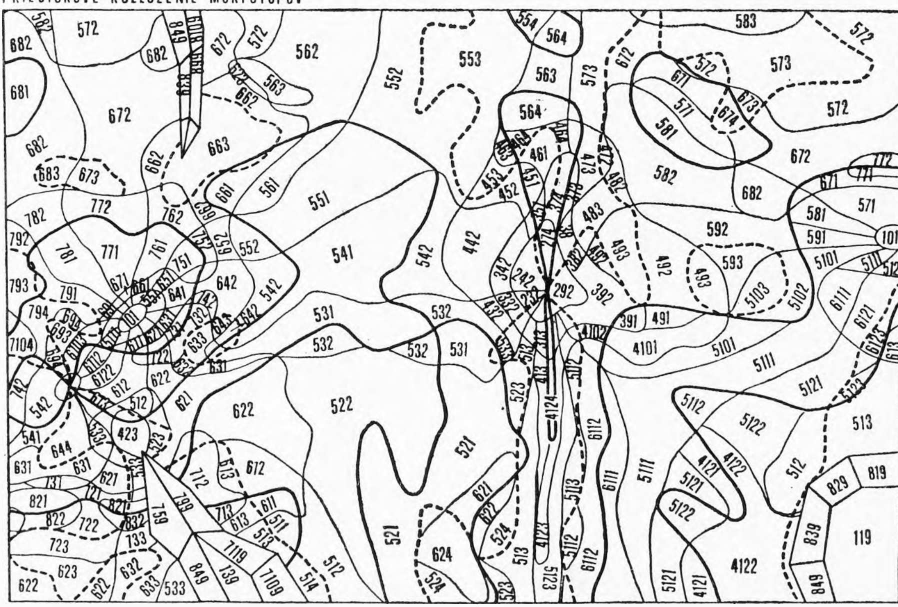
$$\mathrm{MFT}_{521} = \{(420m)_{str}, 18m, \langle 10°, 15°), \langle 30°, 60°), F_{XX} \; (+0{,}012; \; +0{,}152\} \tag{20}$$

bude mať iný hydrotermický režim ako

$$\mathrm{MFT}_{523} = \{(420m)_{str}, 18m, \langle 10°, 15°), \langle 30°, 60°), F_{KK} \; (-0{,}012; \; -0{,}152)\}. \tag{21}$$

V (20) a (21) sú fomy v zmysle prác [5, 11] kvantitatívne vyjadrené pomocou normálovej krivosti ω a horizontálnej krivosti K_r. Priestorové rozloženie MFT je vyjadrené na obr. 5.

PRIESTOROVÉ ROZLOŽENIE MORFOTOPOV



541 usporiadané trojice indexov kubickej maticovej schémy určujúce jednotlivé morfotopy. Tak napr. 541 určuje morfotop MFT_{541} $[<7°, 10°), <90°, 120°), F_{XX} (\omega > 0, K_r > 0)]$

1 - - - - nulová norm. krivosť ($\omega = 0$) ako hranica morfotopov (MFT)
2 ——— nulová horizont. kriv. ($K_r = 0$) ako hranica morfotopov (MFT)
3 ——— hranice morfotopov urč. sklonom γ_N a orient. A_N reliéfu voči svet. stranám

Obr, 5.

Z definície georeliéfu vyplýva, že priestorové rozloženie výšok h_{ir} bodov $A^*_{ir} \in \mathbf{R}^*$, ako aj zmena h_{ir} o Δh_{ir} za časový interval ΔT je vo funkčnom vzťahu k usporiadaným množinám (10). Výška h_{ir} a jej zmena Δh_{ir} má v uvažovanej mierke $1{:}M$ mierkovú veľkosť $(h_M)_{ir} = h_{ir}/M$ a $(\Delta h_M)_{ir} = \Delta h_{ir}/M$, pričom z hľadiska grafickej presnosti najmenšia praktická mierková veľkosť $(\Delta h_M)_L = 0{,}01$ cm, takže $\Delta h_L = 0{,}01 \text{ cm} \,.\, M$. Z toho vyplýva i dĺžka platnosti ΔT_M statického modelu v závislosti od mierky M. Statický model má v $1{:}M$ platnosť pre také ΔT_M, za ktoré *sa* h_{ir} zmení o $\Delta h_{ir} < (\Delta h_L)$. Tak pre $M = 1000$ $\Delta h_{ir} < \Delta m/_L = 10$ cm, pre M 5 000 $\Delta h_{ir} < \Delta h_L = 50$ cm, pre $M = 10\,000$

$\Delta h_{ir} < \Delta h_L = 100$ cm, atď., z čoho vyplýva rôzna dĺžka platnosti ΔT_M pre príslušnú mierku M. Výškové pole na RGP môžeme preto bez uvažovaného T vyjadriť vzťahom

$$h = F_R(\varphi, \lambda);\ h\ \langle h_{min}, h_{max}\rangle. \tag{22}$$

OPERÁCIA ZOBRAZENIA SKALÁRNEHO POĽA VÝŠOK h A SKALÁRNYCH POLÍ Z^t_{fj}, Z^p_{kj} DO ZOBRAZOVACIEHO PRIESTORU (o, x, y, z) A VYJADRENIE MORFOMETRICKÝCH PARAMETROV RELIÉFU

V zmysle už uvedeného uvažujme v každom bode $A_i \in \mathbf{F}$ na RGP iba skalárne hodnoty veličín Z^t_{fj}, Z^p_{kj} z $\bar{\mathbf{Q}}_i \subset \bar{\bar{\mathbf{Q}}}$ (13). V zmysle prác [12, 13] uvažujme jednojednoznačnú operáciu zobrazenia

$$A_i\ (\varphi_i, \lambda_i, h_i)\ \bar{\mathbf{Q}}_i :\rightleftarrows: A'_i\ (x_i, y_i, z_i)\ \bar{\mathbf{Q}}'_i \tag{23}$$

bodov $A_i \in \mathbf{F}$ a k nim priradených informácií $\bar{\mathbf{Q}}_i$ z RGP do bodov $A'_i \in \mathbf{E}$ zobrazovacej roviny (x, y) s priradenými zobrazenými informáciami $\bar{\mathbf{Q}}'_i$ a naopak, pričom pri zobrazení $\bar{\mathbf{Q}}_i \rightarrow \bar{\mathbf{Q}}'_i$ predpokladáme zobrazenie skalárnych hodnôt z RGP do skalárnych hodnôt v zobrazovacej rovine (x, y). Operácia zobrazenia (23) je potom určená zobrazovacími rovnicami

$$\begin{aligned} x_i &= f_1\ (\varphi_i, \lambda_i);\ y_i = f_2\ (\varphi_i, \lambda_i);\ z_i = h_i;\ \bar{\mathbf{Q}}_i = \bar{\mathbf{Q}}'_i, \\ \varphi_i &= \mathrm{F}_1\ (x_i, y_i);\ \lambda_i = \mathrm{F}_2\ (x_i, y_i);\ h_i = z_i;\ \bar{\mathbf{Q}}'_i = \bar{\mathbf{Q}}_i. \end{aligned} \tag{24}$$

Bezozmeny zobrazené výšky h_i a skaláry Z^t_{fj}, Z^p_{kj} z $\bar{\mathbf{Q}}_i$ do výšok z_i a skalárov Z'^t_{fj}, Z'^p_{kj} z $\bar{\mathbf{Q}}'_i$ tvoria v skalárnej báze (x, y) zobrazené skalárne pole výšok

$$z = z\,(x, y);\ x = f_1\,(\varphi, \lambda);\ y = f_2\,(\varphi, \lambda) \tag{25}$$

a skalárne polia určené pre každé jedno f, k, j, t, p vzťahmi

$$Z'^t_{fj} = g_{fjt}\ (x, y);\ Z'^p_{kj} = g_{kjp}\ (x, y);\ x = f_1\ (\varphi, \lambda);\ y = f_2\ (\varphi, \lambda). \tag{26}$$

Polia (24) a (25) sú teda zobrazením skalárneho poľa výšok (22) a skalárnych polí (14) z RGP do zobrazovacej roviny. Ako sme už uviedli, skalárne pole (24) a skalárne polia Z'^p_{kj} z (25) sú spojité, zatiaľ čo skalárne polia Z'^t_{fj} sú diskrétne, a to ako dôsledok povahy a priestorového rozloženia prvkov e_{fj} systému S_{AG}. V socioekonomickej priestorovej analýze a jej kartografickom vyjadrení sa však diskrétne polia Z'^t_{fj} pokladajú pre každé jedno f, j, t za reprezentantov spojitých abstraktných polí predstavujúcich rôzne druhy priestorových aktivít socioekonomickej sféry. Z matematického hľadiska majú všetky skalárne polia (24), (25) spoločné vlastnosti. Preto stručný náčrt analýzy všetkých polí (24), (25) ukážeme v zmysle prác [5, 7, 10, 11] na výškovom poli (24).

Označme parciálne derivácie funkcie (25)

$$\frac{\partial z}{\partial x} = z_x; \quad \frac{\partial z}{\partial y} = z_y; \quad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = z_{xx}; \quad \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = z_{yy}; \quad \frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = z_{xy} \,. \tag{27}$$

Gradientové pole výškového poľa (25) je v zmysle prác [5, 7] vyjadrené vzťahom

$$\text{grad } z = z_x\,(x, y)\,\mathbf{i} + z_y\,(x, y)\,\mathbf{j}, \tag{28}$$

jeho skalárne pole $|\text{grad } z|$ je vyjadrené vzťahom

$$|\text{grad } z| = \text{tg}\,\gamma_N = \sqrt{[z_x\,(x, y]^2 + [z_y\,(x, y)]^2} \tag{29}$$

a skalárne pole smerov A_N gradientov výšok je vyjadrené vzťahmi

$$\text{tg} A_N = \frac{z_x\,(x, y)}{z_y\,(x, y)}\ ; \ \cos A_N = \frac{-z_x}{\sqrt{z_x{}^2 + z_y{}^2}}\ ; \ \sin A_N = \frac{-z_y}{\sqrt{z_x{}^2 + z_y{}^2}}\,. \tag{30}$$

Veličiny γ_N, A_N sú dôležitými základnými MFPR v (4). Ďalšími veličinami v (4) sú v zmysle prác [8, 9, 10, 11] ω, K_r, tvoriace v skalárnej báze polia určené vzťahmi

$$\omega = \frac{z_{xx}z^2{}_x + 2z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z^2{}_y}{(z^2{}_x + z^2{}_y)\sqrt{(1 + z^2{}_x + z^2{}_y)^3}}\ ; \ K_r = \frac{-z_{xx}z^2{}_y + 2z_{xy}z_xz_y - z_{yy}z^2{}_x}{\sqrt{(z^2{}_x + z^2{}_y)^3}} \tag{31}$$

odvodenými v práci [5]. Z horizontálnej krivosti K_r dostaneme hlavnú krivosť $K_H = K_r \sin \gamma_N$, kde

$$\sin \gamma_N = \frac{z^2{}_x + z^2{}_y}{\sqrt{1 + z_x{}^2 + z_y{}^2}}, \text{ takže } K_H = \frac{-z_{xx}z^2{}_y + 2z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z^2{}_x}{(1 + z^2{}_x + z^2{}_y)\sqrt{z^2{}_x + z^2{}_y}} \tag{32}$$

Skalárne polia (26) majú tak isto svoje gradientové polia s matematickými vlastnosťami totožnými s poľom (27) a skalárne polia matematicky totožné s poliami (29), (30). Tieto polia majú však inú interpretáciu závislú od významu toho-ktorého skalára $Z^t{}_{fj}$, $Z^p{}_{kj}$ pre každé jedno f, k, j, t, p. Morfometrická analýza georeliéfu tak nadobúda širší interdisciplinárny význam. Tento význam majú však i MFPR (5). Tak napr. MFPR γ_N, A_N sú dôležitými vstupnými premennými pri výpočte dy namiky oslnenia reliéfu, lebo určujú uhol δ_{exp} dopadu slnečného lúča na reliéf. V zmysle prác [3, 4] má vzťah pre δ_{exp} tvar

$$\frac{z_x\,(x, y)\ (C_{11} \cos T \pm C_{13}) + z_y\,(x, y)\ C_{22} \sin T + C_{31} \cos T + C_{33}}{\sqrt{[z_x\,(x, y)]^2 + [z_y\,(x, y)]^2 + 1}} = \sin \delta_{exp}, \tag{33}$$

kde $z_x\,(x, y)$, $z_y\,(x, y)$ sú parciálne derivácie (27), C_{11}, C_{13}, C_{22}, C_{31}, C_{33} sú premenné koeficienty závislé od φ, $\delta_\odot$ a T $(0^h, 24^h)$ je časový parameter. Vzťah (33) je súčasne podkladom pre výpočet celkového množstva $(Q_C)_d$ slnečného žiarenia za jeden deň určeného pri neuvažovanom zakrivení RGP vzťahom (priame slnečné žiarenie)

$$(Q_C)_d = I_0 \int_{T_v}^{T_z} p^{\frac{1}{C_{31}\cos T + C_{33}}} (K \cos T + L \sin T + M)\,\mathrm{d}T \tag{34}$$

kde T_v — čas východu z tieňa do svetla, T_z — čas západu zo svetla do tieňa daného bodu na reliéfe pre deklináciu $\delta_\odot$, I_0 — solárna konštanta, p — koeficient priepustnosti atmosféry a K, L, M sú koeficienty podrobne odvodené v prácach [3, 4].

MODELOVANIE GEORELIÉFU POMOCOU JEHO KDMT

Uvažujme v skalárnej báze (x, y) v mierke $1{:}M$ spojité skalárne pole výšok (25) dané nekonečnou množinou $\mathbf{E}$. Z nej vyberme konečnú množinu $\mathbf{A}'$ ako jej reprezentatívnu množinu v mierke $1{:}M$ tak, že

$$\mathbf{A}' = [A'_r\,(x_r, y_r, z_r)]_{r=1}^{nr} \subset \mathbf{E} = [A'_n\,(x_n, y_n, z_n)]_{n=1}^{\infty} \tag{35}$$

tvorí reprezentatívne PDBP výšok spojitého poľa (25). Množine (35) je na topografickej ploche priradená množina

$$\mathbf{A}'^{*} = [A'^{*}_r\,(x_r, y_r, z_r)]_{r=1}^{nr} \subset \mathbf{E}^{*} = [A'^{*}_n\,(x_n, y_n, z_n)]_{n=1}^{\infty}. \tag{36}$$

Body PDBP (35) nech sú rozložené podľa podmienok vyplývajúcich z rozdelenia spojitého skalárneho poľa do jednotlivých singulárnych oblastí Sg_i ($i = 1, 2, \ldots, n_i$), ktorých centrálnymi bodmi sú lokálne extrémy

$$z_x\,(x, y) = 0;\ z_y\,(x, y) = 0;\ z_{xx}\,(x, y)\ z_{yy}\,(x, y) - [z_{xy}\,(x, y)]^2 > 0,$$

[5, 6]. Jednotlivé Sg_i sú od seba oddelené ortogonálnymi trajektóriami (údolnicami) vychádzajúcimi zo singulárnych dvojných (sedlových) bodov, v ktorých

$$z_x\,(x, y) = 0;\ z_y\,(x, y) = 0;\ z_{xx}\,(x, y)\ z_{yy}\,(x, y) - [z_{yx}\,(x, y)]^2 < 0.$$

Nech zvolená skúmaná oblasť pozostáva z n_i singulárnych oblastí Sg_i. Potom PDBP v každej Sg_i môžeme pre každé jedno i uvažovať ako množinu bodov

$$\mathbf{O}_i = [A'_p\,(x_p, y_p, z_p)]_{p=1}^{np} \subset \mathbf{A}' = [A'_r\,(x_r, y_r, z_r)]_{r=1}^{nr},$$

pričom tie body A', ktoré ležia na údolniciach oddeľujúcich navzájom jednotlivé Sg_i uvažujeme ako množinu

$$\mathbf{D} = [A'_u\,(x_u, y_u, z_u)]_{u=1}^{nu} \subset \mathbf{A}' = [A'\,(x_r, y_r, z_r)]_{r=1}^{nr},$$

takže (35) vyjadríme ako

$$\mathbf{A}' = \bigcup_{i=1}^{ni} \mathbf{O}_i \cup \mathbf{D},\ t.\ j$$

$$\mathbf{A}' = \bigcup_{i=1}^{ni} [[A'_p(x_p, y_p, z_p)]_{p=1}^{np}]_i \cup [A'_u(x_u, y_u, z_u)]_{u=1}^{nu}, \tag{37}$$

pričom $\bigcap_{n=1}^{ni} \mathbf{O}_i \cap \mathbf{D} = \emptyset$ (obr. 6a). Body A'_p z $\mathbf{O}_i$ tvoria v každej Sg_i vrcholové body PTS. Spojnice navzájom susediacich bodov z $\mathbf{D}$ tvoria ramená trojuholníkov PTS, oddeľujúce od seba jednotlivé Sg_i. Každá Sg_i má tak svoj vlastný systém trojuholníkov PTS (obr. 6a).

Možný postup pre výpočet MFPR zo zadaného PDBP (35) je v zmysle práce [11] v princípe dvojaký:

a) výpočet MFPR postupne na jednotlivých častiach georeliéfu aproximáciou funkcie (25) polynómom dvoch premenných,

b) výpočet MFPR vo vrcholových bodoch STS na základe PTS vytvorenej zo zadaného PDBP s následnou interpoláciou a výpočtom izočiar, resp. profilov aproximáciou funkcie jednej premennej [10, 11]. Teraz ukážeme koncepciu KDMT z hľadiska bodu b).

Majme teda reprezentatívne PDBP (35), resp. (37) a jeho PTS s ťažiskami $T(x_T, y_T, z_T)$ tvoriacimi množinu $\mathbf{T} = [T_v]_{v=1}^{nv}$, ktorú možno podľa jednotlivých Sg_i rozložiť na triedy T_i, kde pre každé jedno $i \leq n_i$ $T_i = [T_j]_{j=1}^{nj}$, takže

$$\mathbf{T} = [T_v]_{v=1}^{nv} = [T_i]_{i=1}^{ni} = [[T_j]_{j=1}^{nj}]_{i=1}^{ni} \tag{38}$$

Triedy T_i sú teda pre jednotlivé $i \leq n_i$ dizjunktnými podmnožinami ťažísk v jednotlivých Sg_i (obr. 6a). Na podmnožine ramien PTS tvoriacich rozhranie medzi Sg_i uvažujme v „strede" každého i-tého ramena jeden bod B_i tak, že tieto body tvoria podmnožinu $\mathbf{B} = [B_e]_{e=1}^{ne}$ (obr. 6a, b). Uvažujme z (37) jednotlivé podmnožiny $\mathbf{O}_i$ v zmenenej funkcii tak, že každý bod $A'_i \in \mathbf{O}_i$ tvorí „stred" q-uholníka STS [7, 10]. Každá Sg_i obsahuje potom podmnožinu q-uholníkov $\mathbf{Q}_i = [Q_p]_{p=1}^{np}$, ktorých obvodové ramená tvoria tzv. prvú osnovu ramien STS (obr. 6b), zatiaľ čo spojnice vrcholov i-tého q-uholníka s jeho stredom A_i tvoria tzv. druhú osnovu STS [7, 10]. Každá Sg_i má tak pre každé jedno i $q \cdot n_p$ vnútorných sekundárnych trojuholníkov (obr. 7a). Uvažujme ďalej z (37) podmnožinu $\mathbf{D}$ v zmenenej funkcii tak, že pre každý bod $A' \in \mathbf{D}$ tvorí ťažisko jedného rozhraničujúceho q-uholníka, pričom dva body B_i, $B_j \in \mathbf{B}$ na susedných ramenách so spoločným vrcholom A'_i patria k vrcholom tohto q-uholníka (obr. 7b). Spojnice vrcholov každého tohto q-uholníka s jeho „stredom" tvoria tzv. tretiu osnovu STS. Do nej patria aj spojnice priľahlých okrajových ťažísk T_i, T_j s bodmi B_i, B_j, t. j. $\overline{T_iB_i}$, $\overline{T_jB_j}$ a pôvodné rozhraničujúce ramená PTS medzi Sg_i (obr. 7b). STS sa tak skladá jednak z trojuholníkov v podmnožine $\mathbf{Q}_i$ (i = 1, 2, ..., n_i) a jednak z podmnožiny tých trojuholníkov v rozhraničujúcich q-uholníkoch, ktoré patria do tejto Sg_i. Celková skladba STS je na obr. 7c.

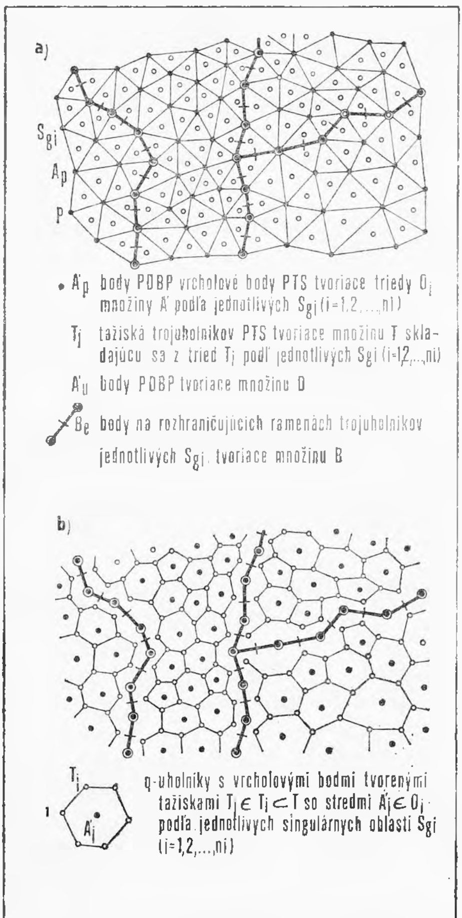
V zmysle uvedeného potom SDBP môžeme charakterizovať ako množinu

$$\mathbf{C} = \mathbf{A}' \cup \mathbf{T} \cup \mathbf{B} = [A'_r]_{r=1}^{nr} \cup [T_v]_{v=1}^{nv} \cup [B_e]_{e=1}^{ne}, \tag{39}$$

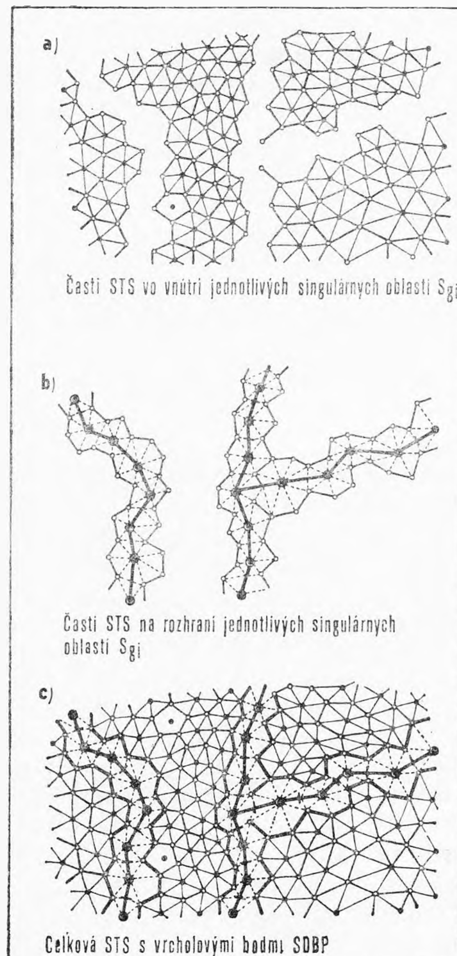
kde ku každému bodu $A'_j \in \mathbf{C}$ sú postupne podľa jednotlivých množín **T**, **A'** B priradené jednak MFPR vypočítané z pôvodneho PDBP (35) a jednak ďalšie sekundárne parametre vypočítané na základe MFPR a ďalších vstupných údajov takto:
Pre všetky $T_i \in \mathbf{T} \subset \mathbf{C}$ informácie o gradientovom poli (28) sa získajú výpočtom z PDBP (35) v tvare diskrétneho gradientového poľa

$$\operatorname{grad} z = \frac{D_x}{D_z}\,\mathbf{i} + \frac{D_y}{D_z}\,\mathbf{j} \text{ kde } \frac{D_x}{D_z} = z_x(x_T, y_T); \quad \frac{D_y}{D_z} = z_y(x_T, y_T), \tag{40}$$

pričom D_x, D_y, D_z sú subdeterminanty vektorového súčinu



Obr. 6.



Obr. 7.

$$\mathbf{V}_{ij} \times \mathbf{V}_{ik} = \mathrm{D}_x \mathbf{i} + \mathrm{D}_y \mathbf{j} + \mathrm{D}_z \mathbf{k}, \quad (41)$$

kde $\mathbf{V}_{ij}$, $\mathbf{V}_{ik}$ sú vektory určené bodmi A'_i, A'_j, A'_k PDBP [7, 10, 11]. Potom skalárnemu poľu |grad z| (29) a skalárnemu poľu (30) odpovedá v bodoch množiny $\mathbf{T}$ diskrétne skalárne pole tak, že v každom bode $T_i \in \mathbf{T}$

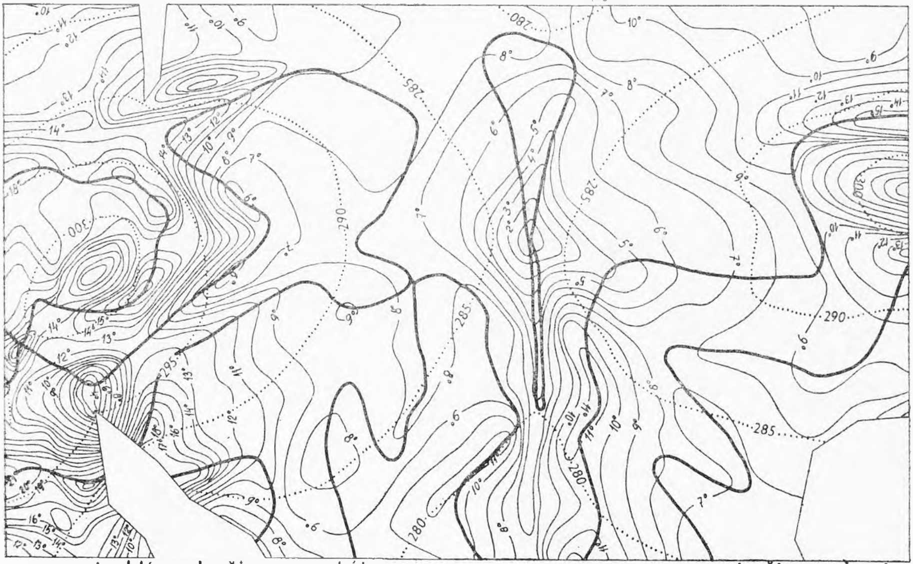
$$|\mathrm{grad}\ z|_{T_i} = \mathrm{tg}\ (\gamma_N)_{T_i} = \frac{\sqrt{\mathrm{D}_x^2 + \mathrm{D}_y^2}}{\mathrm{D}_z}\ ;\ \mathrm{tg}\ A_N = \frac{\mathrm{D}_y}{\mathrm{D}_x} \quad (42)$$

pričom výsledná hodnota A_N je určená znamienkami D_x, D_y [7].
Priebeh izoklín, t. j. izočiar rovnakého sklonu reliéfu v smere spádových kriviek, vyjadrený v uhlových hodnotách $\gamma_N = \mathrm{arc}\ |\mathrm{grad}\ z|$ a vypočítaný z testovacieho PDBP práce [10], je vyjadrený na obr. 8. Priebeh izočiar rovnakej orientácie reliéfu voči svetovým stranám vyjadrený v uhlových hodnotách $A_N = \mathrm{arc}\ \mathrm{tg}\ [\mathrm{D}_y/\mathrm{D}_x]$ a vypočítaný z toho istého testovacieho PDBP práce [10] je vyjadrený na obr. 9. Vzťah (33) nadobúda pre všetky $T_i \in \mathbf{T}$ tvar

$$\frac{\mathrm{D}_x\ (C_{11} \cos T + C_{13}) + \mathrm{D}_y\ (C_{22} \sin T + \mathrm{D}_z\ (C_{31} \cos T + C_{33})}{\sqrt{\mathrm{D}_x^2 + \mathrm{D}_y^2 + \mathrm{D}_z^2}} = \sin\ (\delta_{exp})_{T_i}. \quad (43)$$

Množstvo $(Q_C)_d$ dopadajúceho priameho slnečného žiarenia vyjadrené v Jouloch sa pre všetky $T_i \in \mathbf{T}$ vypočíta podľa vzťahu (34), v ktorom však vo veli-

SKLONY RELIÉFU V SMERE SPÁDOVÝCH KRIVIEK - POČÍTAČOM VYROVNANÝ PRIEBEH IZOKLÍN NA ZÁKLADE APROXIMUJÚCEHO POLYNÓMU $Y = p(x) = \sum_{i=0}^{n=3} a_i x^{n-i}$



1 — 9° — izoklíny - izočiary rovnakého sklonu γ_N reliéfu v smere spádnic
2 ······285······ vrstevnice
3 ——— izočiary nulovej krivosti reliéfu $\omega = 0$

Obr. 8.

činách K, L, M obsiahnuté parciálne derivácie (27) budú vyjadrené pomocou D_x, D_y, D_z z vektorového súčinu (41). Priestorové rozloženie dopadajúceho priameho slnečného žiarenia je vyjadrené na obr. 10.

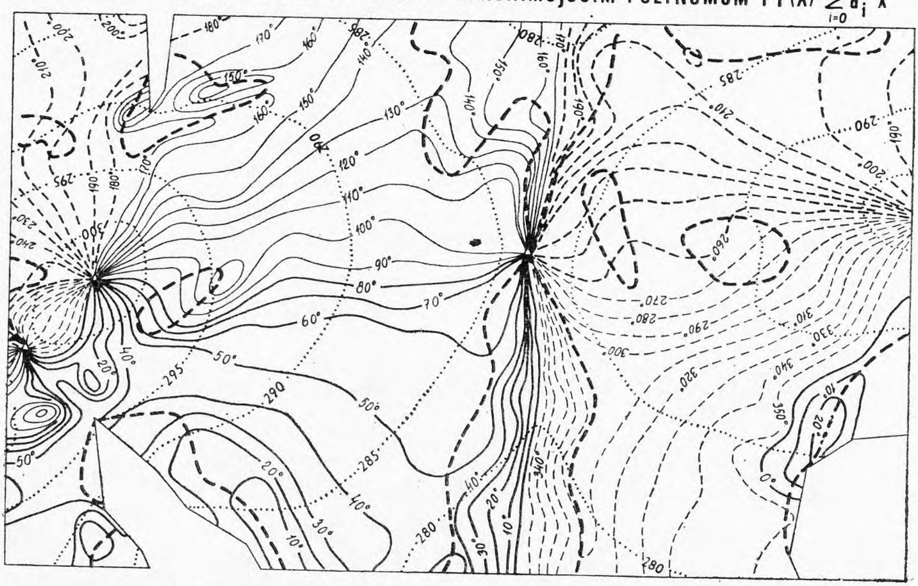
MODELOVANIE PRIMÁRNYCH POLÍ Z'^{t}_{ji}, Z'^{p}_{kj} SOCIOEKONOMICKEJ A FYZICKOGEOGRAFICKEJ SFÉRY POMOCOU KDMT

Uvažujme teraz v množine (35) na miesto skalára výšky z skaláry Z'^{t}_{ji}, Z'^{p}_{kj} z množiny $\overline{\mathbf{Q}}_i$. Skaláry Z'^{p}_{kj} tvoria pre každé jedno k, j, p skalárne polia, ktoré môžeme považovať za spojité, dané teda v skalárnej báze (x, y) množinou $\mathbf{E}$. Z nej môžeme z hľadiska mierky 1:M vybrať pre každé jedno k, j, p konečnú množinu bodov

$$\mathbf{A}' = [A'_s(x_s, y_s, Z'^{p}_{kj})]_{s=1}^{ns} \subset \mathbf{E} = [A_n(x_n, y_n, Z'^{p}_{kj})]_{n=1}^{\infty} \qquad (44)$$

tvoriacu reprezentatívne PDBP skalárov Z'^{p}_{kj} pre každé jedno k, j, p, ktorá tvorí vrcholy PTS. Táto je zároveň podkladom pre výpočet primárnych izočiarových polí Z'^{p}_{kj} podľa jednotlivých k, j, p, ďalej pre výpočet SDBP, STS a morfometrických parametrov týchto polí.

ORIENTÁCIA (EXPOZÍCIA) RELIÉFU VOČI SVETOVÝM STRANÁM – POČÍTAČOM VYROVNANÝ PRIEBEH IZOČIAR APROXIMUJÚCIM POLYNÓMOM $Y=P(X)=\sum_{i=0}^{n-3} a_i X^{n-i}$



izočiary rovnakej orientácie (expozície) reliéfu podľa kvadrantu IQ, IIQ, IIIQ, IVQ

1 IQ 80° 0°
2 IIQ 110° 90°
3 IIIQ 260° 180°
4 IVQ 350° 270°
5 290 vrstevnice
6 izočiary nulovej horizontálnej krivosti reliéfu ($K_r=0$)

Obr. 9.

Naproti tomu skalárne polia Z'^t_{fj} zo socioekonomickej sféry sú pre každé jedno f, j, t diskrétne, čo je dané povahou prvkov e_{fj}. Tieto vytvárajú v skalárnej báze (x, y) v mierke $1{:}M$ navzájom od seba oddelené uzly kartograficky zobrazené ako bodové znaky, ku ktorým sú priradené skaláry Z'^t_{fj} podľa jednotlivých f, j, t. Preto v princípe

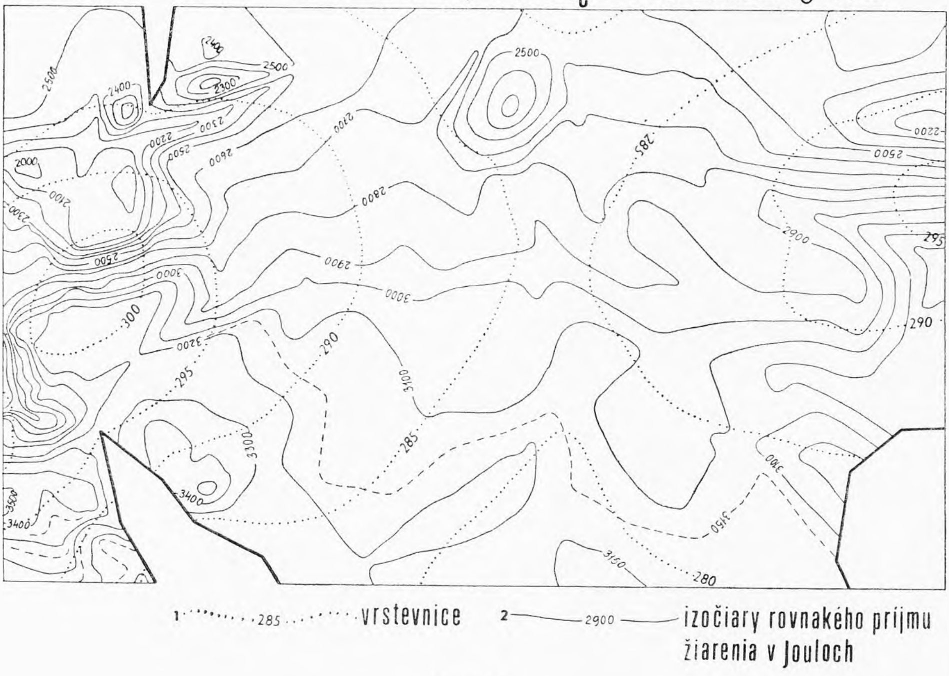
$$\mathbf{A}' = [A'_s\,(x_s,\ y_s,\ Z'^t_{fj})]_{s=1}^{ns} \not\subset \mathbf{E} = [A'_n\,(x_n,\ y_n,\ Z'^t_{fj})]_{n=1}^{\infty}. \tag{45}$$

Množina PDBP (45) sa však v socioekonomických vedách dodatočne považuje za reprezentatívnu množinu PDBP nekonečnej množiny $\mathbf{E} = [A'_n\,(x_n,\ y_n,\ Z'^t_{fj})]_{n=1}^{\infty}$ tvoriacej abstraktné spojité polia Z'^t_{fj} pre každé jedno f, j, t, takže

$$\mathbf{A}' = [A'_s\,(x_s,\ y_s,\ Z'^t_{fj})]_{s=1}^{ns} \subset \mathbf{E} = [A'_n\,(x_n,\ y_n,\ Z'^t_{fj})]_{n=1}^{\infty}. \tag{46}$$

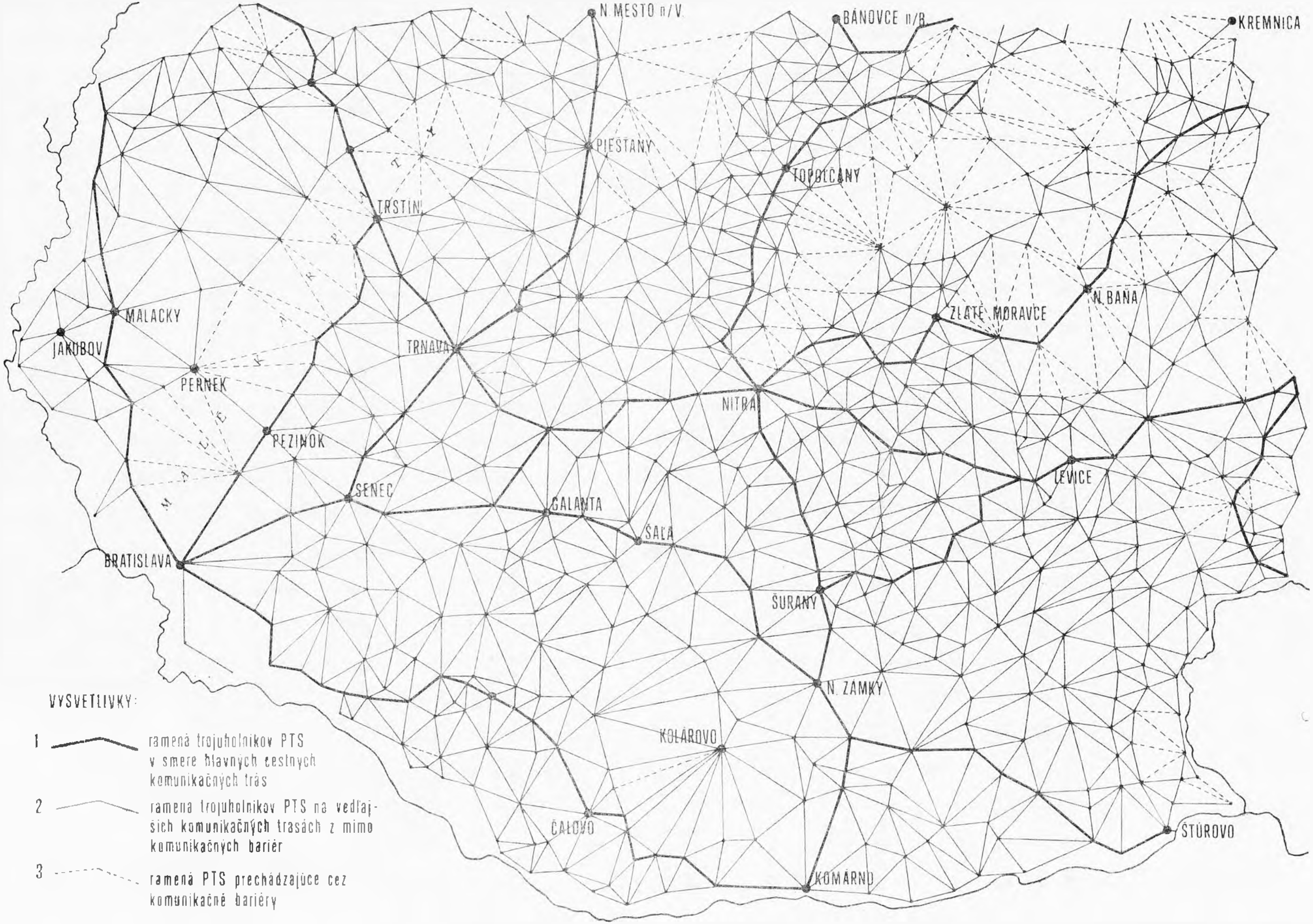
Množina (46) predstavuje pre jednotlivé f, j, t polia priestorovej aktivity socioekonomickej sféry. Na základe zavedeného predpokladu (46) je možné pomocou KDMT zostrojiť PTS, STS a modelovať izočiarové polia jednotlivých aktivít, ich interpolačné plochy (t. j. priestorové plochy jednotlivých socioekonomických aktivít, trendové plochy, atď.), resp. je možné pre jednotlivé f, j, t

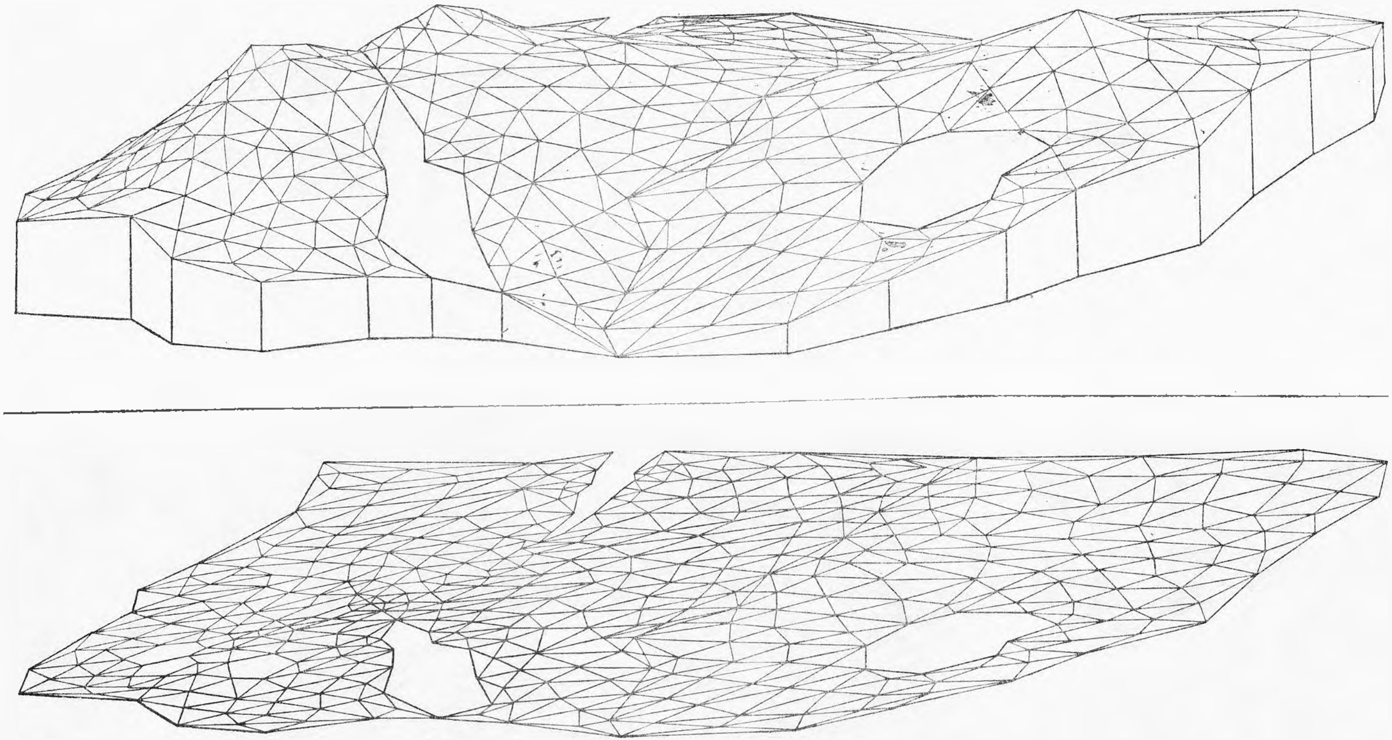
PRÍJEM PRIAMEHO SLNEČNÉHO ŽIARENIA V JOULOCH Q_C PRE DEKLINÁCIU $\delta_\odot = 05°01'$



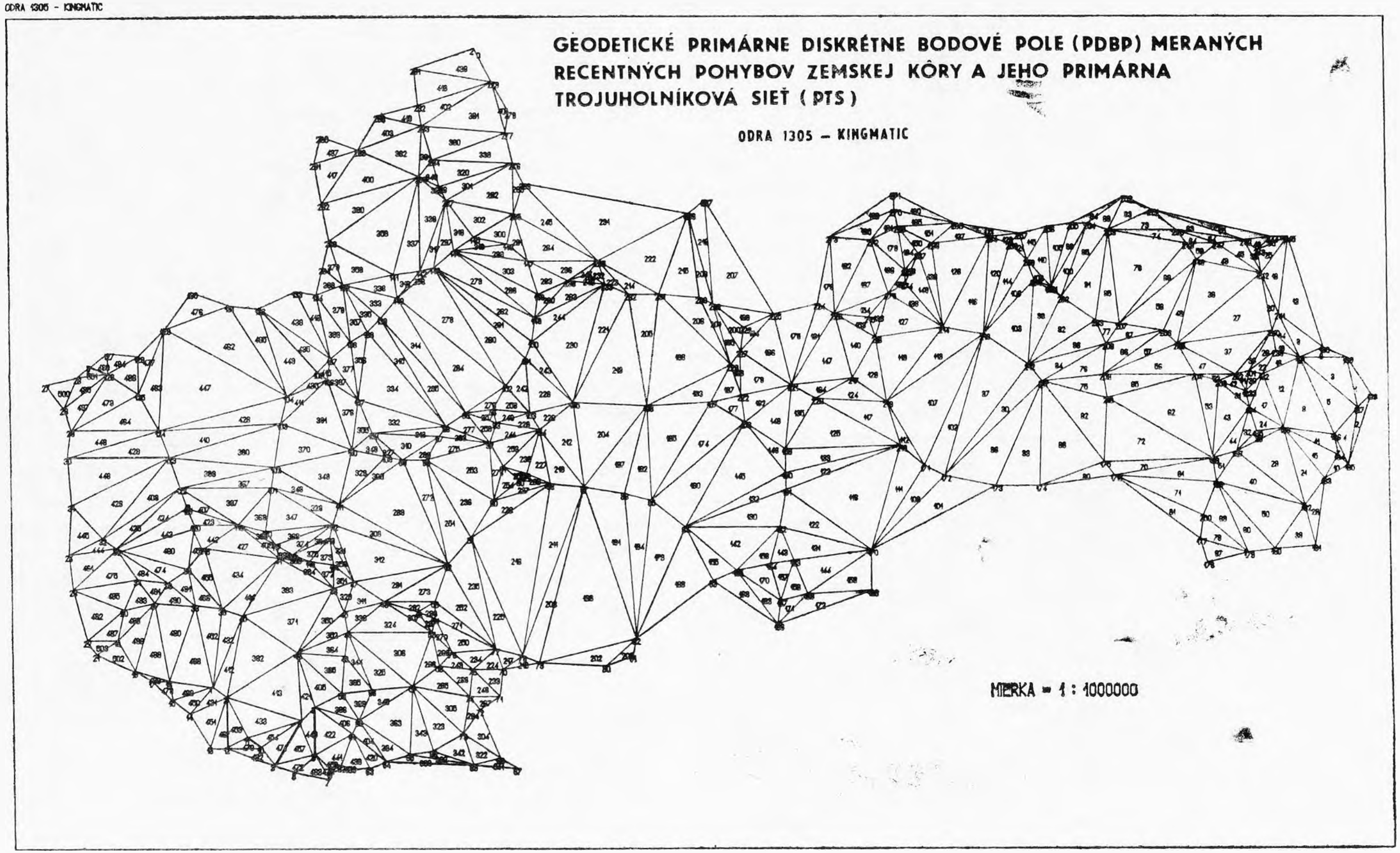
Obr. 10.

SÍDELNÁ PRIMÁRNA TROJUHOLNÍKOVÁ SIEŤ – SÍDLA AKO UZLOVÉ (VRCHOLOVÉ) BODY PRIMÁRNEJ TROJUHOLNÍKOVEJ SIETE

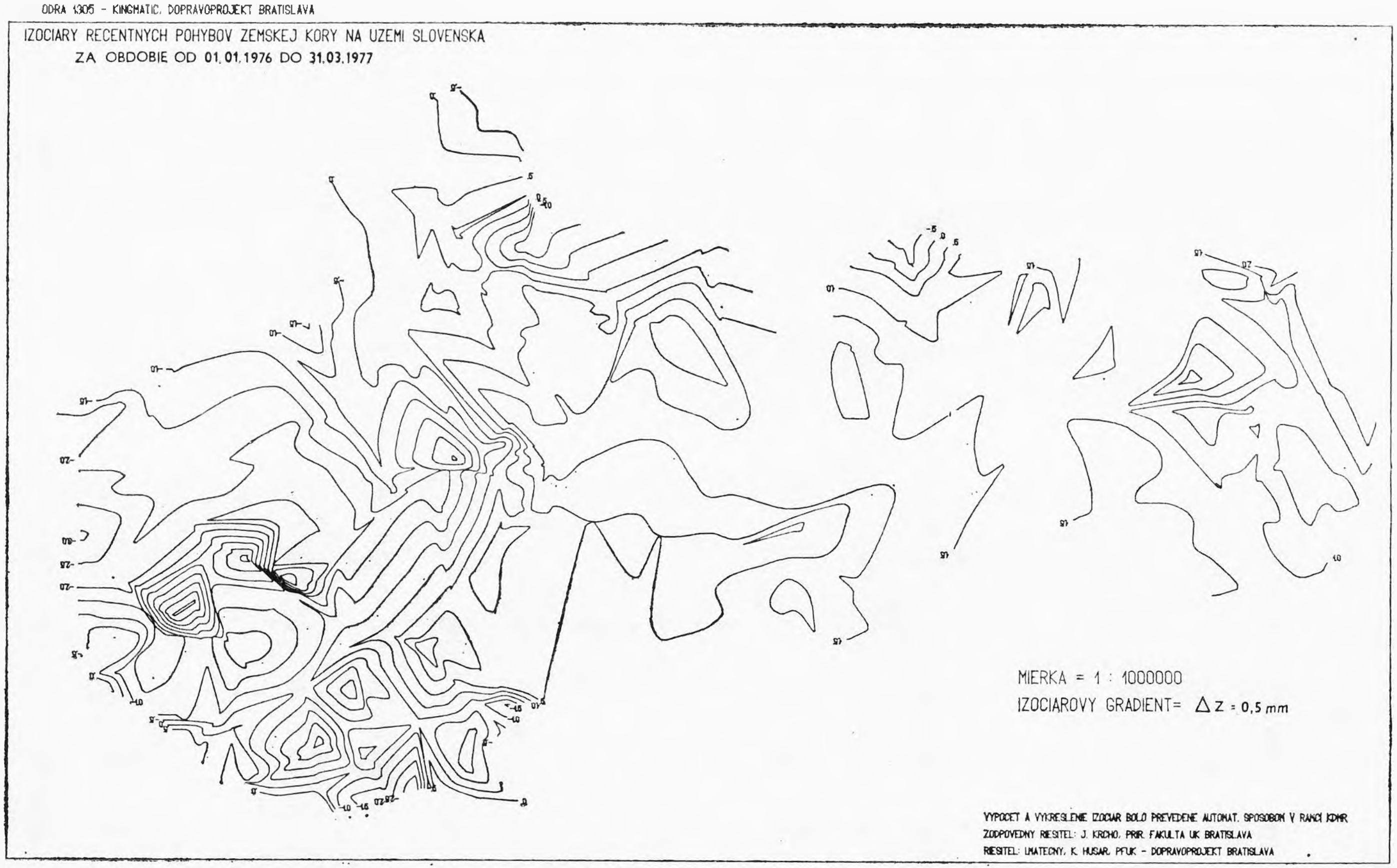




Obr, 12.


ODRA 1305 - KINGMATIC
GEODETICKÉ PRIMÁRNE DISKRÉTNE BODOVÉ POLE (PDBP) MERANÝCH RECENTNÝCH POHYBOV ZEMSKEJ KÔRY A JEHO PRIMÁRNA TROJUHOLNÍKOVÁ SIEŤ (PTS)
ODRA 1305 – KINGMATIC
MIERKA = 1 : 1000000

Obr. 13,


ODRA 1305 - KINGMATIC, DOPRAVOPROJEKT BRATISLAVA
IZOCIARY RECENTNYCH POHYBOV ZEMSKEJ KORY NA UZEMI SLOVENSKA
ZA OBDOBIE OD 01.01.1976 DO 31.03.1977
MIERKA = 1 : 1000000
IZOCIAROVY GRADIENT= △Z = 0,5 mm
VYPOCET A VYKRESLENIE IZOCIAR BOLO PREVEDENE AUTOMAT. SPOSOBOM V RAMCI KDHR
ZODPOVEDNY RIESITEL: J. KRCHO, PRIR. FAKULTA UK BRATISLAVA
RIESITEL: I.MATECNY, K. HUSAR, PFUK - DOPRAVOPROJEKT BRATISLAVA

Obr. 14.

vyhraničovať na rôznych úrovniach ich regióny. Súčasne je možné realizovať morfometrickú analýzu polí Z'^{t}_{fj} podľa jednotlivých f, j, t. Na obr. 11 je zostrojená PTS, ktorej vrcholové body tvoriace PDBP [46] predstavujú jednotlivé sídla západného Slovenska. Algoritmus pre zostrojenie PTS bol volený tak, aby táto zároveň tvorila súčasť cestnej komunikačnej siete. Ramená PTS prechádzajúce mimo komunikačnej siete cez horské celky predstavujú komunikačné bariéry sú vykreslené prerušovanými čiarami. Vrcholovým bodom PTS z obr. 11 je možné priraďovať rôzne stavové veličiny Z'^{t}_{fj} zo socioekonomickej sféry a pre jednotlivé f, j, t modelovať na základe KDMT jednak priebeh izočiar jednotlivých socioekonomických aktivít a jednak ich morfometrickú analýzu s príslušnou interpretáciou. Pomocou KDMT je možné realizovať priestorové perspektívne zobrazenie jednotlivých druhov plôch zo zadaných vstupných PDBP a k nim priradených Z'^{t}_{fj}, Z'^{p}_{kj}. Na obr. 12 je vyjadrené priestorové zobrazenie PDBP — výšok a jeho PTS. Týmto spôsobom možno napr. zobraziť zamýšľané projektované urbanistické celky so zadanými parametrami a ich zasadenie do krajiny a modelovať tak najrôznejšie varianty. Na obr. 13 je pomocou KDMT na základe údajov práce [17] zostrojené geodetické PDBP nameraných údajov recentných pohybov zemskej kôry za obdobie od 1. 1. 1976 do 31. 3. 1977 a jeho PTS, zatiaľ čo na obr. 14 je zostrojené ich izočiarové pole. Oba obr. 13 a 14 boli vypočítané a vykreslené plnoautomatizovaným spôsobom na základe programov KDMT K. Husára [15] na počítači ONDRA-1305 v spojení s KINGMATIC-om. Pri výpočte boli zámerne uvažované iba geodetické vstupné dáta zo [17], zatiaľ čo iné kritériá (geotektonické, geomorfologické, atď.) boli z teoretických dôvodov vylúčené. Preto sa priebeh izočiar z obr. 14 čiastočne líši od [16, 17]. O celom probléme budeme hovoriť v samostatnej práci. Interdisciplinárne aplikácie KDMT sme pre ich rozsiahlosť graficky dokumentovali len čiastočne. V dokumentácii sme na obr. 2, 5, 8, 9, 10 použili testovaciu oblasť z práce [10], publikovanej v práci [2].

Definícia KDMT bola podaná v práci [10, 11]. Porovnanie KDMT s inými digitálnymi medelmi pre inžinierske projekčné účely bolo uvedené v prácach [10, 11].

ZÁVER

Keďže georeliéf cez svoje MFPR (1), (2) veľmi ovplyvňuje procesy v krajine, je predmetom záujmu mnohých vedných a technických disciplín narábajúcich s priestorove lokalizovanou informáciou. Možno ho na základe zadaného PDBP výšok modelovať pomocou KDMT. Súčasne však na základe zadaného PDBP je možné modelovať i ostatné druhy dvojdimenzionálnych polí. KDMT má tak interdisciplinárne využitie v socioekonomických, prírodných a technických vedách, ako aj v urbanizme, územnom plánovaní a v inžinierskej projekcii. Ďalej je možné KDMT využiť v diaľkovom prieskume Zeme. V zmysle uvedeného interdisciplinárneho využitia sa v súčasnosti programový systém KDMT buduje na týchto inštitúciách: na Slovenskom hydrometeorologickom ústave v Bratislave, a to v rámci hydrometeorologickej banky dát na Malom Javorníku, na Štátnom inštitúte urbanizmu a územného plánovania URBION v Bratislave a na Štátnom projektovom ústave DOPRAVOPROJEKT v Bratislave. Komplexnosť programového systému KDMT sa na týchto inštitúciách buduje na rôznych úrovniach, a to z hľadiska cieľového zamerania tej-ktorej inštitúcie. V úplnosti sa začína budovať na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave. Súčasne však teoretické výsledky prác [1, 5, 6, 10] využili a ďalej rozpracovali na PÚDIS-e v Prahe (Státní ústav dopravních a inženýrských staveb) [20]. Dá sa predpokladať, že význam KDMT z hľadiska jeho interdisciplinárneho využitia bude naďalej vzrastať.

LITERATÚRA

1. HAVERLÍK, I., KRCHO, J.: Automatizácia tvorby vrstevnicových a izogradientových máp z hľadiska primárnych a sekundárnych izočiarových polí. Geodet. a kartogr. obz., 19/61, 6/1973. — 2. KALAK, A., KRCHO, J.: Štruktúra databázy komplexného digitálneho modelu terénu (KDMT) a plnoautomatizované zostrojenie primárnej trojuholníkovej siete. Geodet. a kartogr. obzor, 29/71, 2/1983. — 3. KRCHO, J.: Zovšeobecnenie rovnice izalumklín na topografickej ploche a v jej skalárnom poli. Geogr. Čas. SAV, XIX, 2, 1967. — 4. KRCHO, J.: Zostrojenie máp časovej a uhlovej dynamiky oslnenia reliéfu graficko-numerickým spôsobom a pomocou samočinných počítačov. Geogr. Čas. SAV, XXII, 3, 1970. — 5. KRCHO, J.: Morphometric Analysis of Relief on the Basis of Geometric Aspect of Field Theory. Acta UC, Geogr. phys., 1. SPN Bratislava 1973. — 6. KRCHO, J.: Automatizácia zostrojenia trojuholníkovej siete z diskrétneho bodového poľa ako súčasť plnoautomatizovanej tvorby máp. Geodet. a kartogr. obz., 21/63, 12/1975. — 7. KRCHO, J.: Digitálny model terénu z hľadiska morfometrickej analýzy. Geodet. a kartogr. obzor, 23/65, 2/1977. — 8. KRCHO, J.: Štruktúra a priestorová diferenciácia fyzickogeografickej sféry ako kybernetického systému. Geogr. Čas., SAV, XXVI, 2, 1974. — 9. KRCHO, J.: Struktura i prostranstvennaja differencijacija fizikogeografičeskoj sfery kak kibernetičeskoj sistemy. Novye idei v geografiji, T. 1, Izd. PROGRESS, Moskva 1976. — 10. KRCHO, J.: Komplexný digitálny model terénu na princípe automatizovanej tvorby siete. I, II. DOPRAVOPROJEKT Bratislava 1976, 1979.

11. KRCHO, J.: Reliéf ako priestorový subsystém geografickej krajiny a jeho komplexný digitálny model. Geogr. Čas., SAV, 31, 3, 1979. — 12. KRCHO, J.: Mapa a štruktúra jej obsahu z hľadiska teórie systémov Geodet. a kartogr. obzor, 27/69, 1/1981. — 13. KRCHO, J.: Mapa ako abstraktný kartografický model geografickej krajiny ako priestorového systému. Geogr. Čas. SAV, 33, 3, 1981. — 14. KRCHO, J., JENÍK, J., BUREŠ, L.: The Geometrical Forms of Relief and their Deskription in Ecology. (v tlači) — 15. HUSÁR, K.: Využitie komplexného digitálneho modelu reliéfu na automatizovanú tvorbu izočiar. [Dip. práca.] Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava 1981, — 16, KVITKOVIČ, J., VANKO, J.: Štúdium súčasných pohybov zemskej kôry na Slovensku. Geogr. Čas. SAV, XXIII, 2, 1971. — 17. MARČÁK, P., VANKO, J.: Výskum recentných pohybov zemskej kôry za obdobie od 1. 1. 1976 do 31, 3, 1977. Správa o výsledkoch úlohy S—52—546—001 VÚGK Bratislava 1977. — 18. NEEF, E., RICHTER, H., BARSCH., HAASE, G.: Beiträge zur Klärung der Terminologie in der Landschaftsforschung. Geogr. Inst. d. A. d. W. d, DDR, Leipzig 1973. — 19. NORDBECK, S., RYSTEDT, B.: Computer Cartography. Lund 1973. — 20. TONDL, L., EISLER, R.: Automatizace interpolačních metod při spracování výškopisu. Geodet. a kartogr. Obzor, 25/67, 4/1979, ss. 108—112.

Йозеф Крхо

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ И ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНЫЕ АППЛИКАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДВУХДИМЕНЗИОНАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

Географическая ландшафтная сфера рассматривается как пространственно организованная система S_G, в которой можно выделить две пространственные субсистемы: S_{AG} — социально- экономическую сферу и S_{FG} — физико-географическую ландшафтную сферу. Состояния элементов этих субсистем определяются величинами состояния. Их значение в данном времени Т определяется функцией местоположения в пространстве. Скалярные значения величин состояния образуют в пространстве скалярные поля а именно: скалярные поля величин состояния социально-экономической сферы и скалярные поля величин состояния физико-географической сферы. Эти скалярные поля в избранном масштабе 1:М можно заменить их репрезентативными дискретными точечными полями. Дискретные точечные поля отдельных величин состояния затем представляют собой входные (начальные) поля для моделирования при помощи ЭВМ. Скалярное поле высот, определяющих рельеф Земли, является одним из выдов двухдимензиональных скалярных полей. Его также в каждом масштабе 1:М можно заметить соответствующим репрезентативным дискретным точечным полем, представляющим собой начальное поле для ЭВМ. На основе этого поля рельеф Земли можно моделировать посредством т. наз. комплексной цифровой модели. Посредством этой модели, исходя из заданного дискретного точечного поля высот, можно в любой точке рельефа вычислить комплект (множество) всех морфометрических параметров, равно как и все виды изолиний этих параметров. Комплекцную цифровую модель рельефа можно применять для моделирования всех видов двухдимензиональных полей в географическом ландшафте. Комплексная цифровая модель, таким образом, становится неотъемлемой составной геоинформационных систем о ландшафте.

Рис. 1.

Рис. 2. Пространственное размещение форм репльефа

1 — формы конвексно-конвексные, 2 — формы конкавно-конвексные, 3 — формы конкавно-конкавные, 4 — формы конвексно-конкавные, 5 — нулевая кривизна по нормали, 6 — нулевая кривизна по горизонтали, 7 — горизонтали.

Рис. 3.

Рис. 4.

Рис. 5. Пространственное размещение морфотопов

541 — упорядоченные тройные номера индексов кубической матричной схемы, определяющие отдельные морфотопы. Так например 541 определяет морфотоп MFT_{541} $[< 7°,\ 10°),\ < 90°,\ 120°),\ F_{XX}\ (\omega > 0,\ K_r > 0)]$.

1 — нулевая кривизна по нормали ($\omega = 0$) как граница морфотопов, 2 — нулевая кривизна по горизонтали ($K_r = 0$), как граница морфотопов, 3 — границы морфотопов определяемых углом наклона γ_N и ориентировкой A_N рельефа по отношению к странам света.

Рис 6a.

A'_p — точки примарного дискретного точечного поля (PDBP), вершины примарной сети треугольныков (PTS) образующие классы O_i множества A' по отдельным Sg_i ($i = 1, 2, \ldots, n_i$), T_j — центры тяжести треугольников PTS образующие множество T состоящее из классов T_i по отдельным Sg_i ($i = 1, 2, \ldots, n_i$), A'_u — точки PDBP образующие множество D, B_e — точки на разграничивающих сторонах треугольников отдельных Sg_i образующих множество B.

Рис. 6b.

1 q-угольники с вершинами — центрами тяжести $T_j \in \mathrm{T}_i \subset T$ с центрами $A'_j \in \mathrm{O}_i$ по отдельным сингулярным областям Sg_i ($i = 1, 2, \ldots, n_i$).

Рис 7a.

Части секундарной сети треугольников (STS) внутри отдельных сингулярных областей Sg_i.

Рис. 7b.

Части STS на рубеже отдельных сингулярных областей Sg_i.

Рис. 7с.

Общая STS с вершинами SDBP (секундарного дискрет. точеч. поля).

Рис. 8. Углы наклона рельефа в направлении линий максимального уклона — при помощи ЭВМ выравненный ход изолина на основе аппроксимирующего полинома $y = p(x) = \sum_{i=0}^{n=3} a_i x^{n-i}$.

1 — изоклины-изолинии одинакового угла наклона γ_N рельефа в направлении линий максимального уклона, 2 — горизонтали, 3 — изолинии нулевой кривизны рельефа $\omega = 0$.

Рис. 9. Оринетировка (экспозиция) рельефа по отношению к странам света — при помощи ЭВМ выравненный ход изолиний на основе аппроксимирующего полинома $y = p(x) = \sum_{i=0}^{n=3} a_i x^{n-i}$.

1, 2, 3, 4 — изолинии одинаковой ориентировки (экспозиции) рельефа по квадрантам IQ, IIQ, IIIQ, IVQ, 5 — горизонтали, 6 — изолинии нулевой кривизны по горизонтали ($K_r = 0$).

Рис. 10. Прием прямой солнечной радиации в джоулях Q_C для деклинации $\delta_{\odot} = 05°01'$. 1 — горизонтали, 2 — изолинии приема одинакового количества радиации в джоулях.

Рис. 11. Примарная треугольниковая сеть населенных пунктов — населенные пункты как узлы (вершины) примарной треигольниковой сети.

1 — стороны треугольников примарной треугольниковой сети (PTS) в направлении главных дорожных коммуникаций, 2 — стороны треугольников PTS на второстепенных направлениях дорожных коммуникаций и находящихся вне коммуникационных барьеров, 3 — стороны PTS проходящие через коммуникационные барьеры.

Рис. 12.

Рис. 13. Геодезическое примарное дискретное точечное поле (PDBP) измеряемых современных вертикальных движений земной коры и его примарная треугольниковая сеть (PTS).

Рис. 14. Изолинии современных вертикальных движений земной коры на территории Словакии на период с 1 января 1976 г. по 31 марта 1977 г. Масштаб 1:1 000 000. Градиент изолиний $z = 0{,}5$ мм.

Перевод: Л. Правдова

Jozef Krcho

THEORETICAL CONCEPTION AND INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS OF THE COMPLEX DIGITAL MODEL OF RELIEF IN MODELLING BIDIMENSIONAL FIELDS

The geographical landscape sphere is considered as a spatially organized system S_G, in which two spatial subsystems can be laid out: S_{AG} — the socioeconomic sphere and S_{FG} — the physicogeographic landscape sphere. The states of elements of these subsystems are determined by state quantities. Their value at a given time T is a function of position in space. The scalar values of state quantities constitute scalar fields in space, namely the scalar fields of state quantities from the socioeconomic sphere and the scalar fields of state quantities from the physicogeographical sphere. These scalar fields can be substituted by their representative discrete point fields at a chosen scale 1:M. The discrete point fields of the individual state quantities are then inlet fields for modelling by means of automatic computers. The scalar field of altitudes determining the earth relief is one of types of bidimensional scalar fields. At any scale 1:*M* it can be replaced by its representative point field as the inlet field for automatic computers. On the basis of this field the relief can be modelled by means of the so called complex digital model. By means of this model a set of all morphometric parameters as well as all kinds of isolines of these parameters can be calculated from the given primary discrete point field of altitudes in any point of relief. The complex digital relief model can be used for modelling all the types of bidimensional fields in the geographical landscape. In this way the complex digital model becomes an inevitable part of geo-informative systems about the landscape,

Fig. 1.

Fig. 2. Spatial distribution of relief forms.
1 — convex-convex forms, 2 — concave-convex forms, 3 — concave-concave forms, 4 — convex-concave forms, 5 — null curvature of normal line, 6 — null horizontal curvature, 7 — contour lines.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig, 5. Spatial distribution of morphotopes.
541 — ordered triples of indexes of cubic matrix scheme, determining individual morphotopes, For instance, 541 determines a morphotope MFT_{541} [< 7°, 10°), < 90°, 120°), Fxx ($\omega > 0$, $K_r > 0$)].
1 — null curvature of normal line ($\omega = 0$ as boundary of morphotopes (MFT), 2 — null horizontal curvature ($K_r = 0$) as boundary of morphotopes (MFT), 3 — boundaries of morphotopes determined by inclination γ_N and by orientation A_N of relief as to the points of the compass.

Fig. 6a. A'_p — points of primary discrete point field (PDBP), vertex points of primary triangular network (PTS) constituting classes $\mathbf{O}_i$ of set A' according to individual Sg_i (i = 1, 2, ... , n_i), T_j — gravity centres of triangles PTS constituting a set T consisting of classes T_i according to individual Sg_i (i = 1, 2, . . . , n_i), A'_u — points PDBP constituting a set **D**, B_e — points on the dividing sides of triangles of individual Sg_i, constituting a set **B**.

Fig. 6b. 1 — q-angles with vertex points constituting by gravity centres $T_j \in T_i \subset T$ with centres $A_j \in \mathbf{O}_i$ according to individual singular areas Sg_i (i = 1, 2, . . . , n_i).

Fig. 7a. Parts STS inside of individual singular areas Sg_i.

Fig. 7b. Parts STS on dividing lines of individual singular areas Sg_i.

Fig. 7c. Total STS with vertex points SDBP.

Fig. 8. Inclinations of relief in direction of gradient curves — course of isoclines smoothed by computer on the basis of an approximating polynomial $y = p(x) = \sum_{i=0}^{n=3} a_i x^{n-i}$.
1 — isoclines — isolines of the same inclination γ_N of relief in direction of gradient curves, 2 — contour lines, 3 — isolines of null relief curvature $\omega = 0$.

Fig. 9. Relief orientation (exposure) as to compass points — by a computer smoothed course of isolines through an approximating polynomial $y = p(x) = \sum_{i=0}^{n=3} a_i x^{n-i}$ 1, 2, 3, 4 — isolines of the same orientation (exposure) of relief according to quadrants IQ, IIQ, IIIQ, IVQ, 5 — contour lines, 6 — isolines of null horizontal relief curvature ($K_r = 0$).

Fig. 10. Intake of direct solar radiation in joules Q_C for a declination $\delta_\odot = 05°01'$ 1 — contour lines, 2 — isolines of the same intake of radiations in joules.

Fig. 11. Settlement primary triangular network — settlements as nodal (vertex) points of the primary triangular network
1 — sides of triangles of the primary triangular network (PTS) in direction of main road communication lines, 2 — sides of triangles of PTS on secondary communication lines out of communication barriers, 3 — sides of PTS passing across communication barriers.

Fig. 12.

Fig. 13. Geodetic primary discrete point field (PDBP) of measured recent movements of earth crust and its primary triangular network ((PTS).

Fig. 14. Isolines of recent movements of earth crust in the territory of Slovakia for a period from Jan 1, 1976 to March 31, 1977. Scale 1:1,000,000. Isoline gradient $z = 0.5$ mm.

Translated by A. Krajčír