GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

ROČNÍK XXVI 1974 ČÍSLO 2

JOZEF KRCHO

ŠTRUKTÚRA A PRIESTOROVÁ DIFERENCIÁCIA FYZICKOGEOGRAFICKEJ SFÉRY AKO KYBERNETICKÉHO SYSTÉMU

Jozef Krcho: The Structure and the Spatial Differentiation of the Physical-Geographical Sphere as a Cybernetic System. Geografický časopis, Bratislava 1974, XXVI, 2; 12 Fig., 14 of references.

The article deals with the problem of the physical-geographical sphere as a cybernetic system S_{FG}. This system is considered to be living environment of Man. Man as a society with his spatial activity is considered to be a cybernetic system S_{AG}. The systems S_{FG} and S_{AG} are in interaction. Further the problem of the structure and spatial differentiation of the system S_{FG}, the position of relief in the system S_{FG}, the states of the system S_{FG} and its division into sub-subsystems Sa_k (k = 1, 2, 3, 4, 5), the spatial differentiation of the system S_{FG} into spatial subsystems S'_{FGn} in the continuous and discrete space, the time aspects at the study of S_{FG} are dealt with.

The system S_{FG} has a different structure from its sub-subsystems Sa_k which is important for the definition of the object of the study of individual branches. The system S_{FG} is the object of the study of complex physical-geography.

1. ÚVOD

Geografická sféra sa v zhode s prácami [8, 9, 10] chápe ako priestorový kybernetický systém s vlastnou priestorovou organizáciou, ktorý sa skladá z dvoch autonómnych subsystémov, a to z antroposféry a z fyzickogeografickej sféry, ktoré sú v interakcii. Pod antroposférou v zmysle práce [9] chápeme človeka ako spoločnosť s jeho komplexnou priestorovou aktivitou. Fyzickogeografická sféra tvorí zasa základné prírodné prostredie človeka. Oba tieto subsystémy sú priestorove diferencované, pričom každý z nich má svoju vlastnú priestorovú organizáciu.

Interakcia oboch subsystémov, t. j. antroposféry i fyzickogeografickej sféry, je v dôsledku priestorovej diferenciácie týchto subsystémov práve tak priestorove diferencovaná a má polydimenzionálny charakter.

Súčasná krajina je vlastne výsledkom interakcie antroposféry a fyzickogeografickej sféry ako základného životného prostredia človeka.

Popri spoločných zákonitostiach, ktorými sa riadia procesy v oboch uvedených subsystémoch, majú aj autonómne subsystémy svoje vlastné zákonitosti, ako aj svoje vlastné autoregulačné zákonitosti, ktorými sa riadia procesy prebiehajúce v nich.

Naším cieľom bude v oboch uvedených systémoch štúdium fyzickogeografickej sféry ako základného životného prostredia človeka. Človeka ako spoločnosť si všímame iba z hľadiska interakcie, avšak jeho vlastným štúdiom ako kybernetického systému sa nebudeme zaoberať.

Človek v dôsledku interakcie pôsobí ako poruchový činiteľ na fyzickogeografickú sféru.

Autoregulačné pochody vo fyzickogeografickej sfére majú určitý intervalový charakter.

Poruchy spôsobené interakciou majú vo fyzickogeografickej sfére určité časové a priestorové rozloženie. Fyzickogeografická sféra ako kybernetický systém má určité rezervy, takže tieto poruchy vyrovnáva zmenením svojej priestorovej organizácie a diferenciácie v určitom priestorovom rozsahu. Poruchy vyvolávané interakciou nadobúdajú však vo fyzickogeografickej sfére miestami taký veľký rozsah, že rezervy jej autoregulačných mechanizmov sa po mnohých stránkach blížia k svojej hornej hranici, po prekročení ktorej sa rozrušuje štruktúra systému, čo vedie k úplnej devastácii fyzickogeografickej sféry v určitom priestorovom rozsahu.

Preto, aby sa zamedzilo vznikajúcim poruchám v stále väčšom priestorovom rozsahu, ďalšia exploatácia krajiny musí byť vedená stratégiou optimálneho využitia fyzickogeografickej sféry, bez porušenia jej štruktúry.

Všetky odvetvové zásahy človeka do jednotlivých zložiek fyzickogeografickej sféry musia byť vedené nie izolovane z hľadiska maximálnej výhody určitého odvetvia, ale z hľadiska fyzickogeografickej sféry ako komplexu, t. j. ako jedného systému, a preto všetky zásahy musia byť vedené určitou stratégiou, vychádzajúcou z krajiny ako komplexu.

Tento komplexný prístup ku krajine vyžaduje dôkladnú znalosť jednak jej zložiek a jednak väzieb medzi jej jednotlivými zložkami. Vyžaduje teda exaktnú znalosť štruktúry tohto systému, ďalej znalosť jeho správania, aby sa mohla z hľadiska rôznych zásahov robiť prognóza jeho vývinu.

Takto uvažovaný komplexný prístup ku krajine vyžaduje kvantifikáciu a exaktizáciu. Systémovo-kybernetický prístup k fyzickogeografickej sfére umožní formulovať tento problém na vyššej úrovni.

Kybernetický prístup umožňuje ďalej kybernetické modelovanie jednak procesov vo fyzickogeografickej sfére a ich priestorové rozloženie a jednak umožní modelovanie priestorovej organizácie a diferenciácie tohto systému v čase pomocou samočinných počítačov.

Pri modelovaní fyzickogeografickej sféry pomocou samočinných počítačov z hľadiska jej optimálneho využitia a jej riadenia človekom musia sa vypracovať rôzne stratégie. Je to napr. stratégia poľnohospodárskeho a lesohospodárskeho využitia krajiny z hľadiska najoptimálnejšieho priestorového rozloženia jednotlivých druhov a spôsobov poľnohospodárskej i lesnej produkcie ako formy intenzívnej exploatácie, stratégia surovinového a iného využitia fyzickogeografickej sféry na priemyselné účely, stratégia optimálneho rozloženia jednotlivých priemyselných odvetví z hľadiska potrieb fyzickogeografickej sféry atď.

Cieľom je teda poznať štruktúru fyzickogeografickej sféry a vedieť ju exaktne vyjadriť, poznať správanie fyzickogeografickej sféry a jej priestorovú organizáciu a na základe toho vedieť z hľadiska plánovaného zásahu urobiť prognózu jej zmien v časovom i priestorovom rozsahu. Z tohto hľadiska je dôležitý horizontálny a vertikálny prenos informácie vo fyzickogeografickej sfére.

Problémom priestorového aspektu fyzickogeografickej sféry ako kybernetického systému sa zaoberali A. D. Armand [1], A. S. Devdariani [5] a iní. A. D. Armand vo svojich prácach originálnym spôsobom rozoberá problém toku a prenosu informácie v prírodných komplexoch, používa aj termín prírodné systémy. Jednotlivé prírodné komplexy v zmysle A. D. Armanda [1, 2, 3] sú vlastne našimi priestorovými subsystémami S_{GFn}. (Pozri práce [6, 8, 9, 10]). V práci [2] navodzuje potom problém modelovania týchto prírodných komplexov z hľadiska teórie informácie.

V tejto súvislosti poznamenajme, že modelovanie fyzickogeografickej sféry pomocou samočinných počítačov sa stane veľmi dôležitým, ak nie kľúčovým spôsobom na vypracúvanie prognózy jej správania v priestore a čase. V tomto smere nadobúda mapa novú špecifickú úlohu — úlohu modelačného prostriedku.

Problém štúdia fyzickogeografickej sféry ako kybernetického systému možno v základe rozložiť na dve časti, a to na

sformovanie teórie geografickej sféry ako kybernetického systému s vyjadrením jeho skladby a štruktúry, a na modelovanie tohto systému inými, tzv. modelujúcimi systémami na princípe homomorfie.

V tejto práci v nadväznosti na naše predošlé práce [8, 9, 10] načrtneme prvý bod.

2. GEOGRAFICKÁ SFÉRA AKO KYBERNETICKÝ SYSTÉM A JEJ PRIESTOROVÁ ORGANIZÁCIA

V zmysle prác [8, 9, 10] uvažujeme geografickú sféru ako hmotný kybernetický systém

$$S_G = \{S_{AG}, S_{FG}\}, \tag{2.1}$$

skladajúci sa z dvoch autonómnych subsystémov S_{AG}, S_{FG},

kde

S_{AG} je subsystém antroposféry (antroposféra — človek ako spoločnosť s jeho komplexnou priestorovou aktivitou,

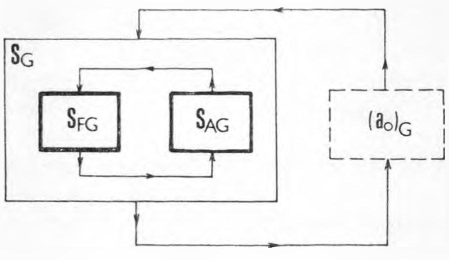
S_{FG} je subsystém fyzickogeografickej sféry.

Subsystémy S_{AG}, S_{FG} sú v interakcii (obr. 1). Subsystémy S_{AG}, S_{FG} v zmysle uvedených prác [8, 9, 10] môžeme študovať ako samostatné systémy

$$S_{AG} = \{G_{AG}, R_{AG}\}, \qquad S_{FG} = \{G_{FG}, R_{FG}\}, \tag{2.2}$$

kde

$$G_{AG} = \{A_l\},$$
$$G_{FG} = \{a_k\}$$



$S_G = \{S_{AG}, S_{FG}\}$

Obr. 1

sú množiny prvkov, z ktorých sa systémy S_{AG}, S_{FG} skladajú ($l = 1, 2, 3, \ldots, k = 1, 2, 3, 4, 5$),

$$R_{AG} = \{r_{ij}\}_{AG}$$

je množina vzťahov a závislostí jednak medzi prvkami systému S_{AG} a jednak medzi prvkami systému S_{AG} a jeho okolím $(a_o)_{AG}$,

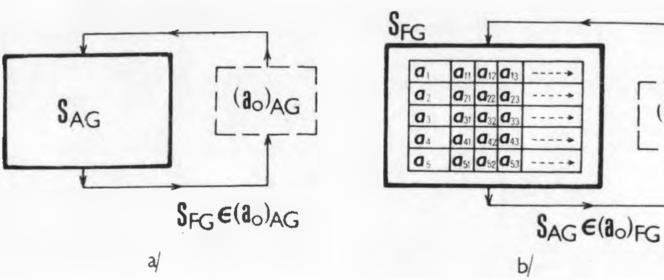
$$R_{FG} = \{r_{ij}\}$$

je množina vzťahov a závislostí, a to jednak medzi prvkami systému S_{FG} a jednak medzi uvedenými prvkami a okolím systému $(a_o)_{FG}$.

Ak študujeme S_{AG} ako samostatný systém, potom v zmysle prác [8, 9, 10] systém

$$S_{FG} \in (a_0)_{S_{FG}},$$

teda sme na pozícii ekonomickej geografie [8] (obr. 2).



Obr. 2

Ak študujeme systém S_{FG} ako samostatný systém, potom v zmysle tých istých prác (obr. 2) systém

$$S_{AG} \in (a_o)_{FG}.$$

Pretože systémy S_{AG}, S_{FG} sú priestorovými systémami, aj ich interakcia je priestorove diferencovaná a má polydimenzionálny charakter.

V ďalšom sa budeme zaoberať systémom S_{FG} ako samostatným priestorovým systémom. Množina jeho prvkov

$$G_{FG} = \{a_k\} \tag{2.3}$$

($k = 1, 2, 3, 4, 5$) sa skladá z 5 prvkov, a to z a_1 — atmosféra, a_2 — hydrosféra, a_3 = litosféra, a_4 — pedosféra, a_5 — biosféra, z ktorých každý je rozložený v priestore. Tieto prvky množiny (2.3) sú komponentmi fyzickogeografickej sféry. Poznamenajme, že komponenty fyzickogeografickej sféry nie sú z hľadiska vzniku a vývinu tejto sféry na rovnakej úrovni. Základnými komponentmi sú prvky a_1, a_2, a_3 a následnými komponentmi prvky a_4, a_5, ktoré vznikli v dôsledku vzťahov a procesov medzi prvkami a_1, a_2, a_3. Zvláštne postavenie v systéme S_{FG} má reliéf ako forma. Reliéf ako forma je nehmotnou veličinou, hmotný je nositeľom tejto formy. Tohto problému sa dotkneme v ďalších častiach práce. Okrem množiny G_{FG} zaveďme ešte množinu

$$B_{FG} = \{a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}. \tag{2.3'}$$

Množina G_{FG} sa tvorí iba prvkami systému S_{FG}. Množina B_{FG} sa tvorí prvkami systému S_{FG} a naviac jedným prvkom a_0 ako nediferencovaným okolím systému S_{FG}. Množinu môžeme vyjadriť aj ako množinu

$$B_{FG} = \{(a_0)_{FG}, G_{FG}\},$$

ktorá sa skladá z prvku $(a_0)_{FG}$ ako okolie systému S_{FG} a z množiny jeho prvkov G_{FG}.

Každý prvok množiny B_{FG} (2.3') je charakterizovaný množinou vstupných veličín v_n, ponímaných ako zložky vstupného vektora

$$\mathbf{v} = \{v_1, v_2, \ldots, v_n\},$$

a množinou výstupných veličín w_n, chápaných ako zložky výstupného vektora

$$\mathbf{w} = \{w_1, w_2, \ldots, w_n\}.$$

V súvislosti s tým charakterizujeme vstupy a výstupy pri prvkoch v množine G_{FG} ako komponentov fyzickogeografickej sféry. Za vstupy jednotlivých prvkov množiny G_{FG} môžeme považovať ich časti, ktorými prijímajú podnety zvonka, za výstupy môžeme považovať tie časti tých istých prvkov, ktorými tieto prvky pôsobia na svoje prostredie. Vstupmi a výstupmi nemusia byť však iba určité časti týchto prvkov, ale aj samy prvky v tom zmysle, že tieto prvky celé prijímajú podnety zvonka v jednej forme a v inej forme, zmeniac svoj stav, zasa celý ten istý prvok vplýva na svoje prostredie. To značí, že v jednej funkčnej podobe celý prvok prijíma podnety a v inej zmenenej funkčnej podobe ten istý celý prvok vplýva na svoje okolie.

V množine vzťahov a závislostí medzi prvkami množiny B_{FG} (2.3'), t. j. v množine

$$R_{FG} = \{r_{ij}\} \qquad ij = 1, 2, 3, \ldots$$

uvažujeme poradie indexov $\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}$. Prvok tejto množiny r_{ij} označuje závislosti, vstupných veličín prvku a_j na výstupných veličinách prvku a_i, kým r_{ji} označuje závislosti vstupných veličín prvku a_i od výstupných veličín prvku a_j.

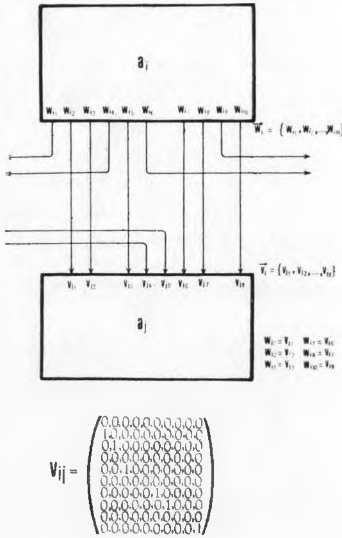
Ak uvažujeme všetky závislosti pre $i \neq j$, potom množinu R_{FG} môžeme vzhľadom na množinu (2.3') vyjadriť v tvare matice

$$\mathbf{R}_{FG} = \begin{pmatrix} 0, & r_{01}, & r_{02}, & r_{03}, & r_{04}, & r_{05} \\ r_{10}, & 0, & r_{12}, & r_{13}, & r_{14}, & r_{15} \\ r_{20}, & r_{21}, & 0, & r_{23}, & r_{24}, & r_{25} \\ r_{30}, & r_{31}, & r_{32}, & 0, & r_{34}, & r_{35} \\ r_{40}, & r_{41}, & r_{42}, & r_{43}, & 0, & r_{45} \\ r_{50}, & r_{51}, & r_{52}, & r_{53}, & r_{54}, & 0 \end{pmatrix}, \tag{2.4}$$

ktorá má $(k-1)^2$ prvkov, z toho k^2-k nenulových. Väzbu V_{ij} medzi prvkami a_i, a_j v zmysle práce [12] ($i, j = 1, 2, 3, \ldots$, pričom $i, j, \leq k$) chápeme ako spoločné zložky výstupného vektora $\boldsymbol{w}_i$ nejakého prvku a_i so zložkami vstupného vektora $_j$ prvku a_j (obr. 3), t. j.

$$v_{il} = v_{jl}$$

a vyjadrujeme ju v tvare tzv. väzbovej matice $\mathbf{V}_{ij}$.



Obr. 3

Pre $V_{ij} \neq 0$ platí, že $r_{ij} \neq 0$. Avšak pre

$r_{ij} \neq 0$ môže byť $\mathbf{V}_{ij} \neq 0$ alebo $\mathbf{V}_{ij} = 0$.

Ak je $\mathbf{V}_{ij} \neq 0$, existuje medzi prvkami a_i, a_j nenulová väzba, t. j. priama závislosť.

Ak je $\mathbf{V}_{ij} = 0$ ($r_{ij} \neq 0$), t. j. ak väzba medzi prvkami a_i, a_j je nulová, pôjde o tzv. nepriamu alebo sprostredkovanú závislosť medzi uvedenými a_i, a_j cez nejaký iný prvok a_1.

Pre $r_{ij} = 0$ je však vždy aj $\mathbf{V}_{ij} = 0$.

Širšiu štruktúru fyzickogeografickej sféry ako systému S_{FG} chápeme v kybernetickom zmysle ako maticu

$$[\mathbf{V}_{FG}]_c = \begin{pmatrix} 0, \mathbf{V}_{01}, \mathbf{V}_{02}, \mathbf{V}_{03}, \mathbf{V}_{04}, \mathbf{V}_{05} \\ \mathbf{V}_{10}, \quad 0, \mathbf{V}_{12}, \mathbf{V}_{13}, \mathbf{V}_{14}, \mathbf{V}_{15} \\ \mathbf{V}_{20}, \mathbf{V}_{21}, \quad 0, \mathbf{V}_{23}, \mathbf{V}_{24}, \mathbf{V}_{25} \\ \mathbf{V}_{30}, \mathbf{V}_{31}, \mathbf{V}_{32}, \quad 0, \mathbf{V}_{34}, \mathbf{V}_{35} \\ \mathbf{V}_{40}, \mathbf{V}_{41}, \mathbf{V}_{42}, \mathbf{V}_{43}, \quad 0, \mathbf{V}_{45} \\ \mathbf{V}_{50}, \mathbf{V}_{51}, \mathbf{V}_{52}, \mathbf{V}_{53}, \mathbf{V}_{54}, \quad 0 \end{pmatrix}, \tag{2.5}$$

ktorej prvkami sú väzbové matice $\mathbf{V}_{ij}$ a ktorá má podobne ako matica R_{FG} (2.4) $(k\text{-}1)^2$ prvkov, z toho $k^2 - k$ možných nenulových prvkov.

Na hlavnej diagonále sú iba nulové prvky vzhľadom na to, že väzbu toho istého prvku so sebou samým neuvažujeme.

Užšia štruktúra systému S_{FG} bez prvku $(a_o)_{FG}$), t. j. väzbové prepojenie medzi prvkami množiny G_{FG}, je vyjadrená v tvare matice

$$\mathbf{V}_{FG} = \begin{pmatrix} 0, \mathbf{V}_{12}, \mathbf{V}_{13}, \mathbf{V}_{14}, \mathbf{V}_{15} \\ \mathbf{V}_{21}, \quad 0, \mathbf{V}_{23}, \mathbf{V}_{24}, \mathbf{V}_{25} \\ \mathbf{V}_{31}, \mathbf{V}_{32}, \quad 0, \mathbf{V}_{34}, \mathbf{V}_{35} \\ \mathbf{V}_{41}, \mathbf{V}_{42}, \mathbf{V}_{43}, \quad 0, \mathbf{V}_{45} \\ \mathbf{V}_{51}, \mathbf{V}_{52}, \mathbf{V}_{53}, \mathbf{V}_{54}, \quad 0 \end{pmatrix}, \tag{2.6}$$

ktorá má k^2 prvkov, z toho $k(k\text{-}1)$ nenulových. Na zvolenej rozlišovacej úrovni v množine $\mathbf{G}_{FG}$ (2.3) nemožno však priestorové rozloženie jej jednotlivých prvkov vyjadriť. Zvýšením rozlišovacej úrovne však každý z uvedených prvkov uvažujeme ako samostatnú množinu

$$a_k = \{a_{k1}, a_{k2}, \ldots, a_{kn_k}\}, \tag{2.7}$$

ktorá sa pre každé jednotlivé $k = 1, 2, 3, 4, 5$ skladá z ďalších prvkov a_{kn_k} $(n = 1, 2, 3, \ldots, k = 1, 2, 3, 4, 5)$.

Prvky množiny (2.7) teda tvoria vlastne zložky, z ktorých sa jednotlivé komponenty a_k $(k = 1, 2, 3, 4, 5)$ fyzickogeografickej sféry skladajú. Množinu (2.7) uvažujeme ako n_k-členný vektor a_k, ktorého zložkami sú podľa poradia jednotlivé prvky množiny (2.7).

V zmysle práce [9] vyjadrime množinu (2.3) v tvare stĺpcovej matice

$$\mathbf{G}_{FG} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{pmatrix}, \tag{2.8}$$

pričom každý prvok tejto matice vyjadríme v zmysle (2.7) ako n_k-členný vektor $\mathbf{a}_k$ $(k = 1, 2, 3, 4, 5)$, takže množinu prvkov $\mathbf{G}_{FG}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ dostaneme vyjadrenú v tvare matice

$$\mathbf{G}_{FG} = \begin{pmatrix} a_{11}, a_{12}, \ldots, a_{1n_1} \\ a_{21}, a_{22}, \ldots, a_{2n_2} \\ a_{31}, a_{32}, \ldots, a_{3n_3} \\ a_{41}, a_{42}, \ldots, a_{4n_4} \\ a_{51}, a_{52}, \ldots, a_{5n_5} \end{pmatrix}, \tag{2.9}$$

pomocou ktorej je teoreticky opísané rozloženie prvkov v každom zvolenom mieste v priestore.

Medzi prvkami matice (2.9) existujú tieto vzťahy a závislosti:

1. vzťahy medzi jednotlivými prvkami v každom riadku matice, t. j. vnútroriadkové vzťahy a závislosti a 2. vzťahy medzi určitými prvkami každého príslušného zvoleného riadku a prvkami v ostatných riadkoch, t. j. vzťahy a závislosti medzi riadkami matice (medziriadkové závislosti).

Pretože každý n_k-členný vektor (n_k-tica) matice (2.9) má svoje zložky ako prvky, medzi ktorými sú uvedené vnútroriadkové vzťahy a závislosti, každú n_k-ticu matice (2.9) môžeme považovať za podsubsystém

$$\mathbf{S}a_k = \{\mathbf{G}a_k, \mathbf{R}a_k\}, \tag{2.10}$$

kde

$\mathbf{G}a_k$ je pre každé jednotlivé $k = 1, 2, 3, 4, 5$ n_k-tica prvkov v k-tom riadku matice tvorená množinou (2.7) a

$\mathbf{R}a_k$ je množina ďalších vzťahov a závislostí, a to:

1. medzi jednotlivými prvkami v každom riadku matice, t. j. množina vnútroriadkových vzťahov a závislostí,
2. vzťahov a závislostí medzi prvkami každého uvažovaného riadku a prvkami v ostatných riadkoch, t. j. množinu medziriadkových vzťahov a závislostí a
3. vzťahov a závislostí medzi prvkami každého k-teho riadku a ich širším okolím (a_0) $\mathbf{S}a_k$.

Každý podsubsystém $\mathbf{S}a_k$ (2.10) má teda svoje širšie okolie $(a_0)_{Sa_k}$, do ktorého vždy patria všetky ostatné podsubsystémy, okrem práve uvažovaného.

To značí, že v zmysle práce [10] pre podsubsystém atmosféry

$$Sa_1 = \{Ga_1, Ra_1\}$$

ostatné podsubsystémy $\mathbf{S}a_{k=2,3,4,5} \in (a_0)_{Sa_1}$,

pre podsubsystém hydrosféry

$$Sa_2 = \{Ga_2, Ra_2\},$$

ostatné podsubsystémy $Sa_{k=1,3,4,5} \in (a_0)_{Sa_2}$,

$$\vdots$$

atď., až pre podsubsystém biosféry

$$Sa_5 = \{Ga_5, Ra_5\}$$

ostatné podsubsystémy $Sa_{k=1,2,3,4} \in (a_0)_{Sa_5}$.

Širšia štruktúra každého z týchto podsubsystémov Sa_k je určená maticou štruktúry

$$[\mathbf{V}a_k]_c = \begin{pmatrix} 0, & \mathbf{V}_{0k,k1}, & \mathbf{V}_{0k,k2}, & \dots, & \mathbf{V}_{0k,kn_k} \\ \mathbf{V}_{k1,0k}, & 0, & \mathbf{V}_{k1,k2}, & \dots, & \mathbf{V}_{k1,kn_k} \\ \mathbf{V}_{k2,0k}, & \mathbf{V}_{k2,k1}, & 0, & \dots, & \mathbf{V}_{k2,kn_k} \\ & & \vdots & & \\ \mathbf{V}_{kn_k0k}, & \mathbf{V}_{kn_kk1}, & \mathbf{V}_{kn_kk2}, & \dots, & 0 \end{pmatrix}, \tag{2.11}$$

ktorej prvky sú tvorené maticami väzieb jednak prvkov a_{kn_k} každého podsubsystému medzi sebou ($k = 1, 2, 3, 4, 5$) a jednak maticami väzieb prvkov a_{kn_k} každého podsystému Sa_k s definovaným okolím príslušného podsubsystému.

Užšia štruktúra každého podsubsystému Sa_k bude určená maticou štruktúry

$$\mathbf{V}a_k = \begin{pmatrix} 0, & \mathbf{V}_{k1,k2}, & \dots, & \mathbf{V}_{k1,kn_k} \\ \mathbf{V}_{k2,k1}, & 0, & \dots, & \mathbf{V}_{k2,kn_k} \\ & \vdots & & \\ \mathbf{V}_{kn_kk1}, & \mathbf{V}_{kn_kk2}, & \dots, & 0 \end{pmatrix}, \tag{2.12}$$

ktorej prvkami sú matice väzieb iba medzi samotnými prvkami a_{kn_k} príslušného podsubsystému Sa_k ($k = 1, 2, 3, 4, 5$). Táto matica má $(n_k - 1)n_k$ možných nenulových prvkov nad hlavnou a pod hlavnou diagonálou. Prvky pod hlavnou diagonálou v zmysle práce [12] označujú spätnú väzbu s im odpovedajúcimi prvkami nad hlavnou diagonálou.

V matici širšej štruktúry $[\mathbf{V}ak]_c$ sú väzby príslušných prvkov a_{kn_k} podsubsystému Sa_k s jeho okolím $(a_0)_{Sa_k}$ vyjadrené väzbovými maticami $\mathbf{V}_{0k,kn_k}$, resp. $\mathbf{V}_{kn_k,0k}$. Tieto väzbové matice vyjadrujú väzbu prvku a_{kn_k} s nediferencovaným okolím $(a_0)_{Sa_k}$ subsystému Sa_k, čo značí, že okolie $(a_0)_{Sa_k}$ podsubsystému Sa_k ($k = 1, 2, 3, 4, 5$) je v zmysle uvedenej množiny B_{FG} (2.3′) i definície okolia bližšie nediferencované a uvažuje sa ako prvok tejto množiny. Rozdelenie systému S_{FG} na podsubsystémy Sa_k a vyjadrenie štruktúry týchto podsubsystémov má význam i pre klasifikáciu jednotlivých geovedných disciplín z hľadiska vymedzenia predmetu ich štúdia. Každý z týchto podsubsystémov Sa_k má vlastnú štruktúru a svoje vlastné okolie, takže môže sa študovať ako samostatný systém.

Prvky každého riadku matice $\mathbf{G}_{FG}$ (2.9) systému $S_{FG} = \{G_{FG}, R_{FG}\}$ tvoria množinu prvkov $Gak = \{akn_k\}$ podsubsystémov (2.10), pričom každý z týchto podsubsystémov Sa_k má definovanú svoju vlastnú množinu vzťahov a závislostí Ra_k, teda každý z nich má svoju vlastnú štruktúru (2.11), resp. (2.12). Vzhľadom na to maticu prvkov G_{FG} (2.9) systému S_{FG} môžeme vyjadriť v tvare stĺpcovej matice

$$\mathbf{G}_{FG} = \begin{pmatrix} \mathbf{G}a_1 \\ \mathbf{G}a_2 \\ \mathbf{G}a_3 \\ \mathbf{G}a_4 \\ \mathbf{G}a_5 \end{pmatrix} \tag{2.13}$$

a množinu závislostí R_{FG} tohto systému S_{FG} môžeme vzhľadom na závislosti medzi subsystémami Sa_k (medziriadkové vzťahy a závislosti medzi prvkami) vyjadriť v tvare stĺpcovej matice

$$\mathbf{R}_{FG} = \begin{pmatrix} \mathbf{R}a_1 \\ \mathbf{R}a_2 \\ \mathbf{R}a_3 \\ \mathbf{R}a_4 \\ \mathbf{R}a_5 \end{pmatrix}, \tag{2.14}$$

ktorej prvkami sú matice

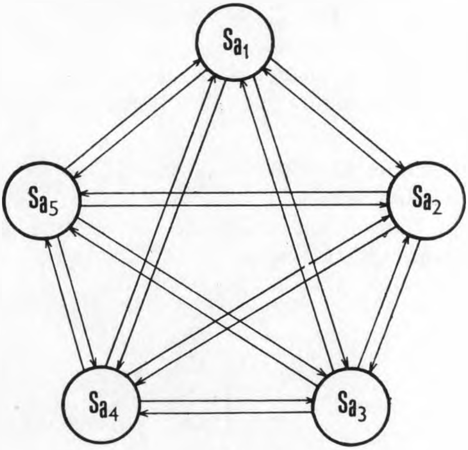
$$\mathbf{R}a_k = \begin{pmatrix} 0, & r_{0k,k1}, & r_{0k,k2}, & \ldots, & r_{0k,kn_k} \\ r_{k1,0k}, & 0, & r_{k1,k2}, & \ldots, & r_{k1,kn_k} \\ r_{k2,0k}, & r_{k2,k1}, & 0, & \ldots, & r_{k2,kn_k} \\ & & \cdots & & \\ r_{kn_k,0k}, & r_{kn_k,k1}, & r_{kn_k,k2}, & \ldots, & 0 \end{pmatrix}. \tag{2.15}$$

Prvky matíc (2.15) pre jednotlivé $k = 1, 2, 3, 4, 5$ sa tvoria už definovanými vzťahmi a závislosťami. Napríklad prvok $r_{0k,k1}$ vyjadruje závislosť okolia $(a_0)_{Sak}$ systému Sa_k s jeho prvým prvkom a_{k1}, atď.

Vzhľadom na matice (2.13) a 2.14) môžeme systém S_{FG} vyjadriť v maticovom tvare ako množinu

$$S_{FG} = \left[\begin{pmatrix} Ga_1 \\ Ga_2 \\ Ga_3 \\ Ga_4 \\ Ga_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{R}a_1 \\ \mathbf{R}a_2 \\ \mathbf{R}a_3 \\ \mathbf{R}a_4 \\ \mathbf{R}a_5 \end{pmatrix} \right]. \tag{2.16}$$

Systém S_{FG} sa teda v každom uvažovanom mieste ľubovoľne študovanej časti priestoru vo vertikálnom zmysle tvorí piatimi podsystémami Sa_k, o ktorých podotknime, že sú spätnoväzobne prepojené (obr. 4).



Obr. 4

Systém S_{FG} vyjadrený pomocou subsystémov Sa_k ako celok má svoju vlastnú maticu štruktúry, ktorá z hľadiska týchto jednotlivých podsubsystémov Sa_k má tvar

$$\mathbf{V}_{FG} = \begin{pmatrix} \mathbf{V}a_{11}, \mathbf{V}a_{12}, \mathbf{V}a_{13}, \mathbf{V}a_{14}, \mathbf{V}a_{15} \\ \mathbf{V}a_{21}, \mathbf{V}a_{22}, \mathbf{V}a_{23}, \mathbf{V}a_{24}, \mathbf{V}a_{25} \\ \mathbf{V}a_{31}, \mathbf{V}a_{32}, \mathbf{V}a_{33}, \mathbf{V}a_{34}, \mathbf{V}a_{35} \\ \mathbf{V}a_{41}, \mathbf{V}a_{42}, \mathbf{V}a_{43}, \mathbf{V}a_{44}, \mathbf{V}a_{45} \\ \mathbf{V}a_{51}, \mathbf{V}a_{52}, \mathbf{V}a_{53}, \mathbf{V}a_{54}, \mathbf{V}a_{55} \end{pmatrix}, \tag{2.17}$$

ktorej prvky $\mathbf{V}a_{11}, \mathbf{V}a_{22}, \mathbf{V}a_{33}, \mathbf{V}a_{44}, \mathbf{V}a_{55}$ na hlavnej diagonále sú maticami užšej štruktúry (2.12) podsubsystémov $Sa_1, Sa_2, Sa_3, Sa_4, Sa_5$.

Ostatné matice $\mathbf{V}a_{12}, \mathbf{V}a_{13}, \ldots$ nad hlavnou diagonálou i matice $\mathbf{V}a_{21}, \mathbf{V}a_{31}, \ldots$ pod hlavnou diagonálou sú väzbovými maticami každého hmotného prvku ain_i príslušného podsubsystému Sa_i so všetkými ostatnými prvkami ajn_j ostatných podsubsystémov Sa_j, kde $i, j \leq k = 1, 2, 3, 4, 5$, pričom $i \neq j$.

Každá z týchto matíc má $n_i\ n_j$ prvkov tvorených väzbovými maticami príslušného prvku ain_i uvažovaného podsystému Sa_i s prvkami ajn_j ostatných podsubsystémov Sa_j (i, j $\leq k = 1, 2, 3, 4, 5\ i \neq j$).

Nenulové možné matice pod hlavnou diagonálou matice (2.17) vyjadrujú spätné väzby vzhľadom na im odpovedajúce nenulové matice nad hlavnou diagonálou (napr. $\mathbf{V}a_{31} \neq 0$, $\mathbf{V}a_{13} \neq 0$ atď.). Tak napr. matica $\mathbf{V}a_{12}$ ako prvok matice (2.17) vyjadruje väzby prvkov $a_{11}, a_{12}, \ldots, a1n_1$ podsystému Sa_1 s prvkami podsystému Sa_2. Matica $\mathbf{V}a_{13}$ vyjadruje väzby prvkov podsubsystému Sa_1 s prvkami podsubsystému Sa_3 atď. Matica $\mathbf{V}a_{21}$ pod hlavnou diagonálou vyjadruje väzby prvkov podsubsystému Sa_2 s prvkami podsubsystému Sa_1. Ak teda

$$\mathbf{V}a_{21} \neq 0\ \mathbf{V}a_{12} \neq 0,$$

potom väzbové matice v matici $\mathbf{V}a_{21}$ vyjadrujú spätné väzby s väzbovými maticami ako prvkami matice$\mathbf{V}a_{12}$. Uvedené konkrétne ukážeme na spomenutých maticiach $\mathbf{V}a_{12}$, $\mathbf{V}a_{21}$, ktoré po rozpísaní budú mať tvar

$$\mathbf{V}a_{12} = \begin{pmatrix} \mathbf{V}_{11,21}, \mathbf{V}_{11,22}, \ldots, \mathbf{V}_{11,2n_2} \\ \mathbf{V}_{12,21}, \mathbf{V}_{12,22}, \ldots, \mathbf{V}_{12,2n_2} \\ \vdots \\ \mathbf{V}_{1n_1,21}, \mathbf{V}_{1n_1,22}, \ldots, \mathbf{V}_{1n_1,2n_2} \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{V}a_{21} = \begin{pmatrix} \mathbf{V}_{21,11}, \mathbf{V}_{21,12}, \ldots, \mathbf{V}_{21,1n_1} \\ \mathbf{V}_{22,11}, \mathbf{V}_{22,12}, \ldots, \mathbf{V}_{22,1n_1} \\ \vdots \\ \mathbf{V}_{2n_2,11}, \mathbf{V}_{2n_2,12}, \ldots, \mathbf{V}_{2n_2,1n_1} \end{pmatrix}.$$

Podobne by bolo možné rozpísať všetkých 20 podmatíc matice $\mathbf{V}_{FG}$ (2.17), včítane jej podmatíc na hlavnej diagonále, ktoré však majú tvar (2.12).

Ak teda v matici $\mathbf{G}_{FG}$ (2.9) označíme počet prvkov v jej i-tom riadku symbolom n_i a počet prvkov v jej j-tom riadku symbolom n_j, potom celkový počet možných väzieb v matici $\mathbf{V}_{FG}$ (2.17), vyjadrený aj v jej jednotlivých prvkoch tvorených väzbovými maticami $\mathbf{V}a_{ij}$ $(i, j \leq k = 1, 2, 3, 4, 5)$, bude po rozpísaní vyjadrený súčtom

$$\begin{aligned} \Sigma V = {} & (n_1 - 1)\, n_1 + n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_1 n_4 + n_1 n_5 + \\ & + (n_2 - 1)\, n_2 + n_2 n_1 + n_2 n_3 + n_2 n_4 + n_2 n_5 + \\ & + (n_3 - 1)\, n_3 + n_3 n_1 + n_3 n_2 + n_3 n_4 + n_3 n_5 + \\ & + (n_4 - 1)\, n_4 + n_4 n_1 + n_4 n_2 + n_4 n_3 + n_4 n_5 + \\ & + (n_5 - 1)\, n_5 + n_5 n_1 + n_5 n_2 + n_5 n_3 + n_5 n_4 \,, \end{aligned} \tag{2.18}$$

v ktorom každý riadok ako súčet vyjadruje celkový počet možných väzieb vo väzbových maticiach matice $\mathbf{V}_{FG}$ (2.17) v tom jej príslušnom riadku, ktorý odpovedá riadku súčtu (2.18).

Keďže však pre jednotlivé členy vzťahu (2.18) všeobecne platí, že

$$n_i n_j = n_j n_i,$$

kde $i, j \leq k = 1, 2, 3, 4, 5$, pričom $i \neq j$,

možno vzťah (2.18) vyjadriť v tvare

$$\begin{aligned} \Sigma V = {} & (n_1 - 1) n_1 + 2n_1 n_2 + 2n_1 n_3 + 2n_1 n_4 + 2n_1 n_5 + \\ & + (n_2 - 1) n_2 + 2n_2 n_3 + 2n_2 n_4 + 2n_2 n_5 + \\ & + (n_3 - 1) n_3 + 2n_3 n_4 + 2n_3 n_5 + \\ & + (n_4 - 1) n_4 + 2n_4 n_5 + \\ & + (n_5 - 1) n_5 = \\ & = \sum_{k=1}^{k=5} (n_k - 1) n_k + \sum_{i,j=1}^{i,j=5} 2 n_i n_j, \end{aligned} \tag{2.19}$$

pre $i, j \leq k = 1, 2, 3, 4, 5$ a $i \neq j$,

takže počet všetkých členov $2n_i n_j$ v (2.19) je

$$\binom{k}{2} = \binom{5}{2} = 10.$$

Mnohé submatice Va_{ij} v matici (2.17) $(i, j \leq k;\ i \neq j)$ budú však mať v skutočnosti veľa prvkov nulových, pričom aj niektoré samotné submatice $\mathbf{V}a_{ij}$ matice $\mathbf{V}_{FG}$ (2.17) budú nulové, takže v skutočnosti sa počet reálnych nenulových väzieb oproti počtu všetkých možných nenulových väzieb značne zníži. Tohto problému sa dotkneme neskôr, v súvislosti s priestorovým rozložením prvkov matice (2.9) systému S_{FG}.

Jeden z významov matice (2.17) je v tom, že táto nám objasnením štruktúry umožňuje systematické štúdium všetkých závislostí v systéme S_{FG} a určiť ich poradie podľa významu.

Prvky množiny (2.7) tvoriace n_k-tice matice (2.9) nie sú však v priestore vzájomne zastúpené rovnomerne, čo značí, že vo zvolenom ľubovoľnom mieste v priestore môžu v každom riadku matice (2.9) niektoré prvky chýbať, iné zasa nie.

Chýbajúce prvky nazvime nulovými prvkami matice (2.9), ktoré označíme symbolom 0, kým zastúpené (prítomné) prvky nazvime nenulovými prvkami matice (2.9). Tieto nenulové prvky v každom riadku matice (2.9) sa nevyskytujú v zmysle prác [8, 9, 10] vo zvolenom skúmanom mieste v priestore v ľubovoľnom zložení, ale tvoria tzv. prípustné kombinačné zoskupenie $C_{P(k)}$, určené jednak vnútroriadkovými závislosťami a jednak medziriadkovými závislosťami v matici (2.9). Počet všetkých možných kombinácií $C_{M(k)}$ zoskupenia prvkov od všetkých nulových až po všetky nenulové pre každý jeden riadok matice (2.9) sa určí takto:

$$C_{M(k)} = \sum_{i=1}^{n_k} \binom{n_k}{i} + 1 = \binom{n_k}{1} + \binom{n_k}{2} + \ldots + \binom{n_k}{n_k - 1} + \binom{n_k}{n_k} + 1 \tag{2.20}$$

$(k = 1, 2, 3, 4, 5)$,

pričom pre $C_{P(k)}$ a $C_{M(k)}$ platí, že

$$C_{P(k)} < C_{M(k)}.$$

Všetky prvky v každom riadku matice (2.9) tvoria tzv. úplnú n_k-ticu, kým nenulové prvky v každom riadku matice (2.9) tvoria tzv. modifikovanú n_k-ticu. V priestore sa vyskytujú vždy iba modifikované n_k-tice, skladajúce sa iba z nenulových prvkov a tvoriace v každom mieste modifikované množiny a_k pre $k = 1, 2, 3, 4, 5$, čo značí, že pre jednotlivé komponenty fyzickogeografickej sféry, konkrétne sa vyskytujúce v príslušnej modifikácii na danom mieste, tvoria jednotlivé modifikované množiny a'_k, ktoré sú vlastne modifikovanými prvkami matice (2.8), takže maticu modifikovaných prvkov a'_k môžeme súčasne vzhľadom na matice (2.8) a (2.13) napísať v tvare

$$\mathbf{G}'_{FG} = \begin{pmatrix} a'_1 \\ a'_2 \\ a'_3 \\ a'_4 \\ a'_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{G}'a_1 \\ \mathbf{G}'a_2 \\ \mathbf{G}'a_3 \\ \mathbf{G}'a_4 \\ \mathbf{G}'a_5 \end{pmatrix}. \tag{2.21}$$

Táto matica opisuje už skutočné rozloženie základných komponentov fyzickogeografickej sféry v priestore, ktoré tvoria jej prvky.

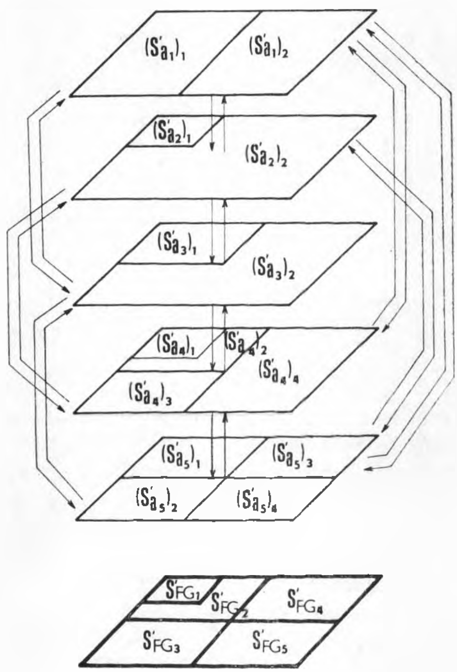
Teoretická množina vnútroriadkových a medziriadkových vzťahov i závislostí vyjadrená v maticovom tvare (2.14) sa vzhľadom na konkrétne sa vyskytujúce prvky systému vo zvolenom mieste vyjadrené v matici (2.21) modifikuje na konkrétne realizovanú množinu vzťahov a závislostí na danom mieste, vyjadrenú v tvare stĺpcovej matice

$$\mathbf{R}_{FG} = \begin{pmatrix} \mathsf{R}'a_1 \\ \mathsf{R}'a_2 \\ \mathsf{R}'a_3 \\ \mathsf{R}'a_4 \\ \mathsf{R}'a_5 \end{pmatrix}. \qquad 2.22$$

Modifikované prvky $\mathsf{G}'a_k$ matice (2.21) a $\mathsf{R}'a_k$ matice (2.22) nám vzhľadom na (2.10) vytvárajú priestorové podsubsystémy

$$(\mathsf{S}'a_k)_{n\,=\,1,\,2,\,3,\,\ldots} = \{\mathsf{G}'a_k,\ \mathsf{R}'a_k\}_{n\,=\,1,\,2,\,3,\,\ldots}. \qquad 2.23$$

V podsubsystémoch (2.23) $\mathsf{G}'a_k$ je pre každé $k = 1, 2, 3, 4, 5$ množinou nenulových prvkov v každom riadku matice (2.9), $\mathsf{R}'a_k$ je množinou jednak vnútroriadkových závislostí pre každé príslušné $k = 1, 2, 3, 4, 5$, jednak medziriadkových vzťahov a závislostí príslušného podsubsystému $\mathsf{S}'a_k$ s jeho okolím $(a_o)_{\mathsf{S}'a_k}$.



Obr. 5

Modifikácia prvkov a_k podsubsystémov Sa_k na prvky a'_k tvoriace množiny prvkov $\mathsf{G}'a_k$ jednotlivých podsubsystémov $\mathsf{S}'a_k$ má za následok aj modifikáciu matice štruktúry $\mathbf{V}a_k$ (2.12) každého podsubsystému Sa_k na maticu štruktúry $\mathbf{V}'a_k$. V každom modifikovanom podsubsystéme $(\mathsf{S}'a_k)_n$ jeho matica štruktúry $[\mathbf{V}'a_k]_n$ bude mať znížený počet nenulových submatíc tvoriacich prvky matice (2.12) Počet nenulových prvkov v modifikovanej matici štruktúry $\mathbf{V}'a_k$ každého modifikovaného podsubsystému $S'a_k$, t. j. počet nenulových väzieb submatíc matice $V'a_k$ bude znížený, a to o počet väzieb medzi nulovými prvkami v matici (2.9) a o počet väzieb medzi nulovými prvkami matice (2.9) a jej nenulovými prvkami, čo značí, že pre každý podsubsystém $(S'a_k)_{n=1,2,3,\ldots}$ (2.23) bude mať podľa modifikácie množiny jeho hmotných prvkov $\{G'a_k\}_{n=1,2,3,\ldots}$ modifikovanú aj svoju maticu štruktúry $[\mathbf{V}'a_k]_{n=1,2,3,\ldots}$.

Podsubsystémy (2.10) pre každé jednotlivé k sa teda priestorove diferencujú na podsubsystémy (2.23). Tieto podsubsystémy (2.23) pre každé jednotlivé $k = 1, 2, 3, 4, 5$ vytvárajú v priestore areály ako priestorové jednotky ohraničené podľa poradia n (obr. 5).

Systém S_{FG} sa v dôsledku nerovnomerného zastúpenia jednotlivých základných komponentov v priestore priestorove diferencuje na subsystémy

$$S'_{FG\,n} = \{G'_{FG}, R'_{FG}\}_n, \tag{2.24}$$

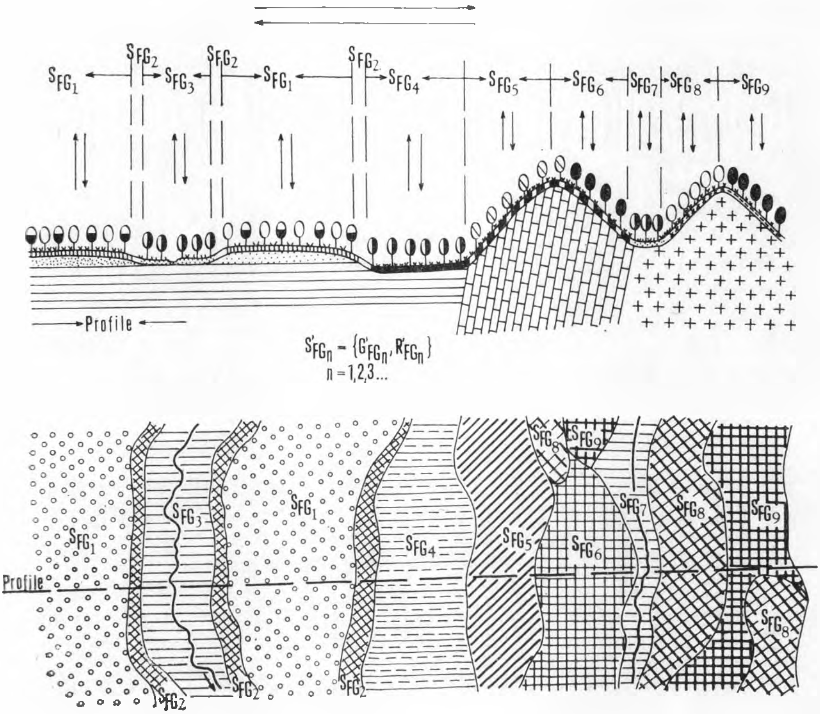
ktoré vytvárajú v priestore areály ako komplexné priestorové jednotky (obr. 6), pričom množina G'_{FG} tvorená pre príslušný areál množinou nenulových prvkov matice (2.9) je vyjadrená stĺpcovou maticou (2.21) a množina konkrétne realizovaných vzťahov a závislostí R'_{FG} stĺpcovou maticou (2.22). Vzhľadom na stĺpcové matice (2.21) a (2.22) potom priestorové subsystémy (2.24) môžeme napísať v tvare

$$S'_{FG\,n} = \left[\begin{pmatrix} G'a_1 \\ G'a_2 \\ G'a_3 \\ G'a_4 \\ G'a_5 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} R'a_1 \\ R'a_2 \\ R'a_3 \\ R'a_4 \\ R'a_5 \end{pmatrix} \right]_{n = 1, 2, 3, \ldots} . \tag{2.25}$$

Matica štruktúry $\mathbf{V}_{FG}$ (2.17) systému S_{FG} sa tak pre každý jeho subsystém S'_{FGn} modifikuje na maticu štruktúry $[\mathbf{V}_{FG}]_n$. V matici štruktúry (2.17) systému S_{FG} budú mnohé jej podmatice nulové, takže modifikovaná matica $[\mathbf{V}'_{FG}]_n$ bude mať počet nenulových submatíc omnoho nižší oproti matici (2.17).

Dotknime sa teraz stručne otázky priestoru v súvislosti s rozložením prvkov matice $\mathbf{G}_{FG}$, resp. jej jednotlivých submatíc $\mathbf{G}'a_k$ v študovanom území určitej veľkosti, ktoré študujeme v určitej mierke. Uvažujeme nejakú časť priestoru, v ktorej v súvislosti s počtom realizovaných väzieb medzi prvkami množiny $\mathbf{G}_{FG}$ (2.9) budeme sledovať počet jednotlivých prvkov a ich vyjadrenie. Od veľkosti zvolenej časti priestoru závisí aj veľkosť mierky, v ktorej tento priestor budeme študovať, ako aj rozlišovacia úroveň prvkov v podsubsystémoch $S'a_k$ systému S_{FG}. Keďže totiž vo fyzickogeografickej sfére pracujeme v jej jednotlivých podsubsystémoch s veľkým počtom prvkov, jednotlivé elementy jej matice (2.9) uvažujeme ako štatistické súbory. Iba pri veľmi podrobnom štúdiu priestorovej dynamiky S_{FG} na veľmi malom území a vo veľkej mierke môžeme napr. pri podsubsystéme Sa_5 za jednotlivé prvky množiny Ga_5 uvažovať jednotlivé rastlinné jedince (stromy), ktorých poloha je udaná súradnicami x, y vo zvolenej súradnicovej sústave (O, x, y). Veľkosť zvoleného priestoru vzhľadom na počet stromov a ďalších vstupných údajov, charakterizujúcich ostatné podsubsystémy Sa_1, Sa_2, Sa_3, Sa_4, je však pri modelovaní obmedzená kapacitou samočinného počítača. Tohto problému sa stručne dotkneme na záver.

Problematiku počtu realizovaných väzieb si ilustratívne ukážme na príklade množiny prvkov Ga_5 podsubsystému Sa_5, preto uvažujme pre ilustráciu množinu Ga_5, ktorá nech



Obr. 6

má vo vymedzenom priestore veľkom 300 m^2 56 prvkov, ktoré sa skladajú zo štyroch druhov, teda

$$Ga_5 = 10 + 15 + 25 + 6 = 56.$$

Varieta druhov prvkov tejto množiny je

$$\mathrm{Var}\, Ga_5(4) = 2 \text{ bit}.$$

Úplná varieta tejto množiny Ga_5 vzhľadom na počet druhov, t. j.

$$\mathrm{VAR}\; Ga_5 = \log_2 \left[\sum_{i=1}^{i=4} \binom{4}{i} \right] = 3{,}90689 \text{ bit.},$$

vyjadruje v bitoch, koľko teoreticky možných spoločenstiev by bolo možné vytvoriť, t. j. koľkými možnými stavmi by udaný podsubsystém Sa_5 musel prejsť, aby sa realizovali všetky teoretické druhy spoločenstiev za predpokladu, že ani v jednom spoločenstve (t. j. v nijakom kombinačnom zoskupení) nie je ani jeden dominantný druh. Skutočná varieta je však menšia (obmedzenie variety) vzhľadom na to, že počet prípustných kombinačných zoskupení je menší ako počet teoreticky možných. Ak by sme pre úplnosť uvažovali teoreticky možné spoločenstvá i s teoreticky možnými dominantnými prvkami v každom spoločenstve, potom počet teoretických možností pri počte druhov n_5 by bol určený vzťahom

$$\binom{n_5}{1} + \left[\binom{2}{1} + \binom{2}{2}\right]\binom{n_5}{2} + \left[\binom{3}{1} + \binom{3}{2} + \binom{3}{3}\right]\binom{n_5}{3} + \ldots + \left[\binom{n_5}{1} + \binom{n_5}{2} + \ldots + \right.$$

$$\left. + \ldots + \binom{n_5}{n_5 - 1} + \binom{n_5}{n_5}\right]\binom{n_5}{n_5} = \sum_{x=1}^{x=n_5}\left[\binom{n_5}{x}\sum_{i=1}^{i=x}\binom{x}{i}\right] = \sum_{x=1}^{x=n_5}\binom{n_5}{x}(2^x - 1),$$

čo značí, že v našom zvolenom ilustratívnom príklade pre $n_5 = 4$ to bude 65 možností a teda úplná varieta takéhoto rastlinného podsubsystému v bitoch bude

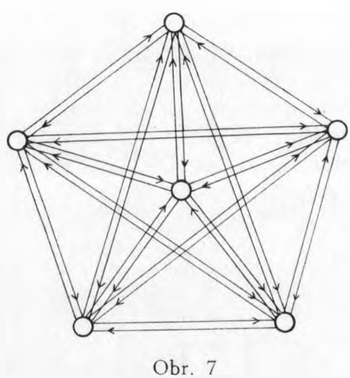
$$\mathrm{VAR}\ Ga_5(4) = 6{,}02236\ \mathrm{bit}.$$

Keďže však počet prípustných kombinačných zoskupení je menší ako počet teoretických možných, nastáva obmedzenie variety, takže

$$\mathrm{var}\ Ga_5 < \mathrm{VAR}\ Ga_5.$$

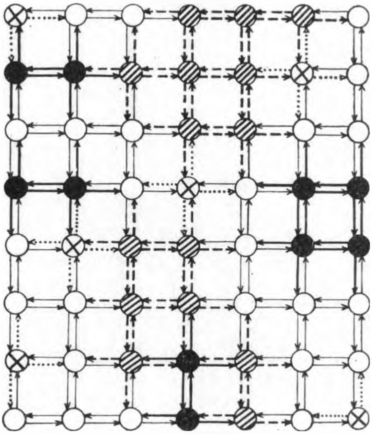
Všimnime si počet väzieb medzi uvedenými 56 prvkami. V zmysle vzťahov (2.18) možno vytvoriť 3080 možných nenulových väzieb. Na obr. 7 ilustratívne znázorňujeme prepojenie prvkov medzi sebou pomocou možných nenulových 3080 väzieb.

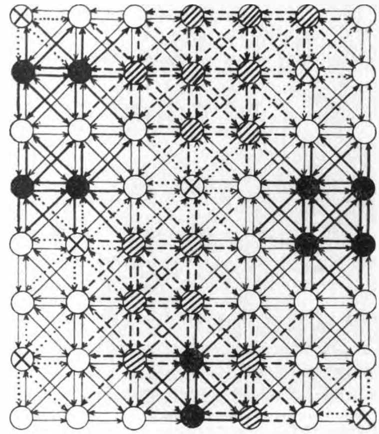
Skutočný počet väzieb bude však nižší. Predpokladajme najprv pre jednoduchosť rozloženie prvkov do štvorca, pričom najprv predpokladajme prepojenie medzi prvkami



Obr. 7

po stranách štvorcov (obr. 8a). Ak predpokladáme, že z možných nenulových 3080 väzieb sa budú realizovať iba väzby medzi susednými prvkami, pomocou ktorých sa realizuje prenos informácie medzi týmito prvkami, potom z hľadiska takto vymedzených podmienok počet väzieb klesne na 224 (obr. 8a). Ak však uvažujeme, že okrajové prvky majú nižší počet väzieb so susednými prvkami ako vnútorné prvky, počet väzieb klesne na 194. Ak predpokladáme, že každý prvok má prepojenie so všetkými susednými (uvažované i väzby po uhlopriečkach), t. j. každý prvok má so svojimi susednými prvkami 8 väzieb,





Obr. 8

potom celkový počet väzieb bude 448. Pretože však okrajové prvky majú nižší počet väzieb ako vnútorné, počet väzieb klesne na 362 (obr. 8b).

Ak teraz v študovanej oblasti budeme predpokladať nepravidelné rozloženie prvkov (obr. 9), potom počet skutočných nenulových väzieb pri každom prvku (okrem okrajových prvkov) bude sa štatisticky pohybovať okolo čísel 6 až 7. Ak vezmeme do úvahy číslo 7, potom počet väzieb pri všetkých 56 prvkoch bude 392. Tento počet sa však zníži vzhľadom na to, že okrajové prvky majú nižší počet väzieb so svojími susednými prvkami ako 7.

Prepojenie medzi prvkami v množine Ga_5 je v skutočnosti zložitejšie, pretože sa bezprostredne neovplyvňujú iba susediace prvky, i keď najintenzívnejšie sa ovplyvňujú iba susediace. Počet väzieb s ďalšími prvkami možno však podľa odstupňovanej intenzity prepojenia rozšíriť. Nám ide o podstatu veci a na uvedenom sme chceli iba ilustrovať zložitosť prepojenia. Uvedený prístup je dôležitý z hľadiska modelovania jednak jednotlivých podsubsystémov Sa_k a jednak samého systému S_{FG}, a preto je dôležité tento problém teoreticky rozoberať, aby sa pri zostavovaní modelov zaviedli správne zjednodušujúce predpoklady.

Ako sme už uviedli, takúto podrobnú rozlišovaciu úroveň pri štúdiu systému S_{FG} môžeme zvoliť iba pri jeho veľmi podrobnom štúdiu vo veľkej mierke a na veľmi malom území. V dôsledku veľkého množstva údajov a vzťahov je veľmi náročný na kapacitu samočinného počítača, a preto pri štúdiu fyzickogeografickej sféry ako systému S_{FG} vo väčšom priestorovom rozsahu budeme pracovať s rozsiahlymi štatistickými súbormi, ktoré budeme brať za celky (prvky), t. j. jedno rastlinné spoločenstvo ako štatistický súbor budeme považovať za jeden prvok množiny.

Skutočné rozloženie prvkov matice (2.21) v priestore je veľmi zložité.

V ďalších úvahách budeme skúmať študovaný priestor v súradnicovej sústave $\langle O, x, y\rangle$, takže zemepisné súradnice φ, λ budeme považovať za konštanty priradené k počiatku tejto súradnicovej sústavy [8].

Aby sme mohli vhodne a zjednodušene opísať priestorové rozloženie modifikovaných prvkov matice (2.21) tvorených nenulovými prvkami matice (2.9), uvažujme diskrétny geometrický priestor geografickej sféry skladajúci sa z $m = r.s$ (r, s 1, 2, 3, ...) priestorových jednotkových častí

$$\left.\begin{array}{l} \Delta V_m = h_m \, \Delta P_m \\ \text{resp.} \\ \Delta V_{rs} = h_{rs} \, \Delta P_{rs} \end{array}\right] - , \tag{2.26}$$

kde

$$r, s = 1, 2, 3, \ldots ,$$

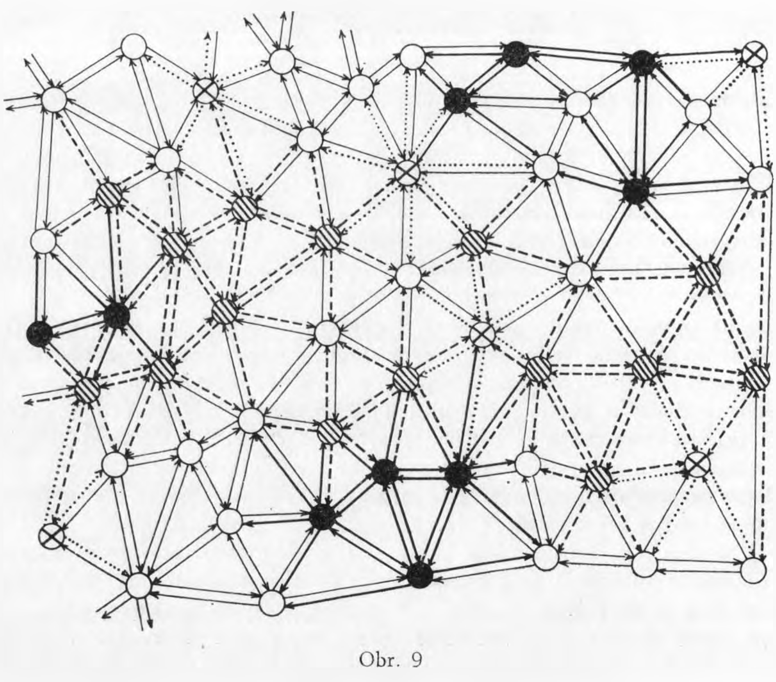
ΔP sú jednotlivé horizontálne plošné jednotky v rovine x, y, h je výškové rozpätie geografickej sféry pre každý plošný element ΔP.

Potom systém S_{FG} s jeho subsystémami S'_{FGn} je rozdelený do m priestorových elementov ΔV_m a skladba množiny jeho prvkov je opísaná pre každý priestorový element (2.26) jednou maticou (2.21), takže pre celý priestor dostávame m matíc (2.21)

$$[\mathbf{G}_{FG}]_{m = 1, 3, 3, \ldots} \tag{2.27}$$

Priestorové jednotky ΔV_m s rovnakou skladbou prvkov v maticiach (2.21) vytvoria opäť v priestore areály zložené z jednotlivých subsystémov S'_{FGn} $(n < m)$, obr. 10. Tvar plošných elementov môže byť trojuholníkový, štvoruholníkový alebo šesťuholníkový (pozri [10]). Na obr. 10 sme pre jednoduchosť znázornenia zvolili štvorce.

Ak uvažovaný diskrétny geometrický priestor fyzickogeografickej sféry má počet elementov $m = r, s$, rozloženie skladby prvkov na tomto priestore môžeme vyjadriť v tvare matice

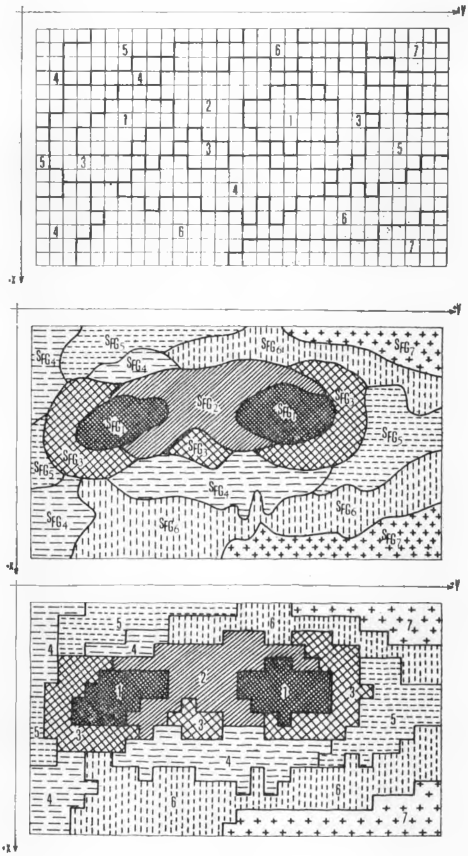


Obr. 9

$$\begin{pmatrix} [\mathbf{G}'_{FG}]_{11}, & [\mathbf{G}'_{FG}]_{12}, & \ldots, & [\mathbf{G}'_{FG}]_{1s} \\ [\mathbf{G}'_{FG}]_{21}, & [\mathbf{G}'_{FG}]_{22}, & \ldots, & [\mathbf{G}'_{FG}]_{2s} \\ & \vdots & & \\ [\mathbf{G}'_{FG}]_{r1}, & [\mathbf{G}'_{FG}]_{r2}, & \ldots, & [\mathbf{G}'_{FG}]_{rs} \end{pmatrix}. \tag{2.28}$$

3. POSTAVENIE RELIÉFU AKO FORMY V HMOTNOM SYSTÉME S_{FG}

Jedným z najdôležitejších faktorov, ktoré vo zvolenej časti priestoru študovanej v súradnicovej sústave $\langle O, x, y, z \rangle$ vplývajú na priestorovú diferenciáciu jednotlivých podsubsystémov Sa_k, je reliéf, ktorý je súčasťou fyzickogeografickej sféry a teda patrí do



Obr. 10

systému S_{FG}. Avšak i napriek tomu sme ho do tohto systému pri našich doterajších úvahách nezahrnuli. Urobili sme tak preto, že systém S_{FG} sme definovali ako hmotný systém a študovali sme štruktúru tohto hmotného systému, ako aj priestorové rozloženie jeho jednotlivých hmotných prvkov.

Reliéf ako forma je však nehmotnou veličinou a hmotný je iba nositeľ tejto formy, a to litosféra, resp. pedosféra ako podsubsystémy Sa_3, Sa_4 systému S_{FG}. Vlastnosti hmotného nositeľa formy, t. j. podsubsystému Sa_3, resp. Sa_4 sa potom v dôsledku procesov vyvolaných interakciou jednotlivých hmotných podsubsystémov Sa_k prejavia v priestorovom rozložení ich povrchových častí, tvoriacich pevné rozhranie medzi atmosférou, resp. hydrosférou (podmorský reliéf).

Z hľadiska nášho cieľa s dostatočným priblížením možno teda povedať, že priestorovým priebehom tohto rozhrania je reliéf ako forma, v ktorej sa odrážajú vlastnosti jej nositeľa. Tento reliéf študujeme potom v určitej vhodne zvolenej mierke M, v ktorej zároveň študujeme aj systém S_{FG}. Priestorový priebeh tejto formy vyjadrujeme potom v každom ľubovoľnom bode $P(x, y, z)$ v študovanej časti priestoru vo zvolenej súradnicovej sústave $\langle O, x, y, z\rangle$ pomocou množiny kvantitatívnych ukazovateľov.

Keďže reliéf ako forma je spätý s procesmi, ktoré majú za následok zmenu jeho kvantitatívnych ukazovateľov v každom jeho mieste v priebehu času a súčasne sám spätne ovlyvňuje procesy, ktoré na ňom prebiehajú, musíme ho študovať v súvislosti s procesmi. Reliéf je teda dynamickou priestorovou stavovou veličinou charakterizovanou v každom svojom mieste množinou kvantitatívnych ukazovateľov.

Reliéf v určitej zvolenej mierke M nahrádzame topografickou plochou, pričom pre potreby kvantitatívneho morfometrického vyjadrenia abstrahujeme od procesov a odvodíme v duchu geometrického aspektu teórie polí morfometrické ukazovatele reliéfu tak, aby súčasne vyhovovali fyzikálnym podmienkam. Potom študujeme priestorové rozloženie kvantitatívnych ukazovateľov v každom jeho bode. Takto získané morfometrické ukazovatele charakterizujú síce reliéf ako geometrickú plochu, súčasne ich však možno dať do funkčného vzťahu s fyzikálnymi procesmi. V zmysle práce [11] vyjadríme reliéf v každom jeho ľubovoľnom bode množinou kvantitatívnych parametrov z, γ_N, $A_N, \ldots$, kde z je nadmorská výška ako skalárna veličina, γ_N uhol sklonu v smere spádových kriviek, A_N orientácia reliéfu vzhľadom na svetové strany. Veličina z je funkciou polohy x, y v súradnicovej sústave $\langle O, x, y, z\rangle$ a je určená všeobecným vzťahom

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

Uhol sklonu γ_N v smere spádových kriviek je odvodený z rovnice (3.1) tak, že jeho $\operatorname{tg}\gamma_N$ vyjadruje absolútnu hodnotu vektora grad z určeného vzťahom

$$|\operatorname{grad} z| = \operatorname{tg}\gamma_N = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}\right)^2}. \tag{3.2}$$

Vektor grad z a skalár z sú veľmi dobrými morfometrickými ukazovateľmi, pretože $|\operatorname{grad} z|$ (3.2) určuje veľkosť sklonu v smere spádových kriviek a smer vektora grad z určuje orientáciu reliéfu voči svetovým stranám (pozri [11]).

Ako sme už spomenuli, hodnoty týchto ukazovateľov z, γ_N, $A_N, \ldots$ a ďalších sú na jednej strane výslednicou procesov, na druhej strane však samé spätne vplývajú na procesy prebiehajúce na reliéfe, v jednotlivých podsubsystémoch Sa_k i v celej fyzickogeografickej sfére ako v systéme S_{FG}.

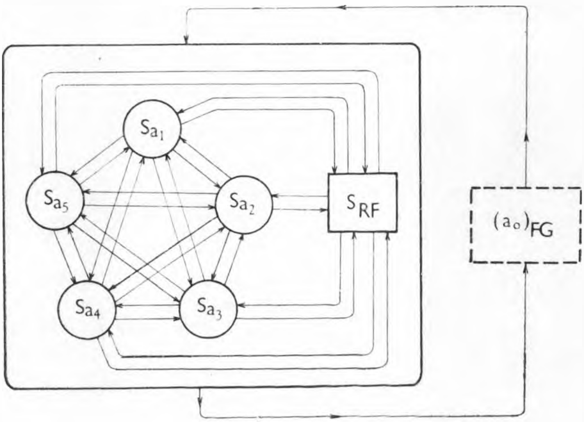
Pretože sme však celý systém S_{FG} v dôsledku zložitosti jeho priestorového rozloženia vyjadrili pre cieľové účely modelovania v diskrétnom priestore, v tom istom priestore vyjadríme i podsubsystém S_{RF}. Každému plošnému elementu diskrétneho priestoru priradíme po jednej strednej hodnote z, γ_N, $A_N, \ldots$, atď., ktoré reliéf v každom príslušnom elemente charakterizujú.

Množina kvantitatívnych ukazovateľov reliéfu v každom jeho bode je navzájom funkčne spätá a súčasne je spätá aj s procesmi, ktoré na reliéfe prebiehajú. Nie je naším cieľom matematicky vyjadriť funkčné spojitosti medzi procesmi a morfometrickými ukazovateľmi, chceme z nich však vychádzať pri formulácii reliéfu ako zvláštneho nehmotného podsubsystému S_{RF}, charakterizovaného ako

$$S_{RF} = \{Q, R_{RF}\}, \tag{3.3}$$

kde

Q je množina morfometrických kvantitatívnych ukazovateľov určená vzájomnými funkčnými vzťahmi, R_{RF} je množina funkčných vzťahov a závislostí jednak medzi morfometrickými ukazovateľmi a jednak medzi týmito ukazovateľmi a okolím systému $(a_0)_{RF}$, s ktorým je systém S_{RF} v interakcii. Týmto okolím budú stavy a ich zmeny jednotlivých hmotných podsubsystémov vyvolané procesmi jednak v týchto podsubsystémoch samotných a jednak interakciou medzi nimi. Podsubsystém S_{RF} (3.3) je súčasťou fyzickogeografickej sféry ako systému stavov charakterizovaného jeho vnútornými stavovými veličinami. Tohto problému sa dotkneme neskôr v odseku o stavových veličinách systému S_{FG}.



Obr. 11

4. DVA DRUHY VZŤAHOV A PRENOSU INFORMÁCIE VO FYZICKOGEOGRAFICKEJ SFÉRE AKO SYSTÉME S_{FG}

Tohto problému sa dotkneme iba veľmi stručne, bližšie si ho všimneme v samostatnej práci. Vo fyzickogeografickej sfére existujú v zmysle prác [8, 9] dva druhy vzťahov, a to *vzťahy vertikálne* medzi jednotlivými zložkami na určitom mieste (interrelation) a *vzťahy horizontálne* medzi jednotlivými fyzickogeografickými komplexami (interconection). V tomto zmysle chápeme aj prenos informácie v systéme S_{FG} a v jeho jednotlivých subsystémoch S'_{FGn}. Pojem informácie a jej prenos chápeme v zmysle práce [9]. V systéme S_{FG} existujú teda súčasne vertikálny aj horizontálny prenos informácie. Vertikálny prenos informácie sa deje na jednom mieste medzi jednotlivými podsubsystémami Sa_k (obr. 5) v jednom subsystéme S'_{FGn}, horizontálny prenos sa deje medzi jednotlivými subsystémami S'_{FGn}. Uvedené vyjadrujeme na obr. 6.

5. VYJADRENIE STAVOVÝCH VELIČÍN Z_n (n = 1, 2, 3, ...) SYSTÉMU S_{FG} A ČASOVÉ HĽADISKO V SYSTÉME S_{FG}

Systém S_{FG} sa v danom časovom momente vo vymedzenej časti priestoru nachádza v nejakom priestorove diferencovanom stave charakterizovanom množinou jeho vnútorných stavových veličín. V týchto stavových veličinách je uchovaná postupnosť predošlých podnetov, ktoré pôsobili na systém S_{FG}.

Predpokladajme, že fyzickogeografická sféra v dôsledku procesov v nej prebiehajúcich, vyvolaných interakciou všetkých jej zložiek podľa ich vzájomných väzieb, speje za určitých stálych podmienok v čase T od určitého východiskového stavu k určitému cieľovému stavu, tzv. rovnovážnemu stavu. Skôr však ako budeme uvažovať iba časové hľadisko pri stavových veličinách charakterizujúcich stavy systému S_{FG}, vyjadríme tieto veličiny bez symbolu času. Čas priradíme k stavovým veličinám neskôr.

Celkový stav systému S_{FG} je v každom časovom momente určený stavmi jeho prvkov a_k, pričom stav každého prvku a_k stĺpcovej matice $\mathbf{G}_{FG}$ (2.8) je určený množinou vnútorných stavových veličín

$$\mathsf{Z}_k = \{(Z_k)_n\}, \tag{5.1}$$

kde

$k = 1, 2, 3, 4, 5$; $n = 1, 2, 3, \ldots$.

Vnútorné stavové veličiny $(Z_k)_n$ sú určené svojimi hodnotami $(z_k)_n$, tzv. hodnotami vnútorných stavových veličín, potom množina (5.1) je určená množinou svojich hodnôt

$$\mathsf{z}_k = \{(z_k)_n\}. \tag{5.2}$$

Jednotlivé hodnoty $(z_k)_n$ v množine (5.2) sa vo zvolenom mieste menia v intervaloch

$$\langle [(z_k)_n]_d,\ [(z_k)_n]_h \rangle,$$

kde

d označuje spodnú hranicu hodnôt $(z_k)_n$ a h hornú hranicu hodnôt $(z_k)_n$.

Hraničné hodnoty uvedených intervalov sa menia so zmenou zemepisnej polohy a so zmenou času, čo značí, že v každom zvolenom mieste, pre ktoré je vymedzenie hraničných hodnôt intervalu určené zemepisnou polohou tohto miesta, menia sa tieto hraničné hodnoty ešte v priebehu dňa, roka, t. j. menia sa v priebehu času. Toto časové hľadisko bližšie rozoberieme neskôr.

Stavové veličiny určené množinou (5.1) sú vo zvolenom časovom momente priestorove rozložené a ich hodnoty určené množinou (5.2) sú priestorove diferencované.

Keďže každý prvok a_k v stĺpcovej matici $\mathbf{G}_{FG}$ je určený množinou spomenutých vnútorných stavových veličín (5.1), stĺpcovú maticu hmotných prvkov (2.8) môžeme vyjadriť stĺpcovou maticou

$$\mathsf{Z}_{FG} = \begin{pmatrix} \mathsf{Z}_1 \\ \mathsf{Z}_2 \\ \mathsf{Z}_3 \\ \mathsf{Z}_4 \\ \mathsf{Z}_5 \end{pmatrix}, \tag{5,3}$$

ktorej prvkami sú stavy prvkov matice (2.8). Maticu (5.3) vzhľadom na množinu (5.2) vyjadríme maticou hodnôt vnútorných stavových veličín

$$\mathbf{z}_{FG} = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \\ z_5 \end{pmatrix}. \tag{5.4}$$

Obdobne môžeme vyjadriť prvky matice (2.9) ich vnútornými stavovými veličinami, takže dostaneme maticu

$$\mathbf{Z}_{FG} = \begin{pmatrix} Z_{11}, & Z_{12}, & \dots, & Z_{1n_1} \\ Z_{21}, & Z_{22}, & \dots, & Z_{2n_2} \\ Z_{31}, & Z_{32}, & \dots, & Z_{3n_3} \\ Z_{41}, & Z_{42}, & \dots, & Z_{4n_4} \\ Z_{51}, & Z_{52}, & \dots, & Z_{5n_5} \end{pmatrix}, \tag{5.5}$$

ktorá vyjadruje stavy prvkov matice (2.9). Každý prvok matice (5.5) vyjadruje množinu vnútorných stavových veličín charakterizujúcich stav jemu odpovedajúceho hmotného prvku v matici (2.9). Maticu vnútorných stavových veličín (5.5) vzhľadom na hodnoty týchto veličín (5.2) vyjadríme potom maticou hodnôt vnútorných stavových veličín

$$\mathbf{z}_{FG} = \begin{pmatrix} z_{11}, & z_{12}, & \dots, & z_{1n_1} \\ z_{21}, & z_{22}, & \dots, & z_{2n_2} \\ z_{31}, & z_{32}, & \dots, & z_{3n_3} \\ z_{41}, & z_{42}, & \dots, & z_{4n_4} \\ z_{51}, & z_{52}, & \dots, & z_{5n_5} \end{pmatrix}. \tag{5.6}$$

Priestorové rozloženie vnútorných stavových veličín matice (5.5) v diskrétne uvažovanom priestore môžeme vyjadriť v maticovom tvare

$$\begin{pmatrix} [\mathbf{Z}_{FG}]_{11}, & [\mathbf{Z}_{FG}]_{12}, & \dots, & [\mathbf{Z}_{FG}]_{1s} \\ [\mathbf{Z}_{FG}]_{21}, & [\mathbf{Z}_{FG}]_{22}, & \dots, & [\mathbf{Z}_{FG}]_{2s} \\ & \vdots & & \\ [\mathbf{Z}_{FG}]_{r1}, & [\mathbf{Z}_{FG}]_{r2}, & \dots, & [\mathbf{Z}_{FG}]_{rs} \end{pmatrix}, \tag{5.7}$$

ktorej prvkami sú jednotlivé matice (5.5). Priestorové rozloženie hodnôt vnútorných stavových veličín v tom istom diskrétne uvažovanom priestore potom analogicky bude vyjadrené v tvare matice

$$\begin{pmatrix} [\mathbf{z}_{FG}]_{11}, & [\mathbf{z}_{FG}]_{12}, & \dots, & [\mathbf{z}_{FG}]_{1s} \\ [\mathbf{z}_{FG}]_{21}, & [\mathbf{z}_{FG}]_{22}, & \dots, & [\mathbf{z}_{FG}]_{2s} \\ & \vdots & & \\ [\mathbf{z}_{FG}]_{r1}, & [\mathbf{z}_{FG}]_{r2}, & \dots, & [\mathbf{z}_{FG}]_{rs} \end{pmatrix}. \tag{5.8}$$

Každý prvok tejto matice je tvorený jednou maticou (5.6), ktorá opisuje hodnoty vnútorných stavových veličín v každom jednotlivom priestorovom elemente diskrétne uvažovaného priestoru.

Každý prvok matice (5.5) vyjadruje vzhľadom na maticu (2.13) vnútorné stavové veličiny prvkov podsubsystémov Sa_k systému S_{FG} a každý riadok matíc (5.6) vyjadruje hodnoty vnútorných stavových veličín prvkov týchto podsubsystémov Sa_k.

Priestorové rozloženie hodnôt vnútorných stavových veličín prvkov jednotlivých podsubsystémov Sa_k môžeme v uvažovanom diskrétnom priestore opísať v maticovom tvare podobne, ako sme v maticovom tvare (5.8) opísali priestorové rozloženie hodnôt vnútorných stavových veličín prvkov celého systému S_{FG}. Prvkami uvažovanej matice v tomto prípade však budú jednotlivé n_k-tice pre jednotlivé hodnoty $k = 1, 2, 3, 4, 5$ riadkov matice (5.6). V tomto zmysle potom priestorové rozloženie hodnôt vnútorných stavových veličín prvkov jednotlivých podsubsystémov Sa_k v uvažovanom diskrétnom priestore bude vyjadrené maticou

$$\begin{pmatrix} [\mathbf{z}kn_k]_{11}, & [\mathbf{z}kn_k]_{12}, & \ldots, & [\mathbf{z}kn_k]_{1s} \\ [\mathbf{z}kn_k]_{21}, & [\mathbf{z}kn_k]_{22}, & \ldots, & [\mathbf{z}kn_k]_{2s} \\ & \vdots & & \\ [\mathbf{z}kn_k]_{r1}, & [\mathbf{z}kn_k]_{r2}, & \ldots, & [\mathbf{z}kn_k]_{rs} \end{pmatrix}. \tag{5.9}$$

Matica (5.9) nám tak v uvažovanom diskrétnom priestore pre jednotlivé $k = 1, 2, 3, 4, 5$ opisuje priestorové rozloženie hodnôt vnútorných stavových veličín podsubsystémov Sa_k v diskrétnom priestore. Môžeme tak vyhraničiť priestorové areály rovnakých hodnôt vnútorných stavových veličín v jednotlivých podsubsystémoch Sa_k.

Opísané vnútroriadkové a medziriadkové vzťahy, ako aj závislosti v matici (2.6) platia i v matici stavov (5.5), (5.6), takže systém S_{FG} môžeme vyjadriť z hľadiska jeho stavových veličín v určitom časovom momente ako systém stavov

$$S_{FG} = \{Z_{FG}, R_{FG}\} \tag{5.10}$$

a práve tak môžeme pomocou stavových veličín vyjadriť aj jeho jednotlivé podsubsystémy Sa_k ako podsubsystémy stavov

$$Sa_k = \{Za_k, Ra_k\} \tag{5.11}$$

pre jednotlivé $k = 1, 2, 3, 4, 5$.

Keďže sme reliéf ako formu charakterizovali pomocou množiny kvantitatívnych ukazovateľov Q v každom jeho bode $P(x, y; z)$, vzhľadom na to, že medzi jeho ukazovateľmi existujú vzájomné funkčné vzťahy a závislosti, považujeme ho za zvláštny podsubsystém stavov S_{RF} systému stavov S_{FG} (5.10). Najtesnejšie väzbové prepojenie má reliéf s pedosférou a litosférou ako podsubsystémami Sa_4, Sa_3 systému S_{FG}, kde kvantitatívne opisuje priestorové rozloženie ich povrchových častí ako výslednicu procesov, a preto sme ho na začiatku našich úvah do hmotného systému S_{FG} ako samostatný prvok nezahrnuli; reliéf ako formu nemôžeme považovať za hmotnú veličinu a teda ani za hmotný prvkov. Hmotný je iba nositeľ tejto formy, teda podosféra a litosféra.

5.1 Časové hľadisko v systéme S_{FG}.

Z hľadiska nášho cieľa, t. j. z hľadiska správania fyzickogeografickej sféry ako kybernetického systému, môžeme stavy tohto systému chápať z dvoch základných časových kritérií, pričom v prvom z nich môžeme bližšie vyhraniť ďalšie dve časové hľadiská.

1. Prvým kritériom bude časové kritérium relatívne sa opakujúcich stavov fyzickogeografickej sféry ako relatívne uzatvorených transformácií. Pri tomto časovom kritériu za operátor transformácie považujeme deklináciu Slnka. Tento bod môžeme už v zmysle spomenutého bližšie rozdeliť na dve časti.

a) Prvú časť tvorí časové hľadisko pri štúdiu stavov fyzickogeografickej sféry v priebehu každého zvoleného jedného dňa (častí dňa), pričom jeden deň z hľadiska priebehu hodnôt stavových veličín môžeme považovať za relatívne uzatvorený cyklus stavov, resp. za relatívne uzatvorenú transformáciu. Z takto uvažovaného hľadiska čas označíme symbolom τ a za základnú diskrétnu časovú jednotku, ktorú má z hľadiska zmien hodnôt stavových veličín systému S_{FG} význam uvažovať, zvolíme interval $\Delta\tau = 15$ min. (môže byť aj menšia).

b) Druhú časť prvého kritéria tvorí časové hľadisko pri štúdiu stavov systému S_{FG} v priebehu jedného roka, pričom jeden rok môžeme považovať za vyšší, relatívne uzatvorený cyklus stavov, resp. za relatívne uzatvorenú transformáciu. Čas označíme symbolom t a za základnú diskrétnu časovú jednotku Δt považujeme jeden deň, t. j. $\Delta t = 1$ deň.

2. Druhým kritériom bude časové kritérium stavov systému S_{FG} v priebehu jeho dlhodobých vývinových období za n rokov, t. j. dlhodobý časový aspekt vývinu tohto systému. Takto uvažovaný čas označíme symbolom T a za základnú časovú jednotku ΔT zvolíme 1 rok, t. j. $\Delta T = 1$ rok.

Uvedené časové kritériá sú, pravda, celkom pracovné z hľadiska štúdia frekvencie stavov hodnôt vnútorných stavových veličín systému S_{FG}.

Bližšie rozveďme uvedené kritériá podľa poradia. V prvom kritériu v jeho bode a) uvažujeme časové hľadisko jedného dňa s označením času τ, t. j. stavy systému S_{FG} a ich zmeny v priebehu každého jedného dňa ako relatívne uzatvorenej transformácie. Základným operátorom tejto transformácie je deklinácia Slnka $\delta_{\odot}$, ktorú pre každý zvolený deň považujeme za konštantu. Bližšie špecifikovaným operátorom tejto transformácie je výška Slnka nad horizontom $h_{\odot}$ v priebehu dňa, teda operátor rotácie zeme okolo osi. Za predpokladu, že za základný časový krok zvolíme $\Delta\tau_n = 15$ min., potom

$$\Delta\tau_1 + \Delta\tau_2 + \ldots + \Delta\tau_{96} = \sum_{i=1}^{i=96} \Delta\tau_i.$$

Stavy jednotlivých prvkov podsubsystémov Sa_k, ako aj celého systému S_{FG} sa v priebehu každého dňa $D_1, D_2, \ldots, D_{365}$ opakujú, avšak hodnoty ich vnútorných stavových veličín nie sú rovnaké. Za každý deň vznikne tzv. zvyškový, resp. reziduálny stavový vektor $\Delta \boldsymbol{Z}\tau$, o ktorý sa stavy z jedného dňa na druhý deň menia (obr. 12a). Na obr. 12a je ilustratívne vykreslený idealizovaný priebeh stavových veličín v priebehu troch za sebou nasledujúcich dní plnou čiarou a práve tak je vykreslený aj zvyškový reziduálny vektor $\Delta \boldsymbol{Z}\tau$.

Poznamenajme, že priebeh hodnôt stavových veličín prvkov systému S_{FG} má stochastický charakter, preto aj hodnota reziduálneho vektora $\Delta \boldsymbol{Z}\tau$ má stochastický charakter. Skutočný priebeh stavov sa líši od ideálneho teoretického. Mieru ich odchýlky pre každý zvolený deň môžeme vyjadriť pomocou entropie. Týmto sa zaoberáme v samostatnej práci. Pre zvolený deň D_s $/s = 1, 2, 3, \ldots, 365/$ vyjadríme množinu hodnôt vnútorných stavových veličín vo zvolenom kroku $\Delta\tau_i$ $/i = 1, 2, \ldots, 96/$ v tvare

$$Z_k \langle \tau + \Delta\tau_i \rangle_{Ds} = \{[Z_k \langle \tau + \Delta\tau_i \rangle_n]\}_{Ds}, \tag{5.1.1}$$

kde hodnota τ označuje čas, ktorý uplynul od prvého kroku, t. j.

$$\tau = \Delta\tau_1 + \Delta\tau_2 + \ldots + \Delta\tau_{i-1},$$

kde

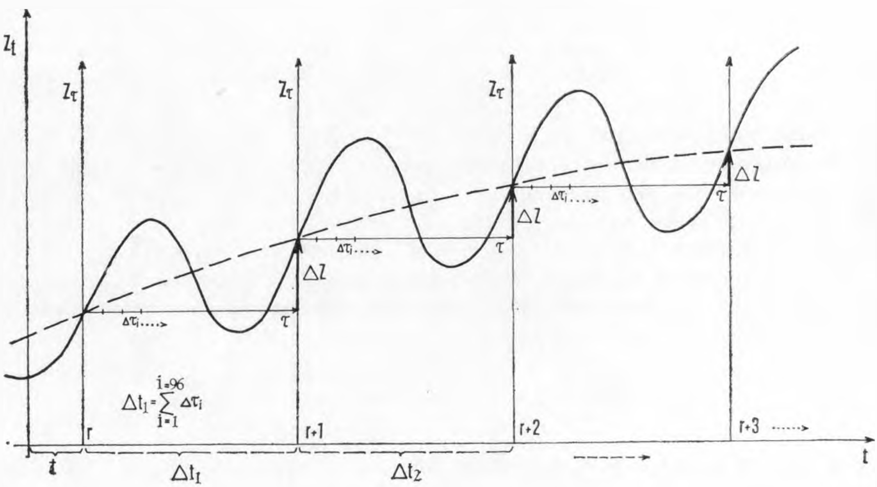
$(k = 1, 2, 3, 4, 5;\ s = 1, 2, \ldots, 365)$.

Pri uvažovanom čase τ sa prvky matice (5.3) vzťahujú na tento čas a sú vyjadrené pomocou (5.1.1), takže priestorové rozloženie vnútorných stavových veličín a ich hodnôt v čase $\tau + \Delta\tau_i$ pre zvolený deň je v diskrétnom priestore opísané maticou (5.9).

Uvažovanie tohto časového hľadiska má význam pri štúdiu zvyškového vektora $\Delta \boldsymbol{Z}\tau$.

jeho priestorového rozloženia, ako aj pre krátkodobú prognózu zmien stavov systému S_{FG} a ich priestorového rozloženia.

V bode b) prvého kritéria (časové hľadisko t) študujeme priebeh stavov za jeden rok. Na obr. 12a je idealizovaný priebeh týchto stavov vykreslený silnou prerušovanou čiarou. Operátorom tejto transformácie je deklinácia Slnka $\delta_{\odot}$ podmienená sklonom zemskej osi k rovine obežnej dráhy Zeme a rotáciou Zeme okolo Slnka. Stavy systému S_{FG} charakterizujúce pre zvolené miesto jednotlivé ročné obdobia, sa každý rok opakujú, pričom majú stochastický charakter. V tejto transformácii neuvažujeme už frekvenciu stavov v priebehu jednotlivých dní, ale iba výslednicu stavov za každý deň ako reziduálne vektory $\Delta Z\tau$. Táto výslednica stavov je na obr. 12a vykreslená silnou prerušovanou čiarou. Základná časová jednotka $\Delta t = 1$ deň, takže



a)

Obr. 12a

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 + \ldots + \Delta t_{365} = \sum_{i=1}^{365} \Delta t_i.$$

Stavy systému S_{FG} závisia každý deň jednak od súčasných vstupov a jednak od vnútorných stavových veličín ako výslednice predošlých stavov.

Množinu vnútorných stavových veličín v matici (5.3) vyjadrujeme z tohto hľadiska pre určitý deň, t. j.

$$Z_k(t + \Delta t_i) = \{[Z_k(t + \Delta t_i)]_n\}, \tag{5.1.2}$$

kde hodnota

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \ldots + \Delta t_{i-1}$$

označuje čas v dňoch, ktorý uplynul od zvoleného počiatku počítania.

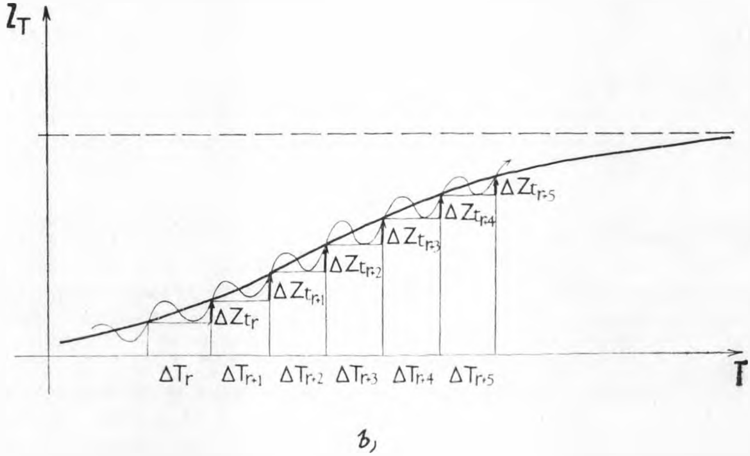
Jeden rok ako relatívne uzatvorenú transformáciu môžeme vyjadriť aj v tvare podľa Ashbyho [4]. Za jej prvky zvolíme napr. jednotlivé ročné obdobia charakteristické pre zvolené miesto. Nech sú to jar (J), leto (L), jeseň (N), zima (Z), potom transformácia bude mať buď tvar

$$\mathbf{T}: \downarrow \begin{matrix} J & L & N & Z \\ L & N & Z & J \end{matrix}, \tag{5.1.3}$$

alebo maticový tvar

$$\begin{array}{c|cccc} \downarrow & J & L & N & Z \\ \hline J & 0 & 0 & 0 & 1 \\ L & 1 & 0 & 0 & 0 \\ N & 0 & 1 & 0 & 0 \\ Z & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} .$$

Každý jej prvok J, L, N, Z je charakterizovaný frekvenciou určitých hodnôt stavov systému S_{FG}. Keby sa stavy v priebehu každého roka presne opakovali, potom jeden rok by bol úplne uzatvorenou transformáciou, takže reziduálny vektor $\Delta \mathbf{Z}_t$ by bol nulový. Systém S_{FG} by postupne dospel do rovnovážneho stavu a za nezmenených podmienok by v tomto rovnovážnom stave aj zotrval. Podmienkou tohto stavu by bolo, aby všetky podsubsystémy Sa_k boli v rovnovážnom stave, čo značí, že celkový rovnovážny stav systému S_{FG} by nastal až v tom časovom momente, v ktorom by sa postupne do tohto stavu dostali všetky podsubsystémy Sa_k.



Obr. 12b

Dostávame sa tak bezprostredne k druhému časovému kritériu T, v ktorom základnou časovou jednotkou je jeden rok, t. j. $\Delta T = 1$ rok. Priebeh stavov $\mathbf{Z}_{FG}$ (5.3), (5.5) systému S_{FG} vyjadrujeme tu pomocou reziduálnych vektorov $\mathbf{Z}_{(t)}$ za každý jeden rok ΔT, kde $\Delta T = \Sigma \Delta t = t$, čo vyjadrujeme na obr. 12b, kde vykresľujeme jednak priebeh stavov v každom jednom roku s výslednými reziduálnymi stavovými vektormi na príklade 6 rokov a jednak priebeh výsledných stavov systému S_{FG} charakterizujúcich jeho dlhodobý vývin.

Celkový stav systému S_{FG} v čase $T + \Delta T_i$ je charakterizovaný množinou vnútorných stavových veličín

$$Z_k(T + \Delta T_i) = \{[Z_k(T + \Delta T_i)]_n\}, \tag{5.1.4}$$

kde hodnota

$$T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \ldots + \Delta T_{i-1}$$

vyjadruje čas, ktorý uplynul od prvého zvoleného kroku.

Pri časovom kritériu T sa teda prvky matice (5.3) vzťahujú na tento čas. Systém S_{FG} v priebehu času T za ustálených podmienok od prvého kroku, kedy tieto podmienky začali platiť, smeruje k nejakému výslednému rovnovážnemu stavu. Problematikou podmienok, porúch a zmien podmienok v dôsledku porúch vo fyzickogeografickej sfére sme sa zaoberali v práci [9].

Záver

V práci sme chceli poukázať na význam systémovo-kybernetického prístupu k fyzickogeografickej sfére z hľadiska poznania jej štruktúry, priestorovej organizácie a diferenciácie. Poznanie tejto štruktúry má význam pre modelovanie systému S_{FG}. Zároveň sme pomocou matíc štruktúry chceli ukázať, že štruktúra systému S_{FG} je iná ako štruktúra jeho jednotlivých podsubsystémov Sa_k, čo má význam aj z hľadiska presného vymedzenia predmetu štúdia jednotlivých geovedných disciplín.

LITERATÚRA

1. ARMAND, A. D.: Prirodnye komplexy kak samoreguliruemye sistemy. Izv. AN SSSR ser. geogr. 1966, č. 2. — 2. ARMAND, A. D.: Ispoľzovanije teorii informacii dľa modelirovanija prirodnych sistem. Doklady instituta geografii Sibiri i daľnogo Vostoka 1972, č. 34. — 3. ARMAND, A. D.: Metod informacionnych gradientov v geografičeskom rajonirovanii. Izv. AN SSSR ser. geogr. 1973, č. 3. — 4. ASHBY, R. W.: Kybernetika, Praha 1961. — 5. DEVDARIANI, A. S., GREJSUCH, V. L.: Roľ kibernetičeskich metodov v izučenii i preobrazovanii prirodnych komplexov. Izv. AN SSSR, ser. geogr. 1967, č. 6. — 6. HAVERLÍK, I., KRCHO, J.: Spatial Organisation in Natural Part of Geosphere and Computer Modelling (rukopis v tlači). — 7. JENÍK, J.: Homeostase krajiny. Acta ecol. natur. region. 1970, č. 1, 2, Terplan Praha. — 8. KRCHO, J.: Teoretické problémy modelovania prírodnej časti geografickej sféry ako kybernetického systému. Geogr. Čas. SAV, 1971, č. 2. — 9. KRCHO, J.: Prírodná časť geosféry ako kybernetický systém a jeho vyjadrenie v mape. Geogr. Čas. SAV, 1968, č. 2. — 10. KRCHO, J., HAJDÚK., J.: Priemyselné exhaláty a bilancia imisií v prírodnej časti geosféry ako kybernetickom systéme. Geogr. Čas. SAV. 1972. č. 4.

11. KRCHO, J.: Morphometric Analysis of Relief on the Basis of Geometric Aspect of Field Theory. Acta UC, Physic. geographica, č. 1, Bratislava 1973. — 12. LANGE, O.: Celek i vývoj ve světle kybernetiky. Praha 1964. — 13. NEEF, E.: Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Gotha 1967. — 14. VYSKOT, M., POLÁK, V.: Perspektivy pěstění lesu a modely. Lesnictví, 1972, č. 11.

Jozef Krcho

THE STRUCTURE AND THE SPATIAL DIFFERENTIATION OF THE PHYSICAL-GEOGRAPHICAL SPHERE AS A CYBERNETIC SYSTEM

The geographical sphere, in accord with the works [8, 9, 10], is considered to be a cybernetic systém S_G (2.1) with its own spatial organization consisting of two autonomous subsystems: antroposphere as a subsystem S_{AG} and the physical-geographical sphere as a subsystem S_{FG} (Fig. 1). The subsystems S_{AG} and S_{FG} can be studied as independent systems (2.2) (Fig. 2). The present landscape is, as a matter of fact, a result of interaction of the system S_{AG} with the system S_{FG} wich forms the basic living environment of Man. Interaction of the systems S_{AG} and S_{FG} is spatially differentiated and is of polydimensional character.

Disturbances caused by interaction of S_{AG} and S_{FG} have a certain spatial and time distribution in the system S_{FG}. In order to prevent disturbances in greater and greater spatial extent, exploitation of the landscape as a form of interaction must be governed by strategy of the optimum exploitation without breaking its structure. The complex approach to the physical-geographical sphere as a system S_{FG} acquires knowledge of its structure and its behaviour. It will enable a cybernetic approach and simultaneously a cybernetic simulating of the processes in the physical-geographical sphere as well as the spatial differentiation of this system and its changes. From the aspect of interaction of the systems S_{AG} and S_{FG} it is necessary to elaborate various strategies for the optimum exploitation of the system S_{FG} by Man. The aim of the study of the system S_{FG} is to learn its structure, behaviour, spatial organization and on the basis of this to be able to make prognosis of the time and spatial changes of the system S_{FG} with respect to a planned intervention (according to a worked out strategy). The problem of the spatial system S_{FG} was dealt with by A. D. Armand [1], A. S. Devdariani and others. A. D. Armand in his works deals with the problem of the stream and transfer of information in natural complexes. He uses also the term „natural systems". Individual natural complexes, according to A. D. Armand, are, in fact, our spatial subsystems S'_{FGn} (see the works [8, 9, 10]).

The system S_{FG} consists of the set of 5 basic elements a_k (2.3) ($k = 1, 2, 3, 4, 5$), a_1 = atmosphere, a_2 = hydrosphere, a_3 = lithosphere, a_4 = pedosphere, a_5 = biosphere, which, however, are not spatially differentiated on this lowest differential level. Therefore their spatial differentiation cannot be expressed. The matrix (2.5) the elements of which are binding matrices $\mathbf{V}_{ij}$, expresses the broader structure of the system S_{FG} and the narrower structure of the system S_{FG} is expressed by the matrix (2.6). After raising the differential level each element a_k will be expressed as an independent set (2.7). The elements of the set (2.1) are formed by the components which the components a_k ($k = 1, 2, 3, 4, 5$) of the physical-geographical sphere consist of. The set (2.3) can be expressed in the form of the column matrix (2.8). Each component of the matrix (2.8) can be considered to be vector a_k whose component parts are the elements of the set (2.7). Thus we get the matrix (2.9) by means of which we can theoretically interprete distribution of elements in every chosen place in space. Among the elements of the matrix (2.9) there exist two kinds of relations and dependences:

a) relations among elements in each row of the matrix (inner-row relations and dependences)

b) relations among certain elements of every corresponding chosen row with those in other rows, i e. relations and dependences among rows (inter-row relations and dependences)

Therefore every vector a_k ($k = 1, 2, 3, 4, 5$) can be considered to be sub-subsystem (2.10) whose broader structure for each k is expressed by the matrix (2.11) and the narrower structure by the matrix (2.12). The matrix of the elements of the system S_{FG} (2.9), with respect to $G a_k = a_{knk}$, can be expressed in the form of the matrix (2.13) and the set of relations and dependences R_{FG}, with respect to dependences among sub-subsystems $S a_k$ (Fig. 5) can be expressed in the form of the column matrix (2.14) whose elements are defined by the matrices (2.15). The system S_{FG} with regard to (2.13) and (2.14) can be expressed in the form (2.16). The systems S_{FG} in every considered place of space in vertical direction is formed by 5 sub-subsystems $S a_k$ (Fig. 4 and 5). The structure of the system S_{FG} with regard to sub-subsystem $S a_k$ is expressed by the matrix of the structure (2.17) whose elements in the main diagonal are the matrices of the structure (2.12) of individual sub-subsystems $S a_k$.

The importance of the matrix of the structure (2.17) lies in the fact that this enables a systematic study of all dependences in the system S_{FG} and specification of their order according to importance.

The elements of the set (2.7) forming for every $k = 1, 2, 3, 4, 5$, the rows of the matrix (2.9) are not evenly represented in space. It means that in a chosen place of space in every row of the matrix (2.9) some elements can be absent and others not. The missing elements form zero elements of the matrix, the present elements form non-zero elements of the matrix (2.9). Non-zero elements do not occur, to the effect of the works [8, 9, 10], in an arbitrary mutual composition but they form so-called admissible combination groupings $C_{P(k)}$ defined either by inner-row or inter-row relations and dependences in the matrix (2.9). (2.10) determines a number of possible combination groupings $C_{M(k)}$. It is valid that$C_{P(k)} < C_{M(k)}$ Each line of the matrix (2.9) formed only non-zero elements gives the so-called modified vector a'_k. The matrix (2.21) describes the real distribution of the main components of the physical-geographical sphere in space.

The system S_{FG}, in consequence of uneven representation of individual main components in space, is differentiated into subsystems (2.24) forming areas as complex spatial units in space. Within them there exist vertical and horizontal transfers of information (Fig. 6).

In order to describe the spatial distribution of the modified elements of the matrix (2.21) formed by non-zero elements of the matrix (2.9) for the purpose of simulating by means of automatic computers, we shall consider a discrete geometric space (2.26) formed by $m = rs$ spatial elements ΔP_m (Fig. 10). Then the system S_{FG} with its subsystems S'_{FGn} is divided into $m = rs$ discrete spatial elements ΔV_m and the composition of the set of its elements is, for every spatial element (2.26), described by one matrix (2.21) and thus for the whole space we get m-matrices (2.27) which is expressed in the form of the matrix (2.28). Relief is considered as a special sub-subsystem (3.3) of the system S_{FG} (Fig. 11).

The states of the system S_{FG} are expressed by means of inner state variables (5.1) in the form (5.3) or (5.7). The system S_{FG}, with regard to its states, is considered to be a system (5.10).

In the system S_{FG} we consider two main time criteria with the corresponding states (5.3) or (5.5).

1. The first is the time criterion of relatively repeating states of the system S_{FG} as relatively closed transformations, every day and every year. And there are two time aspects:

a) Every day is considered to be relatively closed transformation. It is the time aspect of the state changes of the system S_{FG} in the course of every chosen day which, with regard to the course of state variable values (5.3), can be considered to be relatively closed cycle of states. Time for this transformation is denoted by the symbol τ and the lowest discrete time unit $\Delta\tau$ which can be considered from the aspect of changes of the state variables is $\Delta\tau = 15$ min. (but it can be even lower). For every one day there arises the state vector $\Delta \mathbf{Z}_\tau$ — the so-called residual vector (Fig. 12a).

b) The second part of the first criterion is the time aspect at the study of changes of states of the system S_{FG} within one year and one year is then considered to be relatively closed cycle of states or relatively closed transformation. Time is denoted with the symbol t and one day is considered to be a basic discrete time unit, i. e. $\Delta t = 1$ day. The course of states in a year is studied according to residual vectors of states for every day. If the states of the system S_{FG} deviate from the stable theoretical states, then there arises the residual state vector $\Delta \mathbf{Z}_t$ for every year (Fig. 12a).

2. The second criterion is the time criterion of the states of the system S_{FG} in the course of its long-term development periods for n-years, i. e. longer-term aspect of the development of the system. Time is denoted with the symbol T and one year is considered to be main discrete time unit ΔT, i. e. $\Delta T = 1$ year. The change of the states of the system is studied by means of the residual vector $\Delta \mathbf{Z}_t$ for every year (Fig. 12b).

The mentioned time criteria are merely working from the aspect of the study of state frequency of the inner state variable values of the system S_{FG}. According to the chosen time criterion the set of states of the system S_{FG} can be expressed either as (5. 1. 1), (5. 1. 2) or (5. 1. 4).

In the work we wanted to point at the importance of the system-cybernetic approach from the aspect of the structure of the physical-geographical sphere, its spatial organization and differentiation as well as its behaviour. Knowledge of this structure is important for simulating of the system S_{FG}. By means of structure matrices we wanted to poit at the fact that the structure of the system S_{FG} is different from that of its individual sub-subsystems S_{ak} which is important also from the aspect of the precise definition of the object of study in individual branches.

Translated by: Laskovičová Tatiana