GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

ROČNÍK XXIII 1971 ČÍSLO 2

JOZEF KRCHO

TEORETICKÉ PROBLÉMY MODELOVANIA PRÍRODNEJ ČASTI GEOGRAFICKEJ SFÉRY AKO KYBERNETICKÉHO SYSTÉMU

The object of the study is a brief theoretical account of the problem of geographical sphere considered as a cybernetic system with a view to the modelling of processes and the spatial differentiation of this system by means of automatic computers.

1. *Úvod.* Predmetom štúdie bude stručný teoretický náčrt problému geografickej sféry uvažovanej ako kybernetický systém so zameraním na modelovanie procesov a priestorovej diferenciácie tohoto systému pomocou samočinných počítačov. Pre stručnosť, z hľadiska vymedzeného miesta, už publikované definície jednotlivých pojmov nebudeme znovu uvádzať, ale sa na ne odvoláme v citovanej literatúre.

2. *Geografická sféra ako kybernetický systém* S_G. Geografickú sféru v zmysle našej predošlej práce [9] uvažujeme ako hmotný systém

$$\mathbf{S}_G = \{\mathbf{S}_{FG}, \mathbf{S}_{AG}\} \tag{2.1}$$

skladajúci sa z dvoch autonómnych subsystémov $\mathbf{S}_{FG}$ a $\mathbf{S}_{AG}$, kde $\mathbf{S}_{FG}$ je fyzickogeografická sféra a $\mathbf{S}_{AG}$ je antroposféra, pričom oba subsystémy sú v interakcii. Systém $\mathbf{S}_G$ má svoje okolie a_0 definované v prácach [8, 9]. Autonómne subsystémy môžeme uvažovať ako samostatné systémy [9]. Predmetom našej práce bude subsystém $\mathbf{S}_{FG}$ uvažovaný ako samostatný systém

$$\mathbf{S}_{FG} = \{\mathbf{G}_{FG}, \mathbf{R}_{FG}\} \quad \text{kde } \mathbf{S}_{AG} \in (a_0)_{FG}, \tag{2.2}$$

v ktorom $\mathbf{G}_{FG}$ je množina hmotných prvkov

$$a_k = \{a_{k1}, a_{k2}, a_{k3}, \ldots, a_{kn_k}\} \tag{2.3}$$

$(k = 1, 2, 3, 4, 5 ? n = 1, 2, \ldots)$, $\mathbf{R}_{FG}$ je množina závislostí a $(a_0)_{FG}$ je okolie systému S_{FG}, [9]. Množinu (2.3) pre $k = 1, \ldots, 5$ tvoria hmotné prvky a_1-atmosféra, a_2-hydrosféra, a_3-lithosféra, a_4-pedosféra, a_5-biosféra. Každý prvok z (2.3) je tvorený množinou jednotlivých elementov.

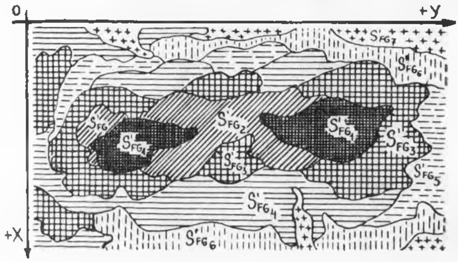
2.1. *Vyjadrenie modifikácie prvkov systému* S_{FG} *v priestore pomocou matíc.* Jednotlivé elementy prvkov množiny (2.3) nie sú rovnomerne zastúpené v priestore, v dôsledku čoho sa aj diferencuje systém (2.2) v priestore. To znamená, že pôvodné prvky množiny (2.3) sú absenciou niektorých svojich elementov v určitej časti priestoru modifikované. Priestorovú modifikáciu prvkov (2.3) vyjadríme pomocou matíc s nulovými a nenulovými prvkami (5a) práce [9]. Zložky modifikovaného prvku sú v riadkoch matíc tvorené len z nenulových prvkov matíc (5a) práce [9], vo zvolenej časti priestoru.

2.2. *Vyjadrenie subsystémov* $\mathbf{S}'_{FG\,n}$ *v priestore.* Z matíc (5a) práce [9] dostaneme množinu modifikovaných prvkov v priestore. Zoskupenie modifikovaných prvkov v priestore vyjadríme v tvare matice

$$\begin{array}{c|l} & \mathbf{G}'_{FG_1}\,,\ \mathbf{G}'_{FG_2}\,,\ \ldots,\ \mathbf{G}'_{FG_n} \\ \hline a_1 & (a_1)_1\,,\ (a_1)_2\,,\ \ldots,\ (a_1)_n \\ a_2 & (a_2)_1\,,\ (a_2)_2\,,\ \ldots,\ (a_2)_n \\ \vdots & \ldots\ldots\ldots \\ a_5 & (a_5)_1\,,\ (a_5)_2\,,\ \ldots,\ (a_5)_n\,. \end{array} \tag{2.2.1}$$

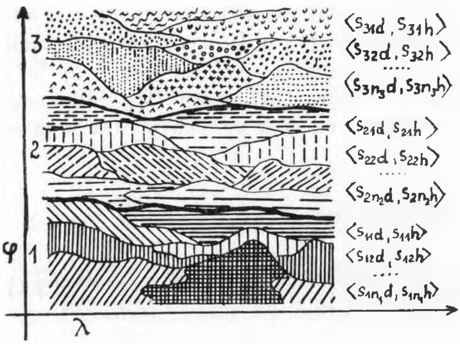
Každý prvok a_k matice (2.2.1) sa skladá z ďalších zložiek (2.3) tvoriacich nenulové prvky matíc (5a) práce [9]. Každej množine $\mathbf{G}'_{FG\,n}$ modifikovaných prvkov patrí množina závislostí $\mathbf{R}'_{FG\,n}$. Dostaneme tak množinu subsystémov

$$\mathbf{S}'_{FG\,n} = \{\mathbf{G}'_{FG\,n}\,,\ \mathbf{R}'_{GF\,n}\} \tag{2.2.2}$$



Obr. 1. Rozloženie subsystémov S'_{FGn} v určitej zvolenej tak veľkej oblasti o polohe φ, λ, pre ktorú vo zvolenej veľkej mierke M zakrivenie zemského povrchu neuvažujeme, takže ho nahradzujeme rovinnou plochou v súradnicovom systéme (O, x, y, z). V tejto oblasti vytvárajú subsystémy S'_{FGn} konečnú množinu určitej kategórie závislej na φ, λ. Ich vlastné rozloženie v skúmanej oblasti však nie je funkciou φ, λ.

(kde $n = 1, 2, \ldots$) v priestore (obr. 1). Modifikácia prvkov v priestore, vyjadrená v matici (2.2.1) je závislá od zemepisnej polohy φ, λ, kde φ je zemepisná šírka, λ zemepisná dĺžka, ďalej od reliéfu atď. Ak uvažujeme takú veľkú časť zemského povrchu, že jeho zakrivenie môžeme zanedbať, t. j. túto časť nahradíme rovinnou plochou uvažovanou v kartézskej súr. sústavne (O, x, y, z), potom v takto vymedzenej oblasti zemepisné súradnice φ, λ považujeme za konštantné veličiny priradené k počiatku O kart. súr. sústavy (obr. 1). V rámci takto vymedzeného priestoru uvažujeme potom zmenu súradníc x, y, ale nie φ, λ, lebo vo vymedzenom priestore sa so zmenou x, y neprejaví vplyv zmeny φ, λ. Kartézsky súr. systém je orientovaný tak, že kladný smer osy x je orientovaný v smere poludníka k juhu a kladný smer osy y je orientovaný k východu. Os z smeruje potom k zenitu. V takto uvažovanom priestore utvárajú sa určité kategórie konečne veľkej množiny sybsystémov (2.2.2), pričom celková skladba tejto množiny je funkciou zemepisnej polohy φ, λ, avšak ich rozdelenie vo vymedzenej oblasti (O, x, y, z) už nepodlieha zmene φ, λ. To znamená, že so zmenou φ, λ sa mení skladba množín (2.2.2) a ich vzájomné zoskupenia (obr. 2). Určitá množina subsystémov vytvára tak zónu ako funkciu polohy φ, λ. Každá zemepisná zóna má tak vlastnú množinu subsystémov (2.2.2). Skúmanie určitej oblasti je teda súčasne aj otázkou zvolenej mierky M.



Obr. 2. Rozloženie subsystémov S'_{FGn} v závislosti na zemepisných súradniciach φ, λ. Pre určité hodnoty φ, λ vytvárajú sa určité kategórie subsystémov S'_{FGn} s vlastnými hodnotami vnútorných stavových veličín (5.1), (5.2) vyznačenými na pokraji obrázka. Jednotlivé druhy šrafovaných políčok znázorňujú kategórie subsystémov pre jednotlivé pásma v závislosti na polohe φ, λ.

3. *Postavenie reliéfu ako nehmotného prvku v množine hmotných prvkov systému* $\mathbf{S}_{FG}$. Reliéf ako forma (dynamická plocha) je nehmotná veličina, ktorú teda neuvažujeme ako hmotný prvok systému $\mathbf{S}_{FG}$. Z tohoto hľadiska ho preto nezaraďujeme ako samostatný prvok systému $\mathbf{S}_{FG}$, ale ho ako stavovú veličinu charakterizujeme kvantitatívnymi ukazovateľmi. Reliéf v zmysle prác [7, 10] vyjadríme množinou parametrov z, γ_N, A_N, ε, ω, . . . , kde z je nadmorská výška ako skalárna veličina funkciou polohy x, y v uvažovanej súr. sústave $O(x, y)$ pre $(\varphi, \lambda) = konšt.$, ktorá je daná vzťahom

$$z = z(x, y) \ . \tag{3.1}$$

Veličina γ_N je uhol spádu, udávajúci veľkosť spádu v smere spád. kriviek na topografickej ploche ako modeli reliéfu. Je odvodený z rovnice (3. 1), pričom jeho tangenta tg γ_N je funkciou polohy x, y v priestore a je charakterizovaný veľkosťou vektora grad z, t. j.

$$|\operatorname{grad} z| = \sqrt{[z_x(x, y)]^2 + [z_y(x, y)]^2} \ . \tag{3.2}$$

Uhol A_N vyjadruje orientáciu reliéfu, jeho tg A_N je funkciou polohy x, y

$$\operatorname{tg} A_N = \frac{z_y(x, y)}{z_x(x, y)} \ . \tag{3.3}$$

Hodnota tg A_N vyjadruje smer vektora grad z. Veličina ε je horizontálna krivosť reliéfu, jej hodnota je funkciou polohy x, y v tvare

$$\varepsilon = \frac{-z_{xx}\, z^2{}_y + 2\, z_{xy}\, z_x\, z_y - z_{yy}\, z^2{}_x}{z^2{}_x + z^2{}_y} \ . \tag{2.4}$$

Veličina ω je normálová krivosť reliéfu uvažovaná vzhľadom na zmenu γ_N v smere spádových kriviek, t. j. $d\gamma_N / dn = \omega$. Je daná vzťahom

$$\frac{z_{xx}\, z^2{}_x + 2\, z_{xy}\, z_x\, z_y + z_{yy}\, z^2{}_y}{(z^2{}_x + z^2{}_y)\sqrt{(1 + z^2{}_x + z^2{}_y)^3}} = \omega \ .\ ^* \tag{3.5}$$

---

* Symboly z_x, z_y, z_{xy}, z_{yy} *označujú parciálne derivácie*: $z_x = \frac{\partial z}{\partial x}$; $z_y = \frac{\partial z}{\partial y}$; $z_{xx} = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}$; $z_{xy} = \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}$; $z_{yy} = \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$.

Veličiny γ_N, A_N, ε, ω, ... sú podrobne odvodené v práci [10], kde je rozobraná aj ich úloha ako kvantitatívnych ukazovateľov reliéfu.

Z takto uvažovaného hľadiska reliéf charakterizovaný zvolenými kvantitatívnymi ukazovateľmi je implicitne obsiahnutý v hmotnom systéme $\mathbf{S}_{FG}$ a v jeho subsystémoch $\mathbf{S}_{FG\,n}$. Preto bez toho, že by bol vyjadrený ako samostatný prvok systému $\mathbf{S}_{FG}$, bude cez svoje kvantitatívne ukazovatele ako stavové veličiny obsiahnutý v toku informácií v jednotlivých väzbách medzi prvkami systému $\mathbf{S}_{FG}$.

4. *Dva druhy vzťahov a prenosu informácie vo fyzickogeografickej sfére.* Problému sa dotkneme veľmi stručne iba z hľadiska zamerania práce a vymedzeného miesta. Vo fyzickogeografickej sfére existujú v zmysle prác [4, 5, 12] dva druhy vzťahov: a) *vzťahy vertikálne* medzi jednotlivými zložkami na určitom mieste (interrelation), b) *vzťahy horizontálne* medzi jednotlivými fyzickogeografickými komplexmi (interconection). V tomto zmysle chápeme aj prenos informácie v systéme $\mathbf{S}_{FG}$ a v jeho subsystémoch, pričom pojem informácie a jej prenos chápeme v zmysle práce [9]. V systéme $\mathbf{S}_{FG}$ a v jeho sybsystémoch ako fyzickogeografických komplexoch existuje teda súčasne vertikálny a horizontálny prenos informácie. Vertikálny prenos informácie sa deje na jednom mieste medzi jednotlivými prvkami $\mathbf{G}'_{FG}$, v jednom subsystéme $\mathbf{S}'_{FG}$, horizontálny prenos sa deje medzi jednotlivými subsystémami $\mathbf{S}'_{FG\,n}$.

5. *Vyjadrenie stavových veličín S_n ($n = 1, 2, 3, \ldots$) systému $\mathbf{S}_{FG}$ ako kvantitatívnych parametrov prvkov množiny $\mathbf{G}_{FG}$.* Uvažujme množinu S_1, $S_2, \ldots, S_n$ vnútorných stavových veličín prvkov množiny G_{FG} systému S_{FG}, pričom s_1, $s_2, \ldots, s_n$ nech sú hodnoty týchto vnútorných stavových veličín. Tieto hodnoty sa na zvolenom mieste pohybujú v intervaloch

$$\langle s_{1d}, s_{1h}\rangle, \langle s_{2d}, s_{2h}\rangle, \ldots, \langle s_{nd}, s_{nh}\rangle, \tag{5.1}$$

kde d-dolná hranica hodnoty s, h-horná hranica hodnoty s v príslušnom intervale. Hodnoty intervalov (5.1), ako aj výskyt určitej hodnoty s_{ki} (kde $k = 1, 2, \ldots,$) pre ktorú platí

$$\left.\begin{array}{l} s_{1d} \leq s_{1i} \leq s_{1h} \\ s_{2d} \leq s_{2i} \leq s_{2h} \\ s_{nd} \leq s_{ni} \leq s_{nh} \end{array}\right] , \tag{5.2}$$

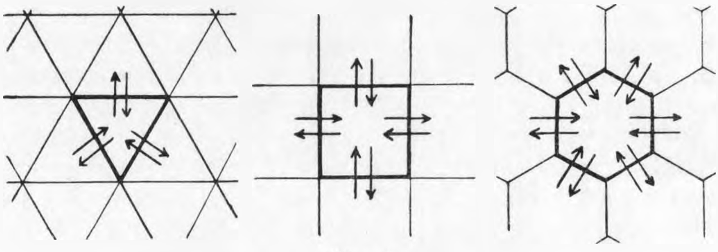
má pravdepodobnostný charakter. Hodnoty s_1, $s_2, \ldots, s_n$ sa ovplyvňujú medzi sebou a súčasne sa menia so zmenou zemepisných súradníc φ, λ a v závislosti od charakteru reliéfu (ako nehmotného prvku), charakterizovaného jeho kvantitatívnymi ukazovateľmi (3.1) až (3.5). Sú teda funkciami,

$$\left.\begin{array}{l} s_1 = \xi_1(\varphi, \lambda, z, \gamma_N, A_N, s_1, s_2, \ldots, s_n) \\ s_2 = \xi_2(\varphi, \lambda, z, \gamma_N, A_N, s_1, s_2, \ldots, s_n) \\ \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \\ s_n = \xi_n(\varphi, \lambda, z, \gamma_N, A_N, s_1, s_2, \ldots, s_n) \end{array}\right] . \tag{5.3}$$

Priestorové rozloženie vnútorných stavových veličín sme vo forme matíc opísali v práci [9]. V zmysle našej predošlej práce [9] stav každého prvku množiny $\mathbf{G}_{FG}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ môžeme vyjadriť ako vektor.

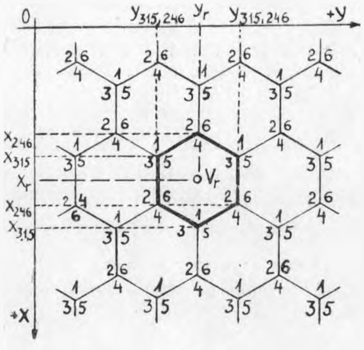
6. *Modely systému $\mathbf{S}_{FG}$.* Pre jednoduchosť budeme ďalej uvažovať taký veľký priestor,

v ktorom zemep. súr. (φ, λ) = *konšt.* Systém $\mathbf{S}_{FG}$ budeme teda uvažovať v súr. sústave $O(x, y)$ v určitej mierke M, pričom rovina x, y bude tvoriť mapu, ktorú budeme považovať za výstup. Prvkami tohoto systému ako modelu budú jednotky plochy geometrickej siete (trojuholníkovej, štvoruholníkovej, resp. šesťuholníkovej). Na každej jednotke plochy ΔP budeme uvažovať systém $\mathbf{S}_{FG}$ charakterizovaný pomocou prvkov množiny $\mathbf{G}_{FG}$. Uvažovať budeme vertikálne a horizontálne vzťahy. Vertikálne vzťahy na jednotke plochy ΔP ako prvku modelujúceho systému budú opísané pomocou matíc. Horizontálny tok informácie, t. j. výmenu informácie so susednými prvkami ΔP budeme predpokladať na stranách siete (obr. 3a, b, c). Najlepší tok informácie z hľadiska modelovania je pri šesťuholníkovej sieti, preto ďalej budeme uvažovať túto sieť.



Obr. 3.

6.1. *Statický model systému* $\mathbf{S}_{FG}$. Skúmanú oblasť, ktorú budeme modelovať uvažujme v súr. sústave $O(x, y)$, v ktorej skonštruujeme pravidelnú šesťuholníkovú sieť (obr. 4). Model zobrazí stav systému $\mathbf{S}_{FG}$ v časovom momente t. Jeden šesťuholník s plochou ΔP bude tvoriť prvok uvažovaného systému. Poloha šesťuholníkov bude určená súr x, y ich stredov. Uvažujme teraz jeden šesťuholník ΔP_r, ktorého stred má súr. x_r, y_r. Potom jednotlivé vrcholy tohto šesťuholníka (obr. 4) budú mať súradnice



Obr. 4.

$$
\begin{array}{ll}
1,- & (x_r + p\ , \ y_r \qquad\quad) \\
2,- & (x_r + p/2, \ y_r + p\sqrt{3}) \\
3,- & (x_r - p/2, \ y_r + p\sqrt{3}) \\
4,- & (x_r - p\ , \ y_r \qquad\quad) \\
5,- & (x_r - p/2, \ y_r - p\sqrt{3}) \\
6,- & (x_r + p/2, \ y_r - p\sqrt{3}) ,
\end{array}
\tag{6.1.1}
$$

kde p je dĺžka strany pravidelného šesťuholníka siete. Na každej jednotke plochy ΔP budeme uvažovať nejaký subsystém $\mathbf{S}'_{FG\,n}$ (2.2.2) ako súčasť systému S_{FG} (2.2). Jednotlivé prvky systému $\mathbf{S}_{FG\,r}$ v jednotke plochy ΔP_r sú opísané množinou $\mathbf{G}'_{FG\,r}$ r-tého stĺpca matice (2.2.1). Budeme uvažovať aj stavové veličiny (5.1), (5.2) ako funkcie (5.3). Tieto veličiny nazvime ukazovatele. Zvolenú jednotku uvažovanej plochy

ΔP_r (šesťuholníka) ako prvku systému so stredom (x_r, y_r) môžeme opísať pomocou ukazovateľov prvkov množiny $\mathbf{G}_{FG\,r}$ v tvare vektorov

$$\left.\begin{array}{c|l} & a_{11}, a_{12}, a_{13}, \ldots, a_{1n} \\ \hline (a_1)_r & c_{11}, c_{12}, c_{13}, \ldots, c_{1n} \\ & a_{21}, a_{22}, a_{23}, \ldots, a_{2n} \\ \hline (a_2)_r & c_{21}, c_{22}, c_{23}, \ldots, c_{2n} \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ & a_{51}, a_{52}, a_{53}, \ldots, a_{5n} \\ \hline (a_5)_r & c_{51}, c_{52}, c_{53}, \ldots, c_{5n} \end{array}\right], \qquad (6.1.2)$$

kde $(a_1)_r$, $(a_2)_r, \ldots$ sú priradené k bodu x_r, y_r a zložky c_{ij} sú v zmysle matíc (2.1.1) buď nuly, buď jednotky. V prípade, že uvažujeme kvantitatívne ohodnotenie ukazovateľov ako stavov v zmysle vzťahov (5.1) až (5.3), majú c_{ij} v (6.1.2) hodnoty reálnych čísel. Zložením vektorov $\mathbf{a}_i$ (kde $i = 1, 2, 3, 4, 5$) dostaneme maticu $\mathbf{C}$ opisujúcu (charakterizujúcu) prvok x_r, y_r modelujúceho systému $\mathbf{S}_{FG}$. Pretože môže byť $n_i \neq n_j$ $(i, j = 1, \ldots, 5, i \neq j)$, uvažujeme

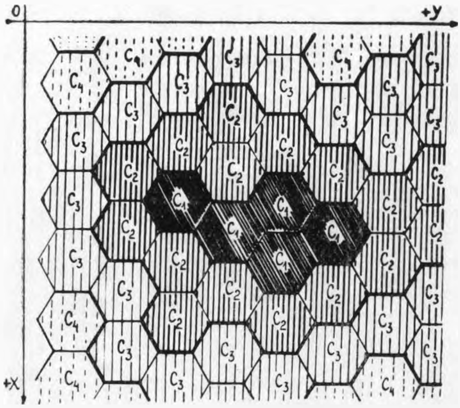
$$n = \max_{i = 1, 2, \ldots, 5} n_i$$

a ostatné prvky v riadkoch doplníme nulami. Napríklad $n_1 = 6$, $n_2 = 9$, $n_3 = 8$, $n_4 = 10$, $n_5 = 7$

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} c_{11}, & c_{12}, & c_{13}, & c_{14}, & c_{15}, & c_{16}, & 0, & 0, & 0, & 0 \\ c_{21}, & c_{22}, & c_{23}, & c_{24}, & c_{25}, & c_{26}, & c_{27}, & c_{28}, & c_{29}, & 0 \\ c_{31}, & c_{32}, & c_{33}, & c_{34}, & c_{35}, & c_{36}, & c_{37}, & c_{38}, & 0, & 0 \\ c_{41}, & c_{42}, & c_{43}, & c_{44}, & c_{45}, & c_{46}, & c_{47}, & c_{48}, & c_{49}, & c_{4,10} \\ c_{51}, & c_{52}, & c_{53}, & c_{54}, & c_{55}, & c_{56}, & c_{57}, & 0, & 0, & 0 \end{pmatrix}. \qquad (6.1.3)$$

Poradie ukazovateľov musí byť pevne stanovené, lebo v prípade ich zmeny by matica (6.1.3 na ploche ΔP_r so stredom x_r, y_r opisovala štruktúru iného systému. Vertikálne a horizontálne vzťahy systému $\mathbf{S}_{FG}$ sa v modelujúcom systéme zobrazia nasledovne: Vertikálne vzťahy na prvku — jednotkovej ploche ΔP opisuje matica (6.1.3) Horizontálne vzťahy sú vzťahy a závislosti medzi jednotlivými prvkami ΔP a ich štrukturálne usporiadanie. Horizontálne vzťahy môžeme vyjadriť dvoma spôsobmi: a) statickým modelom, ktorý zachycuje systém v čase $t = t_0$, b) dynamickým modelom, ktorý v priebehu času t zachycuje štrukturálnu zmenu vertikálnych vzťahov pôsobením horizontálnych vzťahov a obrátene. Tento problém podrobne rozoberáme v práci [6]. Dynamický model zochytáva aj spätnú väzbu medzi horizontálnymi a vertikálnymi vzťahmi v systéme S_{FG}.

6.2. *Dynamický model systému* S_{FG}. Nech v zmysle našej predošlej práce [9] $S_1, S_2, \ldots, S_n$ je počet možných stavov systému $\mathbf{S}_{FG}$. V našom prípade matica $\mathbf{C}$ (6.1.3) zachycuje stav systému na ploche ΔP_r daného šesťuholníka so stredom x_r, y_r. Môžeme opísať jej jednotlivé stavy a jednotlivé prechody z i-tého stavu do j-tého. Dostávame teda diskrétne skalárne pole, v ktorom skaláry sú priradené stredom šesťuholníkov šesťuholníkovej siete. To znamená, že každému stredu šesťuholníka je priradený skalár C_i, označujúci stav jednotkovej plochy (obr. 5).



Obr. 5.

Z hľadiska teórie množín dostávame teda množinu rovnakých stavov prvku systému $\mathbf{S}_{FG}$ ako podmnožiny prvkov systému S'_{FG}. Pomocou samoč. počítača budeme potom počítať a vykresľovať hraničné krivky jednotlivých podmnožín $S_{FG\,n}$ s hodnotami skalárov C_i. Plocha uzatvorená krivkou C_i bude sa skladať z jednotlivých plôch ΔP šesťuholníkov s hodnotou skalárov C_i, tvoriacich podmnožinu $\mathbf{S}_{FG\,i}$. To znamená, že ak rozdiel skalárov

$$\Delta C_{i,i+1} = C_{i+1} - C_i \qquad (6.2.1)$$

priradeným dvom susedným jednotkovým plochám ΔP_i, ΔP_{i+1} šesťuholníkov je rôzny od nuly, prechádza hraničná krivka medzi týmito plochami. Ak je $\Delta C_{i,i+1} = 0$, patria obe jednotlivé plochy do tej istej podmnožiny $S_{FG\,i}$. Stranami šesťuholníkov preložíme a vypočítavame plynulé krivky pomocou samoč. počítačov analogicky ako v prácach [7, 11]. Dostaneme tak v zvolenej mierke M systém S_k, kriviek uzatvorených. To znamená, že tento systém $\mathbf{S}_k$ je modelom prír. časti geografickej sféry. Zmena systému $\mathbf{S}_{FG}$ sa prejavuje v systéme $\mathbf{S}_k$ zmenou kriviek, prípadne zaniknutím či vytvorením nových kriviek. Uvedený systém $\mathbf{S}_k$ nám vytvára izočiarové pole, v ktorom z hľadiska mierky M a priebehu izočiar uvažujeme tri varianty priebehu kriviek. V prvých dvoch ho považujeme za spojité typické izočiarové pole. V treťom prípade sa krivky primikajú tesne k sebe, takže z hľadiska mierky M ich v danom úseku neuvažujeme. Vytvárajú sa nám tak jednotlivé areály (obr. 1, 2).

Horizontálne vzťahy v modelujúcom systéme $\mathbf{S}_k$ v čase t opisuje sústava rovníc

$$\begin{aligned}
\frac{dS_1}{dt} &= \Psi_1(S_1, S_2, \ldots, S_n)\\
\frac{dS_2}{dt} &= \Psi_2(S_1, S_2, \ldots, S_n)\\
&\cdots\cdots\\
\frac{dS_n}{dt} &= \Psi_n(S_1, S_2, \ldots, S_n)\,,
\end{aligned} \qquad (6.2.2)$$

kde $S_1, S_2, \ldots$ je množina vnútorných stavových veličín. Modelovaním systému $\mathbf{S}_{FG}$ modelujúcim systémom $\mathbf{S}_k$ môžeme študovať dynamiku priestorovej organizácie systému $\mathbf{S}_{FG}$ podľa jeho jednotlivých subsystémov $\mathbf{S}'_{FG}$ v čase t. To má napr. význam pri lokalizácii priemyselných podnikov, ktoré sú zdrojom exhalácií účinkujúcich na jednotlivé zložky prvkov (2.3). Môžeme tak modelovať v dôsledku porušenia rovnováhy v určitej časti priestoru zmenu priestorovej organizácie systému $\mathbf{S}_{FG}$. Uvedeným príkladom sa však možnosti modelovania nevyčerpávajú.

LITERATÚRA

1. B e n e š J., *Statistická dynamika regulačních obvodů*, SNTL Praha 1961. — 2. B e n e š J., *Kybernetické systémy s automatickou organizací*, Academia Praha 1966. — 3. B e r r y B. J. L., *Aproaches to Regional Analysis:* A Synthesis, Aanal. of the Ass. of Amer. Geogr. 1964. N. 1. — 4. C a r o l H., *Grundsätzliches zum Landschaftsbegriff*, Pett. Geogr. Mitt. 101, J. 1957, H. 2. — 5. C a r o l H., — N e e f E., *Zehn Grundsätze über Geographie und Landschaft*, Pett. geogr. Mitt. 101, J. 1957, H. 2. — 6. H a v e r l í k I. — K r c h o J., *Spatial Organisation in Natural Part of Geosphere and Computer Modelling* (rukopis v tlači). — 7. H a v e r l í k I., — K r c h o J., *The Use of Computers in the Morphometric Analysis of Relief and Dynamics of Relief Insolation with an Elaborating Programm in ALGOL for Map Construction.* Acta geol. et geogr. Univ. Comenianae, Geogr. physica Nr. 8 (v tlači) — 8. K l í r J., — V a l a c h M., *Kybernetické modelování*, Praha 1965. — 9. K r c h o J., *Prírodná časť geosféry ako kybernetický systém a jeho vyjadrenie v mape.* Geogr. čas. SAV XX, č. 2, 1968. — 10. K r c h o J., *Morphometric Analysis of Relief on the Basis of the Geometric Aspect of the Field Theory.* Acta geol. et geogr. Univ. Comenianae, geog. physica Nr. 8. (v tlači). 11. K r c h o J., *Zostrojenie máp časovej a uhlovej dynamiky oslnenia reliéfu graficko-numerickým spôsobom a pomocou samočinných počítačov.* Geogr. čas. SAV XXII, č. 3, 1970. — 12. N e e f E., *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre.* Gotha 1967.

Jozef K r c h o

THEORETISCHE PROBLEME DER MODELLIERUNG DES NATÜRLICHEN TEILES DER GEOGRAPHISCHEN SPHÄRE ALS KYBERNETISCHEN SYSTEMS

Der Autor betrachtet die geographische Sphäre als ein kybernetisches System (2.1), das aus zwei autonomen Subsystemen besteht: aus S_{FG} — dem natürlichen Teil der geographischen Sphäre und aus S_{AG} — der Antroposphäre. Weiter studiert er das Subsystem S_{FG} als ein selbständiges System (2.2) und seine räumliche Differentiation, welche er in der Matrix (2.2.1) ausdrückte. Durch Differentiation bilden sich im Raum einzelne Subsysteme (2.2.2.), (Abb. 1), (Abb. 2). Das System S_{FG} ist ein materielles System. Das Relief ist eine unmaterielle Grösse, (dynamische Fläche). Deshalb betrachtet es der Autor nicht als ein selbständiges Element des Systems S_{FG}, aber er charakterisiert es als eine Zustandsgrösse durch quantitative Charakteristiken, die in den Gleichungen (3.3) bis (3.5) ausgedrückt sind. Das Relief ist so implizit im materiellen System S_{FG} enthalten und äussert sich durch Beeinflussung des Stromes der Information in den Bindungen des Systems S_{FG}. In der physisch-geographischen Sphäre sind zwei fundamentale Arten der Beziehungen und zwei fundamentale Richtungen der Übertragung der Informationen: vertikale und horizontale. Das materielle System können wir auch mit Hilfe seiner Zustände ausdrücken, die durch die Menge der Zustandsgrössen charakterisiert sind. Die Zustandsgrössen sind durch das System der Gleichungen (5.3) definiert. Dann modelliert der Autor das System S_{FG}. Er betrachtet eine Ebenenfläche (Landkarte) zerteilt in ein Netz (Abb. 4). Ein Sechseck, als eine Flächeneinheit, ist ein Element des modellierenden Systems. Die vertikalen Beziehungen im System S_{FG} in diesem Element sind mit Hilfe der Matrix (6.1.3) beschrieben. Dann studiert der Autor die horizontalen Beziehungen, die horizontale Übertragung der Information und modelliert die räumliche Organisation des Systems (Abb. 5).

Aus dem Slowakischen übersetzt von A. M i š í k o v á