GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

ROČNÍK XX 1968 ČÍSLO 2

JOZEF KRCHO

PRÍRODNÁ ČASŤ GEOSFÉRY AKO KYBERNETICKÝ SYSTÉM A JEHO VYJADRENIE V MAPE

Im Beitrag befasst sich der Verfasser mit dem Problem des kybernetischen Eingriffs zum Naturteil (sogen. FG-Komponente) der Geosphäre vom methodologischem Standunpkt aus. Die Geosphäre nimmt er als ein kybernetisches System $\mathbf{S}_G$ an, zusammengesetzt aus zwei Subsystemen: vom Subsystem $\mathbf{S}_{FG}$ als Naturteil der Geosphäre (sogen FG-Teil) und vom Subsystem $\mathbf{S}_{AG}$, d. i. Antroposphäre mit komplexer Aktivität der Menschlichen Gesellschaft im Raum. Der Schwerpunkt des Artikels liegt in der FG-Komponente der Geosphäre. Aus diesem Standpunkt betrachtet der Verfasser die FG-Komponente der Geosphäre als das System $\mathbf{S}_{FG}$, sodass seine Umgebung a_o dan das System $\mathbf{S}_{AG}$ bildet, mit dem $\mathbf{S}_{FG}$ in gemeinsamer Interaktion sich befindet, d. h. $a_o = \mathbf{S}_{AG}$. Vom Standpunkt des ökonomisch-geographischen Zutrittes wäre der Schwerpunkt im Subsystem $\mathbf{S}_{AG}$, das als ein selbsstündiges System betrachtet wäre und dessen Umgebung a_o dan das System $\mathbf{S}_{FG}$ wäre, d. i. $a_o = \mathbf{S}_{FG}$. Der Gegenstand des Studiums der ganzen Geographe von so betrachtetem Standpunkt ist die Geosphäre als ein kybernetisches System $\mathbf{S}_G = \{\mathbf{S}_{FG}, \mathbf{S}_{AG}\}$. Im System $\mathbf{S}_{FG} = \{\mathbf{G}_{FG}, \mathbf{R}_{FG}\}$ (3) unterscheidet der Verfasser nach der Raumverteilung under gemeinsamen Vertretung der Elementen der Menge $\mathbf{G}_{FG}$ — siehe (3), (4) — weitere Subsysteme $\mathbf{S}_{FGn}$ (5). Weiter befasst sich der Verfasser mit der Informationsübertragung und dem Regulationsprozess im System $\mathbf{S}_{FG}$ und gleichzeitig berührt er auch das Problems der Organisation des Systems $\mathbf{S}_{FG}$ im Raum, die er vom kybernetischen Standpunkt mittels der Raumentropie und Raumredundanz löst, siehe (14) bis (17). Die geographische Landkarte betrachtet der Verfasser als ein homomorphes Bild des Systems $\mathbf{S}_{FG}$, in der man Gebiete relativ gleicher Beschaffenheit des System $\mathbf{S}_{FG}$ ausgliedern kann.

Podľa mnohých súčasných autorov [1, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 26, 30, 36] predmetom geografie je geografický obal, geosféra, Erdhülle, geografičeskaja oboločka, earth shell, landšaftný obal (tieto termíny sú vlastne synonýmami). Sám pojem geosféry vymedzil vo svojich prácach H. Carol [11, str. 23—38].

Súčasne s nástupom teórie systémov sa popri iných vedných disciplínach aj v prácach geografickej literatúry [7, 8, 12, 13, 18, 23, 27, 30, 37] začal uplatňovať systémový prístup v zmysle tejto teórie, ktorý z hľadiska metodologického poskytuje nové cesty k riešeným problémom. U nás J. Urbánek [37] rieši z hľadiska teórie systémov problém procesov svahovej modelácie.

Čo sa týka kybernetického prístupu k problému, u nás J. Paulov [30] ako prvý priamo uvažuje o možnosti kybernetického prístupu v oblasti ekonomickej geografie,

* Do redakcie došlo v júni 1967.

čo rozvádza na niekoľkých príkladoch, a vyslovuje súčasne názor, že podobný prístup by bol možný aj v oblasti fyzickej geografie. Pokúsme sa preto v najvšeobecnejších reláciách rozpracovať tento problém.

Nás bude v tomto príspevku zaujímať prírodná časť geosféry (ďalej ju budeme pre stručnosť označovať ako FG-časť geosféry), ktorú sa pokúsime ponímať ako autoregulačný dynamický systém. Jej súčasný stav budeme považovať za výslednicu vzájomného pôsobenia a zastúpenia jej jednotlivých zložiek (geografických činiteľov) v ich priestorovom rozložení na povrchu zemskom, pričom pomer zastúpenia a intenzita ich vzájomného pôsobenia sa v priestore a čase navzájom mení.

Túto charakteristiku považujme za pracovnú v tom zmysle, že budeme stavať na logickej štruktúre postaveného problému, a nie na úplnom faktologickom postihnutí javov.

V súvislosti s kybernetickým prístupom musíme si všimnúť otázku procesov (z hľadiska teórie procesov), ako aj otázku väzieb medzi jednotlivými zložkami FG-časti geosféry.

Jednotlivé zložky geosféry vo svojom priestorovom rozložení vyvolávajú vzájomným pôsobením na seba v čase procesy majúce za následok zmeny jednak vlastných stavov, jednak stavov jednotlivých zložiek geosféry ako jej prvkov. Podotknime vopred, že procesy v geosfére sú viazané na tie zložky geosféry, ktoré sú medzi sebou spojené vzájomnou väzbou rôznych stupňov závislostí, pričom tieto procesy neprebiehajú od seba izolovane, ale sa prelínajú a navzájom ovplyvňujú.

Predpokladajme, že FG-časť geosféry v dôsledku procesov v nej prebiehajúcich, vyvolaných vzájomnou interakciou všetkých jej zložiek podľa ich vzájomných väzieb, smeruje za určitých stálych podmienok v čase T od určitého východiskového stavu, keď tieto podmienky začali platiť, k určitému cieľovému stavu, tzv. rovnovážnemu stavu.

Nie je pritom dôležité, či tento rovnovážny stav v prírode nastane, alebo nie, lebo môže platiť skutočnosť, že skôr než by takýto stav rovnováhy nastal, dôjde k zmene podmienok a v dôsledku ich zmeny i k zmene procesov, a tým aj k zmene rovnovážneho stavu ako cieľového na nejaký iný stav. Dôležitý pre nás je ten moment ako logický predpoklad, že tento rovnovážny stav existuje z hľadiska teoretického ako možný, čo nám umožní vybudovať iný prístup k uvedenému problému.

Vyhraničme bližšie pojem počiatočného stavu. Za počiatočný stav budeme teoreticky pokladať stav po konsolidácii podmienok, keď nové podmienky začali platiť. V FG-časti geosféry to v skutočnosti bude, zrejme, stav po relatívnej konsolidácii podmienok, za ktorých určité procesy nadobudnú trvalú prevahu.

Z hľadiska nášho cieľa, t. j. kybernetického prístupu k problémom FG-časti geosféry a jej správania sa ako kybernetického systému môžeme stavy geosféry chápať z dvoch časových aspektov:

a) ako stavy geosféry v priebehu jej jednotlivých vývojových období,

b) stavy geosféry v priebehu jednotlivých ročných dôb ako relatívne uzatvorených cyklov.

Stavy z tohto druhého hľadiska (b), t. j. jednotlivých ročných dôb, budú, pravda, v jednotlivých zemepisných zónach rôzne. Označme preto čas dvojako: T a t. Pod symbolom T budeme chápať čas za i rokov r, za ktoré budeme uvažovať stavy geosféry ako systému a jeho správanie. V čase T budeme teda uvažovať postupnosť r_i rokov, kde $i = 1, 2, \ldots, n$. Pod symbolom t budeme chápať čas v priebehu jedného roka, v rámci ktorého budeme študovať správanie geosféry ako systému.

Presný rozdiel tohto ponímania a jeho dôsledky pre formuláciu správania sa FG-časti geosféry ako kybernetického systému uvedieme v ďalšej časti príspevku.

Okolnosť, že geosféra v dôsledku procesov, ktoré v nej prebiehajú, speje vždy od nejakého východiskového stavu k nejakému výslednému rovnovážnému stavu, pričom zmena podmienok v priebehu procesu medzi dvoma stavmi má za následok zmenu procesu smerom k opätovnému dosiahnutiu rovnovážneho stavu z hľadiska nových podmienok, môžeme chápať ako regulačný moment v procesoch geosféry.

Toto reagovanie, či už celej geosféry, alebo jej jednotlivých zložiek v ich priestorovom rozložení, na zmenu podmienok v zmysle „úpravy“ v nej prebiehajúcich procesov i cieľového stavu pokladajme za dostatočný dôvod o existencii regulácie v geosfére.

Zvláštnu úlohu ako regulačný faktor prebiehajúcich procesov v FG-časti geosféry hrá človek, ktorý svojou komplexnou činnosťou „reguluje“ priebeh týchto procesov tak, že buď narušuje v jednotlivých priestorových častiach geosféry priebeh procesov smerujúcich z hľadiska súčasných podmienok k rovnovážnemu stavu, buď svojou činnosťou „konzervuje“ niektoré stavy prvkov geosféry ako výsledky procesov z predošlých podmienok, alebo zavedením úplne nových faktorov v dôsledku svojej činnosti vyvoláva stav nerovnováhy vo väčšom alebo menšom priestorovom rozložení.

Ak hovoríme o procesoch v geosfére, vidíme, že tieto procesy vyvolané vzájomnou interakciou jednotlivých zložiek geosféry sú veľmi zložité a v dôsledku veľkého množstva zúčastnených premenných veličín nie sú jednoznačne funkčne postrehnuteľné. Tieto procesy v geosfére majú pravdepodobnostný charakter a sú formulovateľné na podklade pravdepodobnostných funkcií.

Všímajúc si súčasne priestorové rozloženie jednotlivých zložiek geosféry ako geografické činitele, je potrebné podotknúť, že tieto procesy vo svojom priestorovom rozložení majú rozličný priebeh, pričom z hľadiska ich priestorového rozloženia môžu jednotlivé priestorové celky vykazovať určitý vzájomný stupeň nezávislosti.

V našej práci sa dotýkame procesov a hovoríme o nich v tom zmysle, že si všímame zmenu stavov ich počtu, ako aj frekvencie W prvkov geosféry zúčastnených v týchto procesoch.

Vzhľadom na pravdepodobnostný charakter skutočných procesov v geosfére (ako stochastických procesov) majú aj stavy jednotlivých zložiek geosféry ako geografických činiteľov a ich frekvencia a počet týchto stavov stochastický charakter. Môžeme študovať množinu stavov jednotlivých zložiek geosféry a ich frekvenciu z hľadiska pravdepodobnostných funkcií, kde v dôsledku určitých procesov v čase môžeme určitým stavom nejakej zložky geosféry ako jej prvku z nejakej množine stavov priradiť určitú pravdepodobnosť výskytu, resp. pravdepodobnosť realizácie tohto stavu.

Považujme teda FG-časť geosféry za dynamický systém v zmysle. Na základe doteraz uvedených vzťahov medzi jednotlivými zložkami FG-časti geosféry, ako aj na základe procesov v geosfére prebiehajúcich a navzájom sa ovplyvňujúcich sa domnievame, že geosféru, ktorej v príspevku uvažujeme jej FG-časť, môžeme považovať za sústavu, v ktorej prebiehajú riadiace pochody. Medzi jednotlivými časťami tejto sústavy existuje veľké množstvo závislostí rôzneho stupňa, ktoré budeme ponímať ako väzby s rôznym stupňom tesnosti, takže medzi jednotlivými časťami sústavy prebieha pomocou signálov vzájomné „odovzdávanie zpráv“ o pochodoch, ktoré v nich prebiehajú. Signálom tu budeme rozumieť fyzikálne, chemické a iné pochody nesúce informáciu. V tomto zmysle teda v FG-časti geosféry ide o prenos informácie ako v jej jednotlivých zložkách či spoločenstvách, tak i zároveň medzi nimi, pričom tieto zložky považujeme za prvky kybernetického systému.

Ak nebudeme uvažovať v sémantickom zmysle obsah javu, o ktorom sa prenášajú informácie, potom zostane pre nás podstatná množina stavov jednotlivých prvkov FG-časti geosféry, navzájom odlišných. Môžeme povedať, že priebeh nejakého javu v FG-časti geosféry v závislosti od času môžeme stotožniť s postupnosťou jej jednotlivých stavov ako stavov možných.

Charakterizujeme teda geosféru ako systém $\mathbf{S}_G$ skladujúci sa z dvoch subsystémov $\mathbf{S}_{FG}$ a $\mathbf{S}_{AG}$, kde subsystém $\mathbf{S}_{FG}$ je FG-zložka geosféry a subsystém $\mathbf{S}_{AG}$ zahrnuje človeka ako spoločnosť s jeho komplexnou priestorovou aktivitou. V súvislosti s tým musíme si osvetliť, čo budeme rozumieť pri jednotlivých prvkoch FG-časti geosféry i pri nej samej pod pojmom vstup a výstup, pričom si budeme charakterizovať podnet $\mathbf{x}$ a reakciu $\mathbf{y}$ subsystému $\mathbf{S}_{FG}$, podnety $\mathbf{v}$ a reakcie $\mathbf{w}$ jeho prvkov ako vstupné a výstupné vektory. Rôzne stavy, ktoré tieto vstupné a výstupné vektory môžu nadobúdať, si dáme do súvisu so stavmi prvkov subsystému $\mathbf{S}_{FG}$. Prístupových hľadísk na systém môže byť viac. V zmysle práce [24] budeme pod systémom rozumieť súbor nejakých prvkov a_1, a_2, $\ldots$, a_n, medzi ktorými existujú nejaké vzťahy.

Pod rozlišovacou úrovňou budeme rozumieť podrobnosť rozlíšenia jednotlivých zložiek geosféry ako prvkov kybernetického systému. Za najnižšiu rozlišovaciu úroveň budeme pre naše účely považovať tú úroveň, pri ktorej jednotlivé základné zložky FG-časti geosféry, a to litosféru, atmosféru, hydrosféru, biosféru, pedosféru, budeme považovať za nerozlíšené prvky systému. Označme si tieto zložky podľa poradia symbolmi a_1, a_2, a_3, a_4, a_5. Tieto prvky tvoria množinu prvkov

$$\mathbf{G}_{FG} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}. \tag{1}$$

V zmysle [24] každý systém má svoje okolie a_o, kde okolie i systém sú vo vzájomnej interakcii, t. j. vzájomne na seba pôsobia, pričom okolím systému sú teoreticky všetky zložky, ktoré nie sú zahrnuté v systéme.

Ak teda k prvkom množiny (1) budeme počítať aj prvok a_o ako okolie systému $\mathbf{S}_{FG}$ (vzhľadom na ťažisko práce v tejto oblasti subsystém $\mathbf{S}_{FG}$ budeme uvažovať ako samostatný systém), dostaneme množinu

$$\mathbf{B} = \{a_o, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}, \tag{2}$$

ktorej každý prvok nech je definovaný množinou vstupných vektorov $\mathbf{v}$ ako podnetov a výstupných veličín $\mathbf{w}$ ako odoziev, resp. reakcií považovaných za výstupné vektory. Závislosti medzi vstupnými veličinami $\mathbf{v}_j$ prvku a_j a výstupnými veličinami $\mathbf{w}_i$ prvku a_i z množiny (2) označme $\mathbf{r}_{ij}$, kde $i, j = 0, 1, 2, \ldots, n$, ktoré vyplývajú z relácií medzi týmito prvkami. To znamená, že napr. symbol $\mathbf{r}_{12}$ udáva závislosť vstupného vektora $\mathbf{v}_2$ prvku a_2 od výstupného vektora $\mathbf{w}_1$ prvku a_1. Množinu všetkých závislostí $\mathbf{r}_{ij}$ medzi prvkami množiny $\mathbf{B}$ označme v súhlase s prácou [24] $\mathbf{R}$.

Pod celkovým podnetom ako vstupným vektorom $\mathbf{v}_i = (v_{i1}, v_{i2}, \ldots v_{in})$ nejakého prvku a_i, kde zložky $v_{i1}, v_{i2}, \ldots, v_{in}$ vektora $\mathbf{v}_i$ sú tzv. čiastkové podnety, budeme rozumieť vplyvy okolia na prvok a_i. Pod odozvou, resp. reakciou (celkovou) ako výstupným vektorom $\mathbf{w}_i = (w_{i1}, w_{i2}, \ldots, w_{in})$, kde zložky $w_{i1}, w_{i2}, \ldots, w_{in}$ vektora $\mathbf{w}_i$ sú tzv. čiastkové odozvy, resp. čiastkové reakcie, budeme rozumieť vplyvy nejakého prvku a_i na jeho okolie.

V súvislosti s celkovými podnetmi a celkovými reakciami pri prvkoch FG-časti geosféry ako $\mathbf{S}_{FG}$ systému musíme si charakterizovať vstupy a výstupy prvkov a_1, $a_2, \ldots$, cez ktoré sa podnety i reakcie prvkov spojených navzájom väzbami realizujú. Charakterizovať vstupy a výstupy prvkov geosféry si vyžaduje špecifický prístup k problému. Za vstupy pri jednotlivých prvkoch FG-časti geosféry ako systému môžeme považovať ich časti, ktorými prijímajú podnety zvonka, za výstupy môžeme považovať tie časti tých istých prvkov FG-časti geosféry, ktorými tieto prvky pôsobia na svoje okolie. Vstupmi a výstupmi nemusia však byť iba určité časti týchto prvkov, ale aj prvky samy ako také v tom zmysle, že tieto prvky celé prijímajú podnety zvonka v jednej forme a v inej forme, zmeniac svoj stav, zase celý ten istý prvok vplýva na svoje okolie. To znamená, že v jednej funkčnej podobe celý prvok prijíma podnety a v inej zmenenej funkčnej podobe ten istý celý prvok vplýva na svoje okolie.

Väzby medzi jednotlivými prvkami a_i a a_j FG-časti geosféry na ktorejkoľvek rozlišovacej úrovni označíme v príspevku V, pričom záleží na orientácii väzby, napr. z prvku a_i na prvok a_j, čo označíme indexmi podľa poradia prvkov, t. j. V_{ij}. Väzby nám udávajú spoločné zložky vstupného vektora $\mathbf{v}_j$ prvku a_j a výstupného vektora $\mathbf{w}_i$ prvku a_i. Poznamenajme, že v zmysle práce [24] robíme rozdiel medzi vzájomnými väzbami V_{ij}, resp. V_{ji} dvoch prvkov a_i, a_j a ich závislosťami $\mathbf{r}_{ij}$, resp. $\mathbf{r}_{ji}$. Pre každé $V_{ij} \neq 0$. Avšak nie pre každé $\mathbf{r}_{ij}$ nerovné 0 je aj $\mathbf{r}_{ij} = 0$ musí byť $V_{ij} \neq 0$. Väzbu medzi dvoma prvkami a_i, a_j v FG-časti geosféry chápeme v príspevku ako priamu závislosť, keď je $V_{ij} \neq 0$, $\mathbf{r}_{ij} \neq 0$, medzi týmito prvkami. Ak však $\mathbf{r}_{ij} \neq 0$, $V_{ij} = 0$ je to závislosť nepriama, realizovaná cez iné sprostredkujúce prvky.

Keďže v našom príspevku chceme uvažovať iba FG-časť geosféry ako $\mathbf{S}_{FG}$ systém, subsystém $\mathbf{S}_{AG}$ bude už patriť do okolia systému $\mathbf{S}_{FG}$, t. j. $\mathbf{S}_{AG} = a_0$ tohto systému. FG-časť geosféry bude potom systémom

$$\text{kde} \begin{bmatrix} \mathbf{S}_{FG} = \{\mathbf{G}_{FG}, \mathbf{G}_{FG}\}, \\ \mathbf{G}_{FG} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\} \end{bmatrix} \tag{3}$$

a $\mathbf{R}_{FG}$ je množina informačných alebo signálnych závislostí $\mathbf{r}_{ij}$ $(i, j = 0, 1, 2, \ldots, n)$ medzi prvkami množiny $\mathbf{G}_{FG}$ a okolím $a_0 = \mathbf{S}_{AG}, \ldots$ systému $\mathbf{S}_{FG}$.

Pri kybernetickom systéme $\mathbf{S}_{FG}$ sme oproti systému $\mathbf{S}_G$ ľudskú spoločnosť $\mathbf{S}_{AG}$ s jej komplexnou aktivitou uvažovali ako súčasť okolia a_0 systému $\mathbf{S}_{FG}$, s ktorým (tým okolím) je ale kybernetický systém $\mathbf{S}_{FG}$ vo vzájomnej interakcii. To znamená, že ťažisko nášho problému z hľadiska fyzicko-geografického je v kybernetickom systéme $\mathbf{S}_{FG}$, ktorého jednotlivé prvky $\mathbf{G}_{FG}$ budeme ďalej rozlišovať ako systémy. Z hľadiska ekonomicko-geografického prístupu k problému ťažisko by spočívalo v kybernetickom systéme $\mathbf{S}_{AG}$, ktorého okolím a_0 by bol kybernetický systém $\mathbf{S}_{FG}$. Tento moment je však veľmi dôležitý z hľadiska teoretickej jednoty geografie, lebo utvára transformačný most medzi fyzickou a ekonomickou geografiou. Objektom štúdia celej geografie je potom kybernetický systém $\mathbf{S}_G$ ponímaný ako komplex zložený z dvoch subsystémov $\mathbf{S}_{FG}$, $\mathbf{S}_{AG}$.

Na uvažovanej najnižšej rozlišovacej úrovni systému $\mathbf{S}_{FG}$ každý prvok množiny $\mathbf{G}_{FG}$ tvorí nedeliteľný celok, ktorého štruktúru sme z hľadiska tejto úrovne zámerne nerozlíšili. Ak však zvýšime rozlišovaciu úroveň, rozlíšime aj štruktúru prvkov množiny $\mathbf{G}_{FG}$, čím však pôvodné prvky tejto množiny ako také strácajú zmysel a každý z nich je zdrojom nových prvkov pre relatívne iný systém.

To znamená, že každý prvok množiny $\mathbf{G}_{FG}$ z hľadiska vyššej rozlišovacej úrovne bude zdrojom nových prvkov, ktorými budú jeho jednotlivé zložky rozpísané ako

$$\mathbf{G}_{FG} = \begin{bmatrix} a_1 = \{a_{11}, a_{12}, \ldots, a_{1n_1}\} \\ a_2 = \{a_{21}, a_{22}, \ldots, a_{2n_2}\} \\ a_3 = \{a_{31}, a_{32}, \ldots, a_{3n_3}\} \\ a_4 = \{a_{41}, a_{42}, \ldots, a_{4n_4}\} \\ a_5 = \{a_{51}, a_{52}, \ldots, a_{5n_5}\} \end{bmatrix}, \tag{4}$$

kde a_{11}, a_{12}, ... sú jednotlivé zložky litosféry, a_{21}, a_{22}, ... sú jednotlivé zložky atmosféry, a_{31}, a_{32}, ... sú jednotlivé zložky hydrosféry, a_{41}, a_{42}, ... sú jednotlivé zložky biosféry a a_{51}, a_{52}, ... sú jednotlivé zložky pedosféry.

Každý pôvodný prvok množiny $\mathbf{G}_{FG}$ tvorí množinu nových prvkov. Počet nových prvkov je v každej tejto množine navzájom rôzny, vyplývajúci zo štruktúry pôvodných prvkov. Tieto rozlíšené prvky ako elementy z každého pôvodného prvku množiny $\mathbf{G}_{FG}$ vytvárajú oproti pôvodným väzbám medzi jednotlivými prvkami pôvodného systému $\mathbf{S}_{FG}$ nové väzby V jednak medzi sebou v každom pôvodnom prvku, jednak s inými rozlíšenými prvkami pôvodných prvkov množiny $\mathbf{G}_{FG}$, ako aj s okolím a_0 systému $\mathbf{S}_{FG}$. Súčasne vytvárajú množinu $\mathbf{R}$ nových závislostí jednak medzi sebou, medzi inými rozlíšenými prvkami, jednak medzi týmito prvkami a prvkami okolia systému a_0. Teda každý z pôvodných prvkov je zdrojom nových prvkov pre relatívne iný systém.

Všimnime si priestorový aspekt rozloženia rozlíšených elementov jednotlivých základných prvkov množiny (4). Ak ako elementy jednotlivých základných prvkov množiny $\mathbf{G}_{FG}$ v predpise (4) uvažujeme všetky elementy každého prvku v celom priestore geosféry, potom určité kategórie prvkov sa vyskytujú iba v určitých priestorových častiach geosféry. To znamená, že zmena zastúpenia jednotlivých zložiek prvkov množiny (4), pri zachovaní základných závislostí medzi prvkami v kybernetickom systéme $\mathbf{S}_{FG}$, súvisí so zmenou priestoru v tom istom časovom momente.

Kybernetický systém $\mathbf{S}_{FG}$ môžeme preto rozčleniť podľa priestoru na jednotlivé subsystémy

$$\begin{aligned} \mathbf{S}'_{FG_1} &= \{\mathbf{G}'_{FG_1}, \mathbf{R}'_{FG_1}\} \\ \mathbf{S}'_{FG_2} &= \{\mathbf{G}'_{FG_2}, \mathbf{R}'_{FG_2}\} \\ &\;\;\;\dots\dots \\ \mathbf{S}'_{FGn} &= \{\mathbf{G}'_{FGn}, \mathbf{R}'_{FG_2}\}, \end{aligned} \tag{5}$$

kde $\mathbf{G}'_{FG1}$, $\mathbf{G}'_{FG2}$, ..., $\mathbf{G}'_{FGn}$ sú množiny prvkov jednotlivých subsystémov ako ich univerzum a $\mathbf{R}'_{FG1}$, $\mathbf{R}'_{FG2}$, ..., $\mathbf{R}'_{FGn}$ sú množiny závislostí medzi jednotlivými prvkami a medzi týmito prvkami a okolím subsystémov. Jednotlivé prvky a_1, a_2, ... množiny (4) systému $\mathbf{S}_{FG}$ teda sú alebo môžu byť v jednotlivých subsystémoch $\mathbf{S}'_{FG}$ pozmenené podľa toho, do akej miery jednotlivé elementy týchto prvkov v príslušnom subsystéme sú zastúpené, alebo chýbajú, lebo so zmenou priestoru sa mení, alebo môže meniť aj zmena zastúpenia ich jednotlivých elementov. Takto modifikované pôvodné prvky a_1, a_2 množiny (4) systému $\mathbf{S}_{FG}$ tvoriace množiny $\mathbf{G}'_{FG}$ prvkov subsystémov $\mathbf{S}'_{FG_1}$ označme a'_1, a'_2, ..., pričom poradie subsystémov v zmysle (5) označme číselnými indexami za zátvorku, do ktorej prvky napíšeme, t. j. pre subsystém $\mathbf{S}'_{FG_1}$ označíme prvky $(a'_1)_1$, $(a'_2)_1$, $(a'_3)_1$, ... pre subsystém $\mathbf{S}'_{FG_2}$ označíme prvky $(a'_1)_2$, $(a'_2)_2$, $(a'_3)_2$,... atď. Jednotlivé prvky a_1, a_2,... s ich zložkami môžeme potom rozpísať do jednotlivých schém tak, že v každej schéme je rozpísaný jeden prvok z množiny prvkov (4) systému $\mathbf{S}_{FG}$ so svojimi jednotlivými elementami podľa poradia jednotlivých subsystémov nasledovne: v hornom riadku nad okrajom rámu jednotlivých schém sú napísané jednotlivé zložky základných prvkov z množiny (4) systému $\mathbf{S}_{GF}$ a v stĺpci pred zvislým okrajom rámu každej schémy je rozpísaný ten istý prvok (ale modifikovaný podľa počtu elementov, z ktorých sa skladá) označený čiarkou vpravo hore v poradí podľa jednotlivých subsystémov (5). Ak sa v príslušnom subsystéme každá jednotlivá zložka pôvodného prvku systému $\mathbf{S}_{FG}$ vyskytuje, označíme to v riadku číslom 1, ak sa nevyskytuje, označíme to číslom 0. Dostaneme tak podľa jednotlivých prvkov množiny (4) systému $\mathbf{S}_{GF}$ schémy (výskyt čísiel 0, 1 je v nich iba ilustratívny)

a_1	$a_{11}, a_{12}, a_{13}, \ldots, a_{1n_1}$
$(a'_1)_1$	0, 1, 0, ..., 0
$(a'_1)_2$	0, 1, 0, ..., 1
$(a'_1)_3$	1, 1, 0, ..., 1
...	.....
$(a'_1)_n$	1, 0, 1, ..., 0

a_2	$a_{21}, a_{22}, a_{23}, \ldots, a_{2n_2}$
$(a'_2)_1$	1, 1, 1, ..., 1
$(a'_2)_2$	0, 1, 1, ..., 0
$(a'_2)_3$	0, 0, 1, ..., 1
...	.....
$(a'_2)_n$	1, 1, 0, ..., 0

. . . . (5a)

a_4	$a_{41}, a_{42}, a_{43}, \ldots, a_{4n_4}$
$(a'_4)_1$	0, 1, 1, ..., 1
$(a'_4)_2$	0, 0, 1, ..., 1
$(a'_4)_3$	1, 0, 1, ..., 0
...	.....
$(a'_4)_n$	1, 1, 1, ..., 0

a_5	$a_{51}, a_{52}, a_{53}, \ldots, a_{5n_5}$
$(a'_5)_1$	1, 1, 0, ..., 1
$(a'_5)_2$	1, 0, 1, ..., 1
$(a'_5)_3$	0, 1, 1, ..., 0
...	.....
$(a'_5)_n$	1, 0, 1, ..., 1 ,

v ktorých v jednotlivých ich riadkoch je zachytená skladba každého základného prvku v príslušnom subsystéme podľa poradia (t. j. z akých elementov sa tento prvok v každom subsystéme skladá) a v jednotlivých stĺpcoch je zachytené priestorové rozloženie jednotlivých zložiek každého základného prvku systému $\mathbf{S}_{FG}$ podľa jednotlivých subsystémov $\mathbf{S}'_{FG}$. (5). V každej schéme podľa poradia subsystémov v jej jednotlivých riadkoch uvažujeme teda z ľava do prava ako elementy príslušného prvku v subsystéme len prípady označené číslom 1, ktoré vzhľadom na subsystém označíme $a'_{11}, a'_{12}, \ldots$. To znamená, že napr. pri prvku a_1 zo systému $\mathbf{S}_{FG}$ pre subsystém $\mathbf{S}'_{FG_1}$ jeho modifikovaný prvok $(a'_1)_1$ podľa schémy sa skladá z elementov $a'_{11} = a_{12}, \ldots$, pre subsystém $\mathbf{S}'_{FG_2}$ sa jeho modifikovaný prvok $(a'_1)_2$ skladá z elementov $a_{11} = a_{12}, \ldots, a_{1k_1} = a_{1n_1}$ atď. Množiny prvkov jednotlivých subsystémov (5) môžeme teda pri rozpísaní vyjadriť ako

$$\mathbf{G}'_{FG_{1,2,\ldots,n}} = \left.\begin{matrix} a'_1 = \{a'_{11}, a^1_{12}, \ldots, a'_{1k_1}\} \\ a'_2 = \{a'_{21}, a'_{22}, \ldots, a'_{2k_2}\} \\ \ldots . \\ a'_5 = \{a'_{51}, a'_{52}, \ldots, a'_{55}k\} \end{matrix}\right]_{1,2,\ldots n}, \qquad (5')$$

pričom pre počet a poradie elementov jednotlivých prvkov týchto množín, z ktorých sa prvky týchto množín skladajú, môže vzhľadom na (4) platiť, že

$$\begin{matrix} a'_{1i} = a_{1r} & & i = 1, 2, \ldots, k_1 \; ; \; r = 1, 2, \ldots, n_1 \\ a'_{2j} = a_{2s} & \text{kde} & j = 1, 2, \ldots, k_2 \; ; \; s = 1, 2, \ldots, n_2 \\ \ldots . & & \ldots . \\ a'_{5o} = a_{5q} & & o = 1, 2, \ldots, k_5 \; ; \; q = 1, 2, \ldots, n_5, \end{matrix} \qquad (5'')$$

lebo elementy jednotlivých prvkov množín (5') sú výberom z elementov jednotlivých prvkov množín (4). Základné závislosti spoločné pre celú FG časť geosféry ako $\mathbf{S}_{FG}$

systému zostávajú v subsystémoch (5) spoločné, no popri nich vznikajú i nové, typické len pre ten-ktorý subsystém.

Rozlišovacia úroveň subsystémov (5) je závislá od rozlišovacej úrovne množín prvkov (4). Niektoré prvky z množín $\mathbf{G}'_{FG_1}$, $\mathbf{G}_{FG_2}$, ..., $\mathbf{G}'_{FGn}$ subsystémov (5) sa môžu vyskytovať vo viacerých subsystémoch súčasne, iné sa budú vyskytovať iba osobitne v každom jednom subsystéme. Z hľadiska zvoleného kritéria a rozlišovacej úrovne subsystémy (5) budú tvoriť celky buď podľa jednotlivých zemepisných zón, alebo celky vo vnútri týchto zón. Preto subsystémy (5) z hľadiska rozlišovacej úrovne a ďalšej kategorizácie prvkov možno ďalej rozčleniť v zmysle predtým uvedených podmienok do jednotlivých subsystémov.

V súvislosti s priestorovým rozložením subsystémov (5) všimnime si celkové podnety a celkové reakcie systému $\mathbf{S}_{FG}$ ako jeho vstupné vektory $\mathbf{x}$ a výstupné vektory $\mathbf{y}$ a všeobecné rozdelenie ich možných hodnôt podľa jeho jednotlivých subsystémov v súvislosti so stavmi systému a správaním sa systému $\mathbf{S}_{FG}$. Hodnoty vstupného vektora $\mathbf{x}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ sa v tom istom časovom momente menia so zmenou priestoru podľa jednotlivých priestorových zoskupení subsystémov (5). Ak každému subsystému $\mathbf{S}'_{FG_1}$, $\mathbf{S}'_{FG_2}$, ..., $\mathbf{S}'_{FGn}$ priradíme podľa poradia (5) vstupný vektor $\mathbf{x}'_1, \mathbf{x}'_2, \ldots, \mathbf{x}'_n$ a výstupný vektor $\mathbf{y}'_1, \mathbf{y}'_2, \ldots, \mathbf{y}'_n$, potom vstupný vektor $\mathbf{x}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ má v tom istom časovom momente v jednotlivých subsystémoch hodnoty $\mathbf{x}'_1, \mathbf{x}'_2, \ldots, \mathbf{x}'_n \ldots$ a výstupný vektor $\mathbf{y}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ má v jednotlivých subsystémoch $\mathbf{y}'_1, \mathbf{y}'_2, \ldots, \mathbf{y}'_n$. Potom v priebehu času každému stavu ${}^1\mathbf{x}$, ${}^2\mathbf{x}$, ..., ${}^l\mathbf{x}$ a každému stavu ${}^1\mathbf{y}$, ${}^2\mathbf{y}$, ..., ${}^m\mathbf{y}$ výstupného vektora $\mathbf{y}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ odpovedajú v priestore nejaké stavy

$$\begin{array}{ll} {}^1\mathbf{x}'_1,\ {}^2\mathbf{x}'_1,\ {}^3\mathbf{x}'_1,\ \ldots,\ {}^l\mathbf{x}'_1 & {}^1\mathbf{y}'_1,\ {}^2\mathbf{y}'_1,\ {}^3\mathbf{y}'_1,\ \ldots,\ {}^m\mathbf{y}'_1 \\ {}^1\mathbf{x}'_2,\ {}^2\mathbf{x}'_2,\ {}^3\mathbf{x}'_2,\ \ldots,\ {}^l\mathbf{x}'_2 & {}^1\mathbf{y}'_2,\ {}^2\mathbf{y}'_2,\ {}^3\mathbf{y}'_2,\ \ldots,\ {}^m\mathbf{y}'_2 \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ {}^1\mathbf{x}'_n,\ {}^2\mathbf{x}'_n,\ {}^3\mathbf{x}'_n,\ \ldots,\ {}^l\mathbf{x}'_n & {}^1\mathbf{y}'_n,\ {}^2\mathbf{y}'_n,\ {}^3\mathbf{y}'_n,\ \ldots,\ {}^m\mathbf{y}'_n \end{array} \tag{6}$$

vstupných vektorov $\mathbf{x}'_1, \mathbf{x}'_2, \ldots, \mathbf{x}'_n$ a výstupných vektorov $\mathbf{y}'_1, \mathbf{y}'_2, \ldots, \mathbf{y}'_n$ subsystémov $\mathbf{S}'_{FG1}$, $\mathbf{S}'_{FG2}$, ..., $\mathbf{S}'_{FGn}$.

Ak pri vstupnom vektore $\mathbf{x}$ a výstupnom vektore $\mathbf{y}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ uvažujeme aj zložky týchto vektorov ako čiastkové podnety a čiastkové reakcie, t. j.

$$\begin{aligned} \mathbf{x} &= \{x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n\} \\ \mathbf{y} &= \{y_1, y_2, y_3, \ldots, y_n\}, \end{aligned} \tag{7}$$

potom jednotlivé hodnoty $\mathbf{x}'_1, \mathbf{x}'_2, \ldots, \mathbf{x}'_n$ a $\mathbf{y}'_1, \mathbf{y}'_2, \ldots, \mathbf{y}'_n$ vstupných a výstupných vektorov subsystémov (5) budú mať zložky

$$\begin{array}{ll} \mathbf{x}'_1 = \{x'_{11}, x'_{12}, x'_{13}, \ldots, x'_{1n}\} & \mathbf{y}'_1 = \{y'_{11}, y'_{12}, y'_{13}, \ldots, y'_{1n}\} \\ \mathbf{x}'_2 = \{x'_{21}, x'_{22}, x'_{23}, \ldots, x'_{2n}\} & \mathbf{y}'_2 = \{y'_{21}, y'_{22}, y'_{23}, \ldots, y'_{2n}\} \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \mathbf{x}'_n = \{x'_{n1}, x'_{n2}, x'_{n3}, \ldots, x'_{nn}\} & \mathbf{y}'_n = \{y'_{n1}, y'_{n2}, y'_{n3}, \ldots, y'_{nn}\}. \end{array} \tag{8}$$

Vstupný vektor $\mathbf{x}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ so vstupnými vektormi $\mathbf{x}'_1, \mathbf{x}'_2, \ldots$ (8) jednotlivých subsystémov (5) a výstupný vektor $\mathbf{y}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ s výstupnými vektormi $\mathbf{y}'_1, \mathbf{y}'_2, \ldots$ (8) subsystémov (5) rozpíšme do schém (8'), v ktorých nad horným vodorovným rámom sú rozpísané vektory $\mathbf{x}, \mathbf{y}$ so svojimi zložkami a pred zvislým rámom schém sú napísané

$\mathbf{x}$	$x_1 \quad x_2 \quad x_3, \ldots, x_n$	$\mathbf{y}$	$y_1 \quad y_2 \quad y_3, \ldots, y_n$
$\mathbf{x}'_1$	$x'_{11}, x'_{12}, x'_{13}, \ldots, x'_{1n}$	$\mathbf{y}'_1$	$y'_{11}, y'_{12}, y'_{13}, \ldots, y'_{1n}$
$\mathbf{x}'_2$	$x'_{21}, x'_{22}, x'_{23}, \ldots, x'_{2n}$	$\mathbf{y}'_2$	$y'_{21}, y'_{22}, y'_{23}, \ldots, y'_{2n}$
...	.....	...	.....
$\mathbf{x}'_n$	$x'_{n1}, x'_{n2}, x'_{n3}, \ldots, x'_{nn}$	$\mathbf{y}'_n$	$y'_{n1}, y'_{n2}, y'_{n3}, \ldots, y'_{nn}$

(8')

vstupné a výstupné vektory $\mathbf{x}'$, $\mathbf{y}'$ subsystémov (5). Vo vnútri schém v ich riadkoch sú rozpísané zložky vstupných a výstupných vektorov (8) jednotlivých subsystémov (5), takže stĺpce schém potom zachycujú priestorové rozloženia jednotlivých zložiek vstupných vektorov $\mathbf{x}'$, $\mathbf{y}'$ subsystémov (5) odpovedajúcich jednotlivým zložkám vektorov $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$ celého systému $\mathbf{S}_{FG}$. To znamená, že každý stĺpec schém potom ukazuje, že aké hodnoty nadobúda príslušná zložka vektorov $\mathbf{x}'$, $\mathbf{y}'$ jednotlivých subsystémov (5) z možných hodnôt im odpovedajúcej zložky vektorov $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$ celkového systému $\mathbf{S}_{FG}$, ktorej sú súčasťou. Poznamenajme ešte, že hodnoty vektorov $\mathbf{x}'$, $\mathbf{y}'$ každého subsystému $\mathbf{S}_{FG}$, resp. hodnoty ich jednotlivých zložiek, sa pohybujú v určitých intervaloch typických pre tenktorý subsystém. Diferenciácia prvkov subsystémov (5) v geosfére totiž nastala v dôsledku rôznych hodnôt vektorov $\mathbf{x}'$, $\mathbf{y}'$ a tým aj ich rôzneho pôsobenia.

Správanie sa FG-časti geosféry ako kybernetického systému $\mathbf{S}_{FG}$ budeme charakterizovať ako závislosť medzi celkovými podnetmi, t. j. vstupnými vektormi $\mathbf{x}$ a celkovými odozvami (rekciami) systému, t. j. výstupnými vektormi $\mathbf{y}$ majúcich zložky (7). Správanie sa systému možno všeobecne v zmysle [24] vyjadriť ako transformáciu $\boldsymbol{T}$ vektora $\mathbf{x}$ do vektora $\mathbf{y}$, t. j. vzťah

$$\mathbf{y} = \boldsymbol{T}(\mathbf{x}), \tag{9}$$

kde $\boldsymbol{T}$ je operátor transformácie. Vzhľadom na charakter procesov v geosfére, transformáciu (9) možno určiť iba štatisticky, alebo ak sa nemenia štatistické vlastnosti systému, možno transformáciu vyjadriť v tvare

$$\mathbf{y} = \boldsymbol{f}(\mathbf{x}), \tag{10}$$

kde $\boldsymbol{f}$ je pravdepodobnostná funkcia.

Väzby medzi jednotlivými prvkami systému sú relatívne stále. Avšak vzhľadom na charakter procesov v geosfére nemožno jednoznačne určiť časový výskyt jednotlivých stavov ${}^1\mathbf{x}$, ${}^2\mathbf{x}, \ldots$ vstupného vektora $\mathbf{x}$ v čase, možno určiť iba pravdepodobnosť výskytu jeho stavov v priebehu času. Správanie sa systému $\mathbf{S}_{FG}$ ako kybernetického je závislé od frekvencie jednotlivých stavov $\mathbf{x}^1, \ldots$ vstup. vektora $\mathbf{x}$ v priebehu času, pričom súčasný stav systému $\mathbf{S}_{FG}$ záleží aj na jeho predchádzajúcich stavoch, ktoré sú v ňom uschované v podobe vnútorných stavových veličín S_1, S_2, $S_3, \ldots$ Súčasný stav systému $\mathbf{S}_{FG}$ je teda odzrkadlením jednak predchádzajúcich stavov, jednak súčasných hodnôt vstupného vektora $\mathbf{x}$.

Z hľadiska stavov systému $\mathbf{S}_{FG}$, a teda aj subsystémov $\mathbf{S}'_{FG}$ (5), musíme rozlišovať čas dvojakým spôsobom, ako sme to už uviedli, t. j. t a T. Čas t nám reprezentuje obdobie jedného roka s ročnými obdobiami jednotlivých zemepisných zón, v rámci ktorého sledujeme správanie sa systému $\mathbf{S}_{FG}$ a jeho stavy, ako aj stavy jednotlivých subsystémov (5). Čas T nám reprezentuje postupnosť $r_1, r_2, \ldots, r_n$ rokov, za ktoré sledujeme správanie sa subsystémov (5) a ich stavy.

Predpokladajme, že systém $\mathbf{S}_{FG}$ speje za ustálených podmienok od nejakého východiskového stavu k cieľovému stavu. Ak uvažujeme čas t za jeden rok, potom stavy v subsystémoch (5) systému $\mathbf{S}_{FG}$ sa každý rok štatisticky relatívne opakujú, t. j. tvoria relatívne uzatvorený cyklus. Pritom však každý stav subsystémov (5) v priebehu roka záleží jednak na hodnote ich vstupných vektorov ako podnetov, jednak na predchádzajúcich stavoch, ktoré sú v nich uchované v podobe množín určitých vnútorných stavových veličín $z_1, z_2, \ldots z_n$ pre každý subsystém. Každú množinu vnútorných stavových veličín označme podľa poradia subsystémov (5) $Z_1, Z_2, \ldots, Z_n$, čo pre jednotlivé subsystémy bude

$$\left.\begin{array}{ll} \mathbf{S}'_{FG_1} & Z_1 = \{z_{11}, z_{12}, \ldots, z_{1m_1}\} \\ \mathbf{S}'_{FG_2} & Z_2 = \{z_{21}, z_{22}, \ldots, z_{2m_2}\} \\ & \ldots\ldots \\ \mathbf{S}'_{FG_n} & Z_n = \{z_{n1}, z_{n2}, \ldots, z_{nm_n}\} \end{array}\right] - . \tag{11}$$

Zápis (11) nám teda zachycuje vnútorné stavové veličiny subsystémov (5) v priebehu jedného roka ako relatívne uzatvoreného cyklu.

Ak však systém $\mathbf{S}_{FG}$ smeruje k cieľovému stavu, potom po každom uplynulom roku, alebo po r_s uplynulých rokoch sa predchádzajúce stavy v jednotlivých subsystémoch (5) uchovali v podobe určitých výsledných vnútorných stavových veličín $s'_1, s'_2, \ldots, s'_q$ tvoriace v jednotlivých subsystémoch (5) množiny $S'_1, S'_2, \ldots, S'_n$, ktoré podľa poradia subsystémov v zápise (5) môžeme rozpísať

$$\left.\begin{array}{ll} \mathbf{S}'_{FG_1} & S'_1 = \{s'_{11}, s'_{12}, \ldots, s'_{1q_1}\} \\ \mathbf{S}'_{FG_2} & S'_2 = \{s'_{21}, s'_{22}, \ldots, s'_{2q_2}\} \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \mathbf{S}'_{FG_n} & S'_n = \{s'_{n1}, s'_{n2}, \ldots, s'_{nq_n}\} \end{array}\right] - . \tag{12}$$

To znamená, že stavy subsystémov (5) po r_s rokoch záležia na predchádzajúcich stavoch subsystémov (5) a jednak na súčasných stavoch ich vstupných vektorov ako podnetov.

Ako ilustráciu pre množiny vnútorných stavových veličín (11) v priebehu jedného roka pri subsystémoch (5) uveďme napr. stavy rastlinných systémov v priebehu jedného vegetačného obdobia, pričom vezmime do úvahy mierny pás. Stavy rastlinných systémov v miernom páse v priebehu jednotlivých období roka záležia jednak na predchádzajúcich stavoch, jednak na súčasných podnetoch. To znamená, že i výkyvy napr. teploty, zrážok atď. v predošlých obdobiach roka majú odraz v súčasných stavoch rastlinných systémov, ktoré sa uchovali v nich v podobe spomenutých vnútorných stavových veličín. Preto aj stavy rastlinných systémov v nasledujúcich častiach vegetačného obdobia záležia jednak na podmienkach v predchádzajúcich častiach, t. j. na predchádzajúcich stavoch uchovaných v súčasnom stave v podobe vnútorných stavových veličín podľa schémy (11), jednak na súčasných podnetoch. Ten istý princíp platí aj pre iné prvky subsystémov (5).

Ilustrujme teraz zmenu stavov a ich závislosť od predchádzajúcich stavov subsystémov (5) za čas T, t. j. za postupnosť r_n rokov, pričom opäť uvažujeme mierny zemepisný pás. Nech sa subsystém $\mathbf{S}_{FG}$ v uvažovanej oblasti po predošlej poruche nachádza v značnom stupni dezorganizácie, ktorého súčasný stav považujeme za jeho nový východiskový stav. Súčasťou tohoto subsystému nech sú v priestore rôzne rozložené rastlinné spoločenstvá ako prvky $a'_{41}, a'_{42}, \ldots$, pôdy $a'_{51}, a'_{52}, \ldots$, ako aj ostatné prvky.

Vzhľadom na nový východiskový stav po predošlej dezorganizácii subsystému $\mathbf{S}_{FG}$, ktorý sa v dôsledku toho nachádza v značne entropickom stave, je priestorové rozloženie jeho jednotlivých prvkov $a'_{41}, a'_{42}, \ldots, a'_{51}, a'_{52}, \ldots$, ako aj rozšírenie ostatných prvkov subsystému v priestore v nerovnovážnom stave s novými už konsolidovanými podmienkami. Preto za čas T zmenia rastlinné spoločenstvá v dôsledku nových podmienok svoje priestorové rozloženie, prípadne niektoré z nich budú vystriedané inými spoločenstvami a ako následok zmenia svoje rozloženie pôdne typy a ostatné uvažované prvky subsystému $\mathbf{S}_{FG}$. Súčasne za tento čas postúpi proces modelácie reliéfu, takže ten prejde tiež do iného stavu a v súvislosti s ním i ostatné prvky a závislosti od neho viazané. Na areáloch, ktoré zaujali iné rastlinné spoločenstvá, než boli predtým, zmenia pôdy postupne svoj predošlý stav na iný. Postupne sa vytvárajú relatívne homogénne územné jednotky, to znamená, že systém zvyšuje svoju organizáciu. V novom súčasnom tzv. medziľahlom stave subsystému $\mathbf{S}'_{FG}$ po uplynulom čase T sú predošlé stavy subsystému uchované v ňom v podobe určitých vnútorných stavových veličín $S'_1, S'_2, \ldots, S'_n$. Nový nasledujúci stav subsystému závisí preto od predchádzajúcich stavov uchovaných v súčasnom stave v podobe spomenutých vnútorných stavových veličín a od súčasných podnetov. Za cieľový stav subsystému budeme považovať také zmenené priestorové rozšírenie rastlinných spoločenstiev, pôdnych typov (ako stavov) a ostatných prvkov, ktoré bude v rovnováhe s novými podmienkami. Niektoré prvky subsystému $\mathbf{S}'_{FG}$ napr. rastlinné spoločenstvá môžu dosiahnuť stav rovnováhy skôr (v zmysle zastúpenia jednotlivých druhov rastlinných spoločenstiev ich rozšírenia v priestore i koncentrácie) ako iné prvky subsystému. Tieto stavy rovnováhy pri jednotlivých prvkoch sú však relatívne a upravujú sa v postupujúcich procesoch v čase T postupne so stavom celého subsystému.

Teraz položme otázku, ako môžeme vyjadriť mieru organizácie v systéme $\mathbf{S}_{FG}$, resp. v jeho subsystémoch (5). Tento problém si vyžiada v geografickej aplikácii špecifický prístup, pričom bude s najväčšou pravdepodobnosťou potrebné vypracovať aj nové postupy riešenia. My sa v príspevku pokúsime načrtnúť problém v najvšeobecnejších reláciách, pričom sa v niečom oprieme o výsledky práce [5]. Ak by sme uvažovaný systém $\mathbf{S}_{FG}$ rozdelili v mape ako matematickej ploche považovanej za spojité skalárne pole do určitých polí napr. štvorcovej siete, tzv. zón, pričom systém $\mathbf{S}_{FG}$ by sa skladal z n druhov prvkov a každý z nich by mohol nadobúdať p stavov, potom počet všetkých možných konfigurácií U by bol

$$U = p^n. \tag{13}$$

Pre každý prechod prvku z jedného stavu do druhého je potrebné vyjadriť pravdepodobnosť prechodu. Z hľadiska takéhoto prístupu by sme za teoretickú mieru neusporiadanosti kybernetického systému $\mathbf{S}_{FG}$ ako veľkého komplexu n druhov prvkov v jeho určitom medziľahlom stave m mohli považovať tzv. konfiguračnú entropiu E_{fm}, kde v zmysle [5]

$$E_{fm} = k \log U_m, \tag{14}$$

pričom U_m je počet všetkých možných spôsobov usporiadania prvkov systému v zónach štvorcovej siete v danom medziľahlom stave m a veličina k je činiteľ vyjadrujúci mierku. Potom teoretickou mierou usporiadanosti prvkov v zónach štvorcovej siete systému $\mathbf{S}_{FG}$ zloženého z veľkého počtu prvkov by mohla byť v zmysle práce [5] tzv. konfiguračná redundancia

$$R_{fm} = 1 - \frac{\triangle E_{fm}}{\triangle E_{fv}}, \tag{15}$$

kde

$$\left.\begin{aligned} \triangle E_{fm} &= k \log (U_m - U_c) \\ \triangle E_{fv} &= k \log (U_v - U_c) \end{aligned}\right] - , \tag{16}$$

pričom $E_{fm} < E_{fv}$. Veličina k je opäť činiteľ vyjadrujúci mierku, veličina U_v vyjadruje počet možných spôsobov organizácie prvkov v počiatočnom stave, veličina U_m vyjadruje počet možných spôsobov organizácie prvkov vyhovujúcich nejakému medziľahlému stavu systému v jeho určitej vývojovej fáze, veličina U_c vyjadruje počet možných spôsobov organizácie prvkov v konečnom cieľovom stave. Ak vzťahy (16) dosadíme do rovnice (15), dostaneme po úprave

$$R_{fm} = \frac{\log (U_v - U_c) - \log (U_m - U_c)}{\log (U_v - U_c)} . \tag{17}$$

Vzhľadom na povahu prvkov v systéme $\mathbf{S}_{FG}$ i v jeho subsystémoch (5), ktoré sa skladajú z veľkého počtu prvkov, môžeme pri jeho určitých prvkoch určiť len priemerné štatistické charakteristiky ich súborov.

Jednotlivé veličiny sme vo vzťahoch (14) až (16) oproti práci [5] označili inými písmenami vzhľadom na hierarchiu označenia ostatných symbolov v našom príspevku.

Vzhľadom na správanie sa systému $\mathbf{S}_{FG}$ všimnime si teraz problém prenosu informácie vo vnútri samého systému $\mathbf{S}_{FG}$ i v subsystémoch (5) medzi jednotlivými prvkami systému v súvislosti s ich stavmi. Všimnime si celkový podnet ako vstupný vektor $\mathbf{v}_i$ nejakého prvku a_i s jeho čiastkovými podnetmi $v_{i1}, v_{i2}, \ldots$ ako zložkami vektora $\mathbf{v}_i$ a celkovú reakciu $\mathbf{w}_i$ toho istého prvku a_i ako výstupný vektor s jeho zložkami $w_{i1}, w_{i2}, \ldots$ ako čiastkovými reakciami. Počet stavov celkového podnetu $\mathbf{v}_i$ prvku a_i označme ${}^r\mathbf{v}_i$ kde $r = 1, 2, 3, \ldots$, t. j. ${}^1\mathbf{v}_i, {}^2\mathbf{v}_i \ldots, {}^r\mathbf{v}_i$. Počet stavov z celkovej reakcie (odozvy) ako výstupného vektora toho istého prvku a_i označme ako ${}^1\mathbf{w}_i, {}^2\mathbf{w}_i, \ldots, {}^s\mathbf{w}_i$. Obdobne počet stavov jednotlivých čiastkových podnetov ako zložiek vektora $\mathbf{v}_i$ prvku a_i označme indexmi vľavo hore $a, b, c, \ldots, j, \ldots$, t. j. $({}^a v_{i1}, {}^b v_{i2}, {}^c v_{i3} \ldots, {}^j v_{in})$ a počet stavov jednotlivých čiastkových reakcií $w_{i1}, w_{i2}, \ldots$ označme $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$, t. j. ${}^\alpha w_{i1}, {}^\beta w_{i2}, {}^\gamma w_{i3}, \ldots, {}^\omega w_{in} \ldots$

Zaujíma nás, ako bude v geosfére záležať počet stavov r celkového podnetu $\mathbf{v}_i$, t. j. ${}^r\mathbf{v}_i$ nejakého prvku a_i jednak na počte čiastkových podnetov $(v_{i1}, v_{i2}, \ldots)$, jednak na počte stavov každého jednotlivého čiastkového podnetu. Ten istý problém nás zaujíma pri výstupnych vektoroch $\mathbf{w}_i$ prvku a_i. Poznamenajme, že tak ako vstupný vektor $\mathbf{v}$ a výstupný vektor $\mathbf{y}$ systému $\mathbf{S}_{FG}$ menili svoje hodnoty v priestore, podobne menia aj vstupný vektor $\mathbf{v}_i$ nejakého prvku a_i a výstupný vektor $\mathbf{w}_i$ toho istého prvku a_i systému $\mathbf{S}_{FG}$ svoje hodnoty v priestore.

Predpokladajme, že pri každom čiastkovom podnete $v_{i1}, v_{i2}, \ldots$ i čiastkovej reakcii $w_{i1}, w_{i2}, \ldots$ prvku a_i môže vo zvolenom skúmanom mieste v danom časovom momente súčasne nastať len jeden stav $a_1, b_1, \ldots$, resp. $\alpha_1, \beta_2, \ldots$ z jeho možných stavov ${}^a v_{i1}, {}^b v_{i1}, \ldots$, resp. ${}^\alpha w_{i2}, {}^\beta w_{i1}, \ldots$, takže celkový podnet $\mathbf{v}$ i celková reakcia $\mathbf{w}$ v nejakom stave ${}^k\mathbf{v}_i, {}^p\mathbf{w}_i$ obsahuje pri každom svojom čiastkovom podnete i čiastkové reakcie iba po jednej hodnote jeho nejakého stavu z možných stavov, ktoré každý čiastkový podnet i čiastková reakcia môže nadobudnúť.

Ďalej pre začiatok predpokladajme, že vzájomný súčasný výskyt rôznych stavov jednotlivých čiastkových podnetov i reakcií prvku a_i je navzájom nezávislý. V skutočnosti v geosfére medzi jednotlivými hodnotami čiastkových podnetov existuje určitá rôzna miera závislostí, ktorú však pre začiatok neuvažujeme. To isté platí aj o hodnotách čiastkových reakcií prvku a_i.

Ak predpokladáme, že pri každom čiastkovom podnete i čiastkovej reakcii môže súčasne nastať iba jeden stav z celkového počtu jeho možných stavov, potom každý jednotlivý stav celkového podnetu, t. j. ${}^1\mathbf{v}_i, {}^2\mathbf{v}_i, \ldots, {}^r\mathbf{v}_i$ a celkovej reakcie ${}^1\mathbf{w}_i\ {}^2\mathbf{w}_i$,

$\ldots, {}^{s}\mathbf{w}_i$ sa skladá z takých kombinácií vytvorených z možných stavov jednotlivých čiastkových podnetov i reakcií, ktoré (tie kombinácie) ako členov obsahujú čiastkové podnety i reakcie každý v jednom z jeho možných stavov, pričom sa ani jeden čiastkový podnet ani reakcia v príslušnej kombinácii v ktoromkoľvek svojom stave nesmie vyskytnúť viac ako jeden raz.

Preto môžeme počet stavov pri jednotlivých čiastkových podnetoch i reakciách kombinovať v kombináciách obsahujúcich ako prvky z každého stavu čiastkového podnetu či reakcie jeden stav zo všetkých jeho stavov možných, t. j.

$$\left.\begin{array}{l} (a_1, b_1, \ldots), (a_1, b_2, \ldots), (a_1, b_3, \ldots), \ldots \\ (a_2, b_1, \ldots), (a_2, b_2, \ldots), (a_2, b_3, \ldots), \ldots \\ \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \\ (a_n, b_1, \ldots), (a_n, b_2, \ldots), (a_n, b_3, \ldots), \ldots \end{array}\right] - , \qquad (18)$$

nie však $(a_1, a_2, b_1, \ldots), (a_1, a_2, \ldots, b_2, \ldots), (a_1, a_2, \ldots, b_3, \ldots), \ldots$, lebo by to odporovalo uvedenému predpokladu. Tie isté zásady platia aj pre kombinácie jednotlivých hodnôt čiastkových reakcií.

Vzhľadom na uvedenú podmienku pri prvku a_i o stavoch jeho čiastkových podnetov i reakcií, počet stavov jeho celkového podnetu $\mathbf{v}_i$ a celkovej reakcie $\mathbf{w}_i$ bude

$$\begin{aligned} {}^{r}\mathbf{v}_i &= \{{}^{a}v_{i1}, {}^{b}v_{i2}, {}^{c}v_{i3}, \ldots\} \\ {}^{s}\mathbf{w}_i &= \{{}^{\alpha}w_{i1}, {}^{\beta}w_{i2}, {}^{\gamma}w_{i3}, \ldots\}, \end{aligned} \qquad (19)$$

kde veličiny r, s označujúce počet stavov celkového podnetu a celkovej reakcie nadobudnú hodnotu

$$\begin{aligned} r &= a \cdot b \cdot c \ldots \\ s &= \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \ldots \end{aligned} \qquad (20)$$

To znamená, že počet možných stavov r, s celkového vektora $\mathbf{v}_i$ celkovej reakcie $\mathbf{w}_i$ nejakého prvku a_i sa rovná súčinu možných stavov jeho čiastkových podnetov, resp. čiastkových reakcií.

Veličiny $a, b, c, \ldots$ vo vzťahoch (20) označujú všeobecne počet stavov čiastkových podnetov, veličiny $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ označujú počet stavov jednotlivých čiastkových reakcií. Pre prehľadnosť sme v uvedených vzťahoch predpokladali, že medzi stavmi jednotlivých čiastkových podnetov ${}^{a}v_{i1}, {}^{b}v_{i2}, \ldots$, ako aj čiastkových reakcií ${}^{\alpha}w_{i1}, {}^{\beta}w_{i2}, \ldots$ jestvuje nezávislosť, v dôsledku čoho počet stavov r celkového podnetu, t. j. ${}^{r}\mathbf{v}_i$ a celkovej reakcie ${}^{s}\mathbf{w}_i$ prvku a_i bol určený vzťahmi (20). V skutočnosti však v $\mathbf{S}_{FG}$ systéme medzi jednotlivými hodnotami stavov jednotlivých čiastkových podnetov i reakcií existujú rôzne stupne závislostí v tom zmysle, že určité stavy nejakého čiastkového podnetu z jeho možných stavov sa vylučujú s určitým počtom stavov iného prvku z jeho možných stavov atď., takže sa skutočný počet kombinácií jednotlivých stavov prvkov znižuje. Tu máme na mysli tú skutočnosť, že napr. stav a_3 z celkového počtu jeho možných stavov $a = 5$ by sa vylučoval so stavom b_4 podnetu v_{i2} z jeho možných stavov $b = 8$ atď., takže tie kombinácie, v ktorých sa vyskytujú ako členy tieto navzájom sa vylučujúce stavy, nemajú z hľadiska praktickej realizácie význam. Miera závislosti medzi určitými stavmi jednotlivých čiastkových podnetov je rôzna v tom zmysle, že určité kombinácie stavov sa jednak vylučujú, jednak však pri určitej množine stavov platí, že pri výskyte určitého stavu určitého podnetu môže, ale i nemusí sa vyskytnúť určité stavy iných prvkov z celkového počtu ich stavov. To znamená, že v praktickej realizácii bude počet stavov celkových podnetov určených vzťahmi (18) až (20) v skutočnosti nižší o počet kombinácií navzájom sa vylučujúcich stavov, čiastkových podnetov. Avšak kombinácie, ktoré nemusia, ale i môžu nastať, tie uvažujeme.

Zaujíma nás teda, o akú hodnotu sa zníži počet kombinácií vzájomných stavov jednotlivých podnetov s navzájom sa vylučujúcimi hodnotami stavov oproti počtu všetkých stavov možných v zmysle predpisu (20), t. j. koľko bude kombinácií obsahujúcich ako členov neprípustné stavy čiastkových podnetov. Počet týchto kombinácií označme r'.

Ak pri čiastkových podnetoch $v_{i1}, v_{i2}, \ldots$, resp. čiastkových reakcií $w_{i1}, w_{i2}, \ldots$ prvku a_i poznáme neprípustné (navzájom sa vylučujúce) stavy, ktoré sa súčasne nemôžu vyskytnúť, potom kombinácií obsahujúcich ako členov neprípustné stavy čiastkových podnetov, resp. reakcií je toľko, koľko je vzájomný súčin stavov zostávajúcich podnetov. To znamená, ak poznáme počet čiastkových podnetov a počet ich možných stavov, ako aj navzájom sa vylučujúce stavy (neprípustné kombinácie stavov), potom môžeme vypočítať počet stavov skutočných.

Nech počet možných stavov celkového podnetu v zmysle vzťahov (20) je

$$r = a \,.\, b \,.\, c \,.\, d \,.\, e \,.\, f \,.\, g \,.\, h \ldots,$$

kde v možných stavoch čiastkových podnetov sa môžu vyskytnúť nasledujúce neprípustné stavy: nejaký jeden stav čiastkového podnetu v_{i1} z jeho možných stavov a nemôže sa súčasne vyskytnúť s nejakým iným jedným stavom čiastkového podnetu v_{i3} z jeho možných stavov c, ďalej súčasne s nejakým jedným stavom čiastkového podnetu v_{i4} z jeho možných stavov d a súčasne ďalej s nejakým iným jedným stavom čiastkového podnetu v_{i7} z jeho možných stavov g atď.

Potom počet kombinácií rôznych stavov čiastkových podnetov nemajúcich význam (s navzájom sa vylučujúcimi hodnotami $a, c, d, g, \ldots$) je súčin zostávajúcich stavov pri čiastkových podnetoch, t. j.

$$r' = b \,.\, e \,.\, f \,.\, h \ldots, \tag{21}$$

takže počet skutočných stavov bude vyjadrený rozdielom

$$r - r' = a \,.\, b \,.\, c \,.\, d \,.\, e \,.\, f \,.\, g \,.\, h \ldots - b \,.\, e \,.\, f \,.\, h \ldots, \tag{22}$$

t. j.

$$r - r' = (a \,.\, c \,.\, d \,.\, g \ldots - 1)\, b \,.\, e \,.\, f \,.\, h \ldots \tag{22'}$$

Ak sa počet navzájom vylučujúcich stavov jednotlivých čiastkových podnetov v kombináciách zväčší tak, že K stavov z možných stavov a čiastkového podnetu v_{i1}, ($K \leqq a$), L stavov z možných stavov c, ($L \leqq c$), čiastkového podnetu v_{i3}. M stavov z možných stavov d, ($M \leqq d$), čiastkového podnetu v_{i4}, N stavov z možných stavov g, ($N \leqq g$), prvku v_{i7} atď. sa súčasne navzájom vylučuje, potom v predpise (21) sa jeho pravá strana zväčší o súčin členov $K \,.\, L \,.\, M \,.\, N \ldots$, takže dostaneme

$$r' = K \,.\, L \,.\, M \,.\, N \ldots b \,.\, e \,.\, f \,.\, h \ldots, \tag{23}$$

takže počet skutočne možných stavov bude po úprave daný vzťahom

$$r - r' = (a \,.\, c \,.\, d \,.\, g \ldots - K \,.\, L \,.\, M \,.\, N \ldots)\, b \,.\, e \,.\, f \,.\, h \ldots \tag{24}$$

V prípade, že $K = a$, $L = c$, $M = d$, $N = g, \ldots$, potom bude $r' = r$, t. j. $r - r' = 0$.

V zmysle predpisu (22) či (24) celkový podnet $\boldsymbol{v}_i$ prvku a_i systému $\mathbf{S}_{FG}$ nadobudne teda celkom počet stavov $\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'$, t. j. bude ${}^{r-r'}\boldsymbol{v}_i$. V FG-časti geosféry sa jednotlivé stavy ${}^{1}\boldsymbol{v}_i$, ${}^{2}\boldsymbol{v}_i, \ldots, {}^{r-r'}\boldsymbol{v}_i$ celkových podnetov menia v priebehu času v závislosti od časovej zmeny stavov jednotlivých čiastkových podnetov, pričom pri realizácii jednotlivých kombinácií vytvorených z čiastkových podnetov podľa počtu ich stavov je dôležitá i dĺžka trvania jednotlivých stavov týchto čiastkových podnetov.

Počet stavov celkových reakcií v závislosti od počtu stavov jednotlivých čiastkových reakcií, ako aj počtu samých reakcií udávajú rovnice (22) až (24) tak, ako aj pri podnetoch.

Vzťahy (20) až (24) pre počet stavov r, r' vstupného vektora $\boldsymbol{v}_i$ a počet vzťahov s, s' výstupného vektora $\boldsymbol{w}_i$ nejakého prvku a_i systému $\mathbf{S}_{FG}$ platia aj pre počet stavov r, r' vstupného vektora $\mathbf{x}$ a počet stavov s, s' výstupného vektora $\mathbf{y}$ celého systému $\mathbf{S}_{FG}$, ako aj pre počet stavov $r_{1,2,\ldots,n}$, $r'_{1,2,\ldots,n}$ vstupných vektorov $\mathbf{x}'_{1,1,\ldots,n}$ a počet stavov $s_{1,2,\ldots,n}$, $s'_{1,2,\ldots,n}$ výstupných vektorov $\mathbf{y}'_{1,2,\ldots,n}$ subsystémov $\mathbf{S}'_{FG1,2,\ldots,n}$. Indexy 1, 2, . . ., n pri vektoroch $\mathbf{x}'$, $\mathbf{y}'$a a pri indexových veličinách stavov r, r' a s, s' vpravo dolu označujú poradie jednotlivých subsystémov $\mathbf{S}'_{FG}$ v zmysle zápisu (5). Vzťahy medzi jednotlivými stavmi vstupného a výstupného vektora celého systému $\mathbf{S}_{FG}$ a vstupných a výstupných vektorov $\mathbf{x}'_{1,2,\ldots,n}$, $\mathbf{y}'_{1,2,\ldots,n}$ subsystémov (5), ako aj medzi jednotlivými zložkami týchto vstupných a výstupných vektorov vzhľadom na jednotlivé zložky vstupného a výstupného vektora $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$ celého systému $\mathbf{S}_{FG}$ môžeme zachytiť v schémach

$$\left.\begin{array}{l|l}
{}^{r-r'}\mathbf{x} & {}^{a}x_1\ ;\ {}^{b}x_2\ ;\ {}^{c}x_3\ ,\ \ldots,\ {}^{m}x_n \\ \hline
{}^{r_1-r'_1}{}_1\mathbf{x}'_1 & {}^{a_1}x'_{11},\ {}^{b_1}x'_{12},\ {}^{c_1}x'_{13},\ \ldots,\ {}^{m_1}x'_{1n} \\
{}^{r_2-r'_2}{}_2\mathbf{x}'_2 & {}^{a_2}x'_{21},\ {}^{b_2}x'_{22},\ {}^{c_2}x'_{23},\ \ldots,\ {}^{m_2}x'_{2n} \\
{}^{r_3-r'_3}{}_3\mathbf{x}'_3 & {}^{a_3}x'_{31},\ {}^{b_3}x'_{32},\ {}^{c_3}x'_{33},\ \ldots,\ {}^{m_3}x'_{3n} \\
\ldots & \ldots\ldots \\
{}^{r_n-r'_n}{}_n\mathbf{x}'_n & {}^{a_n}x'_{n1},\ {}^{b_n}x'_{n2},\ {}^{c_n}x'_{n3},\ \ldots,\ {}^{m_n}x'_{nn} \\
 & \\
{}^{s-s'}\mathbf{y} & {}^{\alpha}y_1\ ,\ {}^{\beta}y_2\ ,\ {}^{\gamma}y_3\ ,\ \ldots,\ {}^{\gamma}y_4 \\ \hline
{}^{s_1-s'_1}\mathbf{y}'_1 & {}^{\alpha_1}y'_{11},\ {}^{\beta_1}y'_{12},\ {}^{\gamma_1}y'_{13},\ \ldots,\ {}^{\omega_1}y'_{1n} \\
{}^{s_2-s'_2}\mathbf{y}'_2 & {}^{\alpha_2}y'_{21},\ {}^{\beta_2}y'_{22},\ {}^{\gamma_2}y'_{23},\ \ldots,\ {}^{\omega_2}y'_{2n} \\
{}^{s_3-s'_3}\mathbf{y}'_3 & {}^{\alpha_3}y'_{31},\ {}^{\beta_3}y'_{32},\ {}^{\gamma_3}y'_{33},\ \ldots,\ {}^{\omega_3}y'_{3n} \\
\ldots & \ldots\ldots \\
{}^{s_n-s'_n}\mathbf{y}'_n & {}^{\alpha_n}y'_{n1},\ {}^{\beta_n}y'_{n2},\ {}^{\gamma_n}y'_{n3},\ \ldots,\ {}^{\omega_n}y'_{nn}
\end{array}\right] , \qquad (24')$$

v ktorých nad horným okrajom vodorovného rámu je rozpísaný vstupný a výstupný vektor $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$ so svojimi zložkami zároveň s počtom ich jednotlivých stavov a v stĺpci pred zvislým rámom schémy sú napísané vstupné vektory $\mathbf{x}'_{1,2,\ldots,n}$ a výstupné vektory $\mathbf{y}'_{1\,2,\ldots,n}$ subsystémov (5) s celkovým počtom stavov $(r-r')_{1,2,\ldots,n}$ podľa poradia, pričom v každom riadku schémy pre príslušný vstupný a výstupný vektor subsystémov $\mathbf{S}'_{FG}$ (5) sú rozpísané zložky tohto vektora s ich jednotlivými stavmi. V jednotlivých stĺpcoch každej schémy je potom zachytené priestorové rozloženie hodnôt jednotlivých zložiek vstupného vektora $\mathbf{x}'_{1,2,\ldots,n}$ a výstupného vektora $\mathbf{y}'_{1,2,\ldots,n}$ subsystémov $\mathbf{S}'_{FG1,2,\ldots,n}$

(5), tvoriacich súčasť príslušných zložiek $x_1, x_2, \ldots, x_n$ vstupného vektora $\mathbf{x}$ a príslušných zložiek $y_1, y_2, \ldots, y_n$ výstupného vektora $\mathbf{y}$ celého systému $\mathbf{S}_{FG}$. Pre počet stavov jednotlivých zložiek každého vstupného vektora $\mathbf{x}'_{1,2,\ldots,n}$ a výstupného vektora $\mathbf{y}'_{1,2,\ldots,n}$ v stĺpcoch schémy vzhľadom na počet stavov im odpovedajúcej zložky vstupného vektora $\mathbf{x}$ a výstupného vektora $\mathbf{y}$ celého systému $\mathbf{S}_{FG}$ platí, že

$$\begin{array}{ll} a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n \leqq a & \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n \leqq \alpha \\ b_1, b_2, b_3, \ldots, b_n \leqq b & \beta_1, \beta_2, \beta_3, \ldots, \beta_n \leqq \beta \\ c_1, c_2, c_3, \ldots, c_n \leqq c & \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \ldots, \gamma_n \leqq \gamma \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ m_1, m_2, m_3, \ldots, m_n \leqq m & \omega_1, \omega_2, \omega_3, \ldots, \omega_n \leqq \omega, \end{array}$$

a teda aj pre počet stavov vstupných vektorov $\mathbf{x}'_{1,2,\ldots,n}$ a výstupných vektorov $\mathbf{y}'_{1,2,\ldots,n}$ jednotlivých subsystémov $\mathbf{S}'_{FG}$ bude vzhľadom na počet stavov vstupného vektora $\mathbf{x}$ a výstupného vektora $\mathbf{y}$ celého systému $\mathbf{S}_{FG}$ platiť, že

$$r_1 - r'_1,\ r_2 - r'_2, \ldots, r_n - s'_n = r - r'$$

$$s_1 - s'_1,\ s_2 - s'_2, \ldots, s_n - r'_n = s - s'.$$

V ďalších úvahách nás bude zaujímať, ako závisí množina stavov výstupného vektora $\mathbf{w}_i$ prvku a_i od množiny stavov vstupného vektora $\mathbf{v}_i$ ako podnetu prvku a_i v súvislosti so správaním sa prvku a_i. Správanie sa prvku a_i chápeme v zhode s (24) ako transformáciu vstupného vektora $\mathbf{v}_i$ do výstupného vektora $\mathbf{w}_i$, t. j.

$$\mathbf{w}_i = \mathbf{T}(\mathbf{v}_i) \tag{25}$$

podobne ako pri správaní sa celého systému $\mathbf{S}_{FG}$, pričom T je operátor transformácie. Transformáciu (25) možno pri prvkoch $\mathbf{S}_{FG}$ systému určiť štatisticky, ak sa však v priebehu času nemenia štatistické vlastnosti systému $\mathbf{S}_{FG}$, možno transformáciu (25) vyjadriť v tvare

$$\mathbf{w}_i = \mathbf{f}(\mathbf{v}_i), \tag{26}$$

kde $\mathbf{f}$ je pravdepodobnostnou funkciou.

Počet stavov *s reakcií* $\mathbf{w}_i$ prvku a_i záleží teda na správaní sa prvku a_i. Pre vytváranie kombinácií podľa stavov čiastkových reakcií platí, ako sme už spomenuli, tá istá zásada ako pri vstupných vektoroch, avšak počet stavov $\mathbf{w}_i$ bude rozdielny od počtu stavov celkového podnetu $\mathbf{v}_i$, čo je dané charakterom samého prvku a_i.

Majme teraz dva prvky a_i, a_j systému $\mathbf{S}_{FG}$ spojené väzbou V_{ij}. Zaujíma nás, ako sa prenáša informácia z prvku a_i na prvok a_j, a čo je zdrojom informácie pre prvok a_j v systéme $\mathbf{S}_{FG}$.

Každé oznámenie prenášané z prvku a_i na prvok a_j prislúcha nejakému stavu prvku a_i, o ktorom sa príslušné oznámenie prenáša, resp. odovzdáva prvku a_j. Stav prvku a_i je zdrojom týchto oznámení a zároveň aj zdrojom informácie pre prvok a_j.

Uvažujme teraz stavy jednotlivých prvkov a_i, a_j systému $\mathbf{S}_{FG}$ samy o sebe ako také (t. j. fakt, že súčasný stav systému $\mathbf{S}_{FG}$ i jeho jednotlivých subsystémov (5) záleží jednak na súčasných podnetoch, jednak na predošlých stavoch, ktoré sú v nich uchované v podobe vnútorných stavových veličín (11), resp. (12), bude už v úvahe zahrnutý ako podmienky pre množinu stavov $\mathbf{S}_{FG}$ i jeho prvkov). Označme pri uvažovaných prvkoch a_i, a_j množiny ich stavov symbolmi C_i, C_j, t. j.

$$\left.\begin{aligned} C_i &= (c_{i1},\ c_{i2},\ c_{i3}, \ldots\ c_{in} \\ C_j &= (c_{j1},\ c_{j2},\ c_j{}^{\varepsilon}, \ldots\ c_{jn} \end{aligned}\right] , \tag{27}$$

kde $c_{i1}, c_{i2}, \ldots c_{in}$ a $c_{1j}, c_{2j}, \ldots c_{jn}$ sú jednotlivé *stavy týchto* prvkov.

Pretože podľa povahy systému $\mathbf{S}_{FG}$, resp. jeho jednotlivých subsystémov (5) sa jednotlivé stavy pri určitých prvkoch vyskytujú častejšie alebo vzácnejšie, pričom časové rozdelenie výskytu má pravdepodobnostný charakter, majú stavy z množiny (27) rôznu frekvenciu výskytu v čase a teda aj rôznu pravdepodobnosť, ako aj rôznu mieru závislosti od seba. Ak priradíme jednotlivým stavom množín C_i, C_j (za počiatočného predpokladu, že tieto jednotlivé stavy pri oboch množinách sú navzájom od seba nezávislé) množinu pravdepodobností P_i, P_j, dostaneme schému

$$\begin{array}{c|c|l} \multirow{2}{*}{a_i} & C_i & c_{i1},\ c_{i2},\ c_{i3}, \ldots,\ c_{in} \\ \hline & P_i & p_{i1},\ p_{i2},\ p_{i3}, \ldots,\ c_{in} \\ \\ \multirow{2}{*}{a_j} & C_j & c_{j1},\ c_{j2},\ c_{j3}, \ldots,\ p_{jn} \\ \hline & P_j & p_{j1},\ p_{j2},\ p_{j3}, \ldots,\ p_{jn} \end{array} \tag{28}$$

takže za predpokladu, že súčasne sa môže pri každom z prvkov a_i, a_j vyskytnúť iba jeden stav, entropia stavov C_i, C_j uvažovaných prvkov a_i, a_j bude

$$\left.\begin{aligned} H(a_i) &= -\ (p_{i1}) \log\ (p_{i1}) - (p_{i2} \log\ (p_{i2}) - \ldots - (p_{in}) \log\ (p_{in}) \\ H(a_j) &= -\ (p_{j1}) \log\ (p_{j1}) - (p_{j2} \log\ (p_{j2}) - \ldots - (p_{jn}) \log\ (p_{jn}) \end{aligned}\right] . \tag{29}$$

Pretože však jednotlivé stavy v množine C_i a v C_j nie sú navzájom od seba nezávislé, ale vykazujú rôznu mieru závislostí, výrazy pre entropiu $H(a_i)$, $H(a_j)$ budú modifikované touto závislosťou. Ponechajme však aj modifikovaným výrazom pre entropiu ich všeobecné označenie $H(a_i)$, $H(a_j)$.

Keďže stav prvku a_i je pri väzbe V_{ij} informáciou pre prvok a_j (t. j. stav prvku a_j je závislý od výskytu stavu prvku a_i), bude entropia množiny stavov C_j prvku a_j záležať na tom, ktorý stav c_{ik} z množiny stavov C_i prvku a_i sa realizoval. Toto v zmysle teórie informácie [22] môžeme v upravenej forme vyjadriť ako

$$H(a_i,\ a_j) = H(a_i) + H_i(a_j), \tag{30}$$

kde výraz

$$H_{a_i}\ (a_j)$$

je tzv. stredná podmienená entropia, podmienená entropiou stavov C_j prvku a_j za podmienky realizácie nejakého stavu c_{ik} prvku a_i z množiny jeho stavov C_i, pričom podľa teórie informácie platí, že

$$0 \leqq H_{a_i}\ (a_j) \leqq H(a_j).$$

Akýkoľvek výskyt nejakého stavu prvku a_i z množiny jeho stavov C_i, ktorý predchádza realizácia nejakého stavu pri prvku a_j z množiny jeho stavov C_j, obmedzuje množstvo realizácie stavov pri prvku a_j z jeho možných stavov a teda znižuje stupeň neurčitosti jeho stavov. Potom podľa teórie informácie v zmysle [9] veličina

$$I(a_i, a_j) = H(a_j) - H_{a_i}(a_j) \quad (31)$$

nám podáva obraz o tom, že o koľko zmenšuje realizácia nejakého stavu c_{ik} prvku a_i z množiny jeho stavov C_i neurčitosť realizácie stavov z množiny C_j prvku a_j. Preto veličina (31) sa volá informácia o množine stavov C_j, obsiahnutá v C_i, alebo aj tzv. negentropia.

Miera neurčitosti, že nejaký stav z množiny C_i daných stavov nejakého prvku a_i systému $\mathbf{S}_{FG}$ nastane, je mierou množstva inofrmácie pre jeden stav.

Podotkli sme už, že procesy v geosfére majú pravdepodobnostný charakter. Čo je zdrojom informácií pre nás? Zdrojom informácií sú jednotlivé komponenty FG-časti geosféry, ktoré do procesu vstupujú a stavy týchto komponentov. Z tohto hľadiska môžeme v geosfére hovoriť o entropii zdroja alebo zdrojov informácií. Keďže všetky procesy v geosfére ako systéme $\mathbf{S}_{FG}$ majú vzhľadom na svoju zložitosť a mnohotvárnosť pravdepodobnostný charakter, majú zároveň z tohto hľadiska v tom tú spoločnú vlastnosť, že existuje v nich vždy určitá množina možných oznamov z nejakého prvku a_i na prvok a_j atď., zároveň s množinou početností alebo pravdepodobnosti výskytu jednotlivých oznamov.

V súvislosti s informáciou a jej množstvom prenášanom podľa vzájomných väzieb jednotlivých prvkov systému $\mathbf{S}_{FG}$ z jedného nejakého prvku a_i na iný prvok a_j dotknime sa vo všeobecných reláciách problému prenosu informácie medzi jednotlivými prvkami a_i, a_j tohto systému, $\mathbf{S}_{FG}$ i medzi jeho subsystémami $\mathbf{S}'_{FG}$.

Vo fyzicko-geografickej zložke geosféry ako kybernetickom systéme $\mathbf{S}_{FG}$ ide o prenos informácie jednak v jej jednotlivých subsystémoch (5), t. j. v ich vnútri medzi jednotlivými prvkami podľa ich vzájomných väzieb, jednak medzi týmito subsystémami, napr. na ilustráciu výmena vzduchových hmôt atď., ktorých frekvenciu a pravdepodobnosť výskytu určitých typov týchto vzduchových hmôt, ako aj dĺžku ich trvania pre určité miesto môžeme vzhľadom na iné prvky daného subsystému ponímať z hľadiska informačného ako frekvenciu stavov atmosféry (ako prvku a_2 systému $\mathbf{S}_{FG}$). Ak je teda v uvažovanom systéme $\mathbf{S}_{FG}$ stav nejakého jedného prvku a_i informáciou pre iný s ním spojený prvok a , potom signál, ako sme to už načrtli v úvodnej časti, je energetický proces, ktorý vyvolava zmenu stavu prvku a_j v dôsledku zmeny stavu prvku a_i, čiže je to fyzikálno-chemický pochod nesúci informáciu. Kanálom v kybernetickom zmysle v našom prípade sú jednotlivé prvky FG-časti geosféry ako systému $\mathbf{S}_{FG}$, ktoré v jednotlivých funkčných podobách odovzdávajú podľa väzieb jeden druhému ininformáciu. Pod priepustnosťou kanála musíme, podľa nášho názoru, v systéme $\mathbf{S}_{FG}$ rozumieť jednak maximálnu rýchlosť, za aký čas nasledujúci nejaký prvok a_j systému $\mathbf{S}_{FG}$ závislý od predošlého prvku a_i v zmysle väzby $\mathbf{v}_{ij}$ je schopný prijať na vedomie zmenený stav predošlého prvku a_i a jednak veľkosť frekvencie týchto stavov za čas t potrebných na zmenu stavu uvedeného nasledujúceho prvku a_j.

Na všeobecnú ilustráciu o prenose informácie medzi jednotlivými subsystémami $\mathbf{S}'_{FG}$, ako jednu z viacerých možností uveďme opäť cirkuláciu atmosféry a s ňou súvisiacu výmenu rôznych vzduchových hmôt medzi jednotlivými častiami zemského povrchu. Tieto rôzne vzduchové hmoty ovplyvňujú v príslušnej časti zemského povrchu ostatné tamojšie prvky a ich stavy a naopak samy sú nimi spätne ovplyvňované. I v tomto zmysle napriek tomu, že jednotlivé časti zemského povrchu s jednotlivými subsystémami vykazujú určitý väčší alebo menší stupeň nezávislosti od seba, sú vo vzájomnej interakcii. Uvažujme ako príklad fyzikálny stav atmosféry (ako prvku a_2 systému $\mathbf{S}_{FG}$), pričom berme do úvahy ukazovatele tlak, teplotu, vlhkosť, veľkosť a smer vetra, zrážky atď., v určitom časovom intervale dt, t. j. uvažujme počasie ako vektor $\mathbf{P}$ so zložkami P_1,

$P_2, \ldots, P_n$. Súčasne si v priebehu času vo zvolenom mieste všimnime jednotlivé stavy počasia, t. j. stavy ${}^1\boldsymbol{P}$, ${}^2\boldsymbol{P}$, ... vektora $\boldsymbol{P}$, ich frekvenciu (i dĺžku trvania) týchto jednotlivých stavov. Ak uvažujeme priestorové rozloženie jednotlivých subsystémov (5), potom aj vektor $\boldsymbol{P}$ so svojimi zložkami má v tom istom časovom momente v priestore rôzne hodnoty pre každú zložku P_1, P_2, pohybujúcu sa v určitých veľkostných intervaloch, charakteristických pre tú alebo onú časť priestoru. To môžeme vyjadriť už v zmysle predošlých schém v schéme

$\boldsymbol{P}$	$P_1, P_2, P_3, \ldots, P_m$
$\boldsymbol{P}'_1$	$P'_{11}, P'_{12}, P'_{13}, \ldots, P'_{1m}$
$\boldsymbol{P}'_2$	$P'_{21}, P'_{22}, P'_{23}, \ldots, P'_{1m}$
...	.....
$\boldsymbol{P}'_n$	$P'_{n1}, P'_{n2}, P'_{n3}, \ldots, P'_{nm}$,

v ktorej nad horným vodorovným rámom je vyjadrený vektor $\boldsymbol{P}$ so svojimi zložkami, pred zvislým rámom schémy sú vyjadrené jednotlivé vektory $\boldsymbol{P}'_1$, $\boldsymbol{P}'_2, \ldots$ podľa poradia pre subsystémy (5) a vo vnútri schémy v jednotlivých jej riadkoch sú zložky týchto vektorov P'_1, $P'_2, \ldots$ V jednotlivých stĺpcoch schémy sú potom zachytené hodnoty príslušnej zložky $P_1, P_2, \ldots$ vektora $\boldsymbol{P}$ v priestore podľa subsystémov $\mathbf{S}'_{FG}$. Súčasne vo fytosfére ako časti biosféry (biosféra ako prvok a_4 celkového systému $\mathbf{S}_{FG}$) uvažujme ako množinu $\mathbf{R}$ systém rastlinných spoločenstiev, ktorej prvkami $F_1, F_2, \ldots$ (množiny $\mathbf{F}$) budú rastlinné spoločenstvá so svojimi zložkami. Priestorové rozloženie rastlinného systému $\mathbf{F}$ podľa subsystémov $\mathbf{S}'_{FG}$(5) v zmysle schém (5a) vyjadrime v schéme

$\mathbf{F}$	$F_1, F_2, F_3, \ldots, F_m$
$\mathbf{F}'_1$	0 , 1 , 1 , ... , 0
$\mathbf{F}'_2$	1 , 0 , 0 , ... , 1
...	......
$\mathbf{F}'_n$	1 , 1 , 0 , ... , 1 ,

v ktorej nad horným vodorovným rámom je rozpísané rastlinstvo so svojimi zložkami, pred zvislým rámom schémy sú rozpísané jednotlivé podmnožiny $\mathbf{F}'_1$, $\mathbf{F}'_2, \ldots$ podľa poradia jednotlivých subsystémov (5). Vo vnútri schémy v jej jednotlivých riadkoch sú potom rozpísané jednotlivé zložky rastlinných spoločenstiev ako prvky podmnožín $\mathbf{F}'_1, \mathbf{F}'_2, \ldots$, ktoré tvoria tieto jednotlivé spoločenstvá. Ak sa príslušný prvok F_1, $F_2, \ldots$ množiny $\mathbf{F}$ v podmnožine $\mathbf{F}'_1$, $\mathbf{F}'_2$ vyskytuje v danom subsystéme $\mathbf{S}'_{FG}$, napíšeme pod príslušný prvok množiny $\mathbf{F}$ číslo 1, ak sa nevyskytuje, označíme to číslo 0, takže platia všetky podmienky ako v schémach (5a) a v zápisoch (5'), (5"). Súčasne so subsystémami (5) sa v závislosti i od rastlinných systémov ako množiny $\mathbf{F}$ budú priestorovo diferencovať bioklimatické typy pôd ako stavy $\mathbf{D}$ jednotlivých zložiek pedosféry (pedosféra ako celok je v systéme $\mathbf{S}_{FG}$ označená ako prvok a_5), čo by sme obdobne mohli vyjadriť v schéme, v ktorej by bola zachytená priestorová diferenciácia množiny pôd. Medzi uvedenými veličinami $\boldsymbol{P}$, $\mathbf{F}$, $\mathbf{D}$ predpokladajme pre jednoduchosť iba väzby $\mathbf{v}_{PF}$, $\mathbf{v}_{FD}$, $\mathbf{v}_{DF}$, čo označme ako $\boldsymbol{P} \to \mathbf{F}$, $\mathbf{F} \leftrightarrows \mathbf{D}$. Vezmime do úvahy určitý subsystém

$\mathbf{S'}_{FG_r}$ a teda aj určitý vektor $\boldsymbol{P}'_r$ ako aj $\mathbf{F}'_r$ a jemu odpovedajúce zloženie bioklimatického typu pôd $\mathbf{D}_r$.

Vyjadrime pravdepodobnosť určitých stavov ${}^d\boldsymbol{P}_r$ z jeho možných stavov ${}^1\boldsymbol{P}_r, {}^2\boldsymbol{P}_r, \ldots, {}^m\boldsymbol{P}_r$ v danom subsystéme $\mathbf{S'}_{FGr}$ v jednotlivých obdobiach roka, t. j. v čase t, ako aj pravdepodobnosť trvania dĺžky určitého typu ${}^d\boldsymbol{P}'_r$ a entropiu H $({}^d\boldsymbol{P}'_r)$ týchto stavov v určitom ročnom období. Zároveň uvažujme množinu stavov ${}^1\mathbf{F}'_r$, ${}^2\mathbf{F}'_r, \ldots$ podmnožiny $\mathbf{F}'_r$ v priebehu roka, t. j. v čase t. Ako sme už v predošlých častiach príspevku spomenuli, tieto stavy vektora $\mathbf{P}'_r$ i pomnožiny $\mathbf{F}'_r$ tvoria v priebehu roka relatívne uzatvorený cyklus (uvažujeme opäť mierny zemepisný pás). Zaujíma nás frakvencia týchto stavov, aby sme mohli vyjadriť entropiu $H(\boldsymbol{P}'_r)$, $H(\mathbf{F}'_r)$ a $H(\mathbf{F}'_r, \boldsymbol{P}'_r)$. Ak by sme uvažovali frekvenciu výskytu určitých stavov vektora $\boldsymbol{P}'_r$ v priebehu roka v jeho jednotlivých obdobiach a pravdepodobnosť výskytu týchto stavov v priebehu t, ako aj časovú dĺžku trvania týchto jednotlivých stavov, potom (ako je to známe z klimatických spracovaní) určitý stav jednotlivých zložiek vektora $\boldsymbol{P}'_r$ a teda aj určitý stav ${}^d\boldsymbol{P}'_r$ vektora $\boldsymbol{P}'_r$ sa vyskytuje v určitom zoskupení s inými jeho stavmi v priebehu ročných období častejšie ako ostatné stavy. Teda v určitom období je nástup určitého stavu v súvislosti s ostatnými stavmi pravdepodobnejší ako výskyt ostatných stavov.

Keďže platí väzba $\mathbf{v}_{PF}$ (t. zn. $\mathbf{P} \to \mathbf{F}$), v závislosti od stavov ${}^1\boldsymbol{P}_r$, ${}^2\boldsymbol{P}_r, \ldots$ vektora $\boldsymbol{P}'_r$, menia sa aj stavy ${}^1\mathbf{F}'_r$, ${}^2\mathbf{F}'_r, \ldots$ podmnožiny $\mathbf{F}'_r$ s jej zložkami, pričom v závislosti od frekvencie stavov vektora $\boldsymbol{P}'_r$ vyskytujú sa určité stavy podmnožiny $\mathbf{F}'_r$ v určitých zoskupeniach majúcich svoju frekvenciu. Rýchlosť prenosu informácie z $\boldsymbol{P}'_r$ na $\mathbf{F}'_r$ závisí aj od doby a dĺžky pôsobenia príslušných stavov ${}^d\boldsymbol{P}'_r$ na podmnožinu $\mathbf{F}'_r$. Možno napr. povedať, že ak rastie stredná doba teplých dní na jar, je pravdepodobnosť biologickej aktivizácie rastlín vyššia ako pri menšej strednej dobe. Preto rastlinstvo $\mathbf{F}'_r$ prijme nejaký stav ${}^d\boldsymbol{P}'_r$ „na vedomie" v čase úmernom informácii obsiahnutej v $\boldsymbol{P}'_r$.

Obdobné príklady by bolo možné uviesť i z modelačného procesu na reliéfe a z iných oblastí geosféry. Keďže sa každý stav fixuje v prvkoch systému $\mathbf{S}_{FG}$ v podobe už spomenutých vnútorných stavových veličín, súčasný stav nezáleží iba na stave predchádzajúcim, ale aj na ďalších predošlých stavoch a na súčasných podnetoch.

Za určitého relatívne ustáleného počtu ročných cyklov a v nich stavov $\boldsymbol{P}'_r$ (za určitý počet n rokov, t. j. za nejaký čas T) je informácia v ňom obsiahnutá za jednotlivé ročné doby stála. Na túto informáciu reaguje podmnožina $\mathbf{F}'_r$ i s množinou svojich stavov v priebehu n rokov ustálene a v súvislosti s tým ustáli sa v danom subsystéme $\mathbf{S}'_{FGr}$ aj počet bioklimatických typov pôd $\mathbf{D}_r$, t. j. určitá množina stavov ${}^s\mathbf{D}_r$. Ak ale nastáva postupná zmena podnebia, mení sa aj množstvo informácie obsiahnuté v dlhodobom režime stavov vektora $\boldsymbol{P}'_r$, čo sa prejaví i na „správaní" sa rastlinných spoločenstiev podmnožiny $\mathbf{F}'_r$, ktoré v priebehu určitej doby reagujú po objavení sa zmeneného signálu. Je zrejmé, že postupne dochádza v danom mieste k zmene rastlinných spoločenstiev, t. j. k zmene podmnožiny $\mathbf{F}'_r$ a tým aj po určitom čase k zmene množiny $\mathbf{D}_r$.

Uvedené známe príklady mienili sme ako ilustráciu na naše úvahy, nemajú preto vyčerpávajúcu povahu.

Geografická mapa nám poskytuje priestorový obraz rozloženia jednotlivých prvkov systému $\mathbf{S}_{FG}$ a jeho subsystémov (5) v priestore. Medzi mapou ako obrazom priestorového rozloženia jednotlivých subsystémov (5) systému $\mathbf{S}_{FG}$ a systémom vlastným je však vzťah homomorfný, čo je dané generalizáciou prvkov systému $\mathbf{S}_{FG}$ v mape, závislou od mierky k.

Preto priestorové rozloženie jednotlivých prvkov systému $\mathbf{S}_{FG}$ a vymedzenie jeho jednotlivých subsystémov by sme mohli študovať v mape ako ploche považovanej za spojité skalárne pole, ktorá rozdelená do jednotlivých polí, tzv. zón, pomocou nejakej napr. štvorcovej siete nám dáva obraz o priestorovej usporiadanosti systému. V takto rozdelenej mape do jednotlivých zón sa totiž v každom poli jej siete nachádza určitý počet rôznych prvkov systému $\mathbf{S}_{FG}$. Čím je systém organizovanejší, tým je priestorová diferenciácia v zmysle rozloženia jednotlivých prvkov systému $\mathbf{S}_{FG}$ v jednotlivých poliach siete, ako aj ich vzájomne si odpovedajúca skladba väčšia a jednotlivé polia siete budú spolu tvoriť väčšie skupiny spoločnej skladby i organizácie prvkov.

Ako sme už spomenuli, veľkú úlohu má mierka k. V zápisoch (14) až (16) pre priestorovú entrópiu a redundanciu sa neuvažuje s deformáciami (skresleniami) v mape, ale len s nedeformovanou plochou, ktorú možno považovať za plán, resp. mapu tak veľkej mierky, že deformácie (skreslenia) možno z hľadiska postaveného kritéria zanedbať. Polohu každého prvku systému $\mathbf{S}_{FG}$ v mape ako jeho obraze môžeme vyjadriť pomocou súradníc X, Y, pričom

$$\left.\begin{aligned} X &= F_1\,(\varphi, \lambda, z, w_1, w_2, \ldots, w_n) \\ Y &= F_2\,(\varphi, \lambda, z, w_1, w_2, \ldots, w_n) \end{aligned}\right] \tag{32}$$

kde F_1, F_2 sú nejaké funkcie pre zobrazenie, veličiny φ, λ, sú zemepisné súradnice podľa poradia zápisu zemep. šírka a dĺžka, veličina z je zápis obsahujúci ďalšie priestorové prvky (nadmorská výška, orientácia reliéfu, sklon reliéfu) a veličiny $w_1, w_2, \ldots, w_n$ sú výstupné údaje prvkov systému $\mathbf{S}_{FG}$. Ak by sme uvažovali väčšie priestorové celky, potom veličiny φ, λ by boli premenné, kým pre menšie priestorové celky, kde by sme mohli zakrivenie zemského povrchu zanedbať, by mali pre príslušné vymedzené územie konštantné hodnoty, pričom by sa neuvažoval ani deformačný činiteľ v mape.

Ak by sme z uvedených hľadísk vyhraničovali oblasti jednakého správania sa systému $\mathbf{S}_{FG}$, potom tieto oblasti by boli v geografickej mape vyhraničené čiarami ako uzatvorenými krivkami.

Jozef K r c h o

NATURAL PART OF THE GEOSPHERE AS CYBERNETIC SYSTEM AND ITS EXPRESSION IN A MAP.

The numbers in square brackets represent the order in the list of references, the numbers in parentheses do the order of the individual mathematical formulations in the text.

In the article the author deals with question of cybernetic concept of the geosphere. The geosphere is considered as a self-regulation dynamical system $\mathbf{S}_G = \{\mathbf{S}_{FG}, \mathbf{S}_{AG}\}$, where the subsystem $\mathbf{S}_{FG}$ represents the natural part of the geosphere and the subsystem $\mathbf{S}_{AG}$ represents the anthroposphere together with the complex activity of human society in space. Both these subsystems are in a mutual interaction. Each system has its own environment designated by the symbol a_0. The author considers as the environment a_0 of the system $\mathbf{S}_{FG}$ in the sense [24] all the elements that for any reason are not included in the system but that the system is in a reciprocal interaction with. The main stress of the work is laid to the natural part of the geosphere, which is for briefness' sake designated in the text as the FG-part of the geosphere. From this point of view the author conceives the FG-part of the geosphere as the system $\mathbf{S}_{FG}$ whereas the system $\mathbf{S}_{AG}$ is a component of the environment a_0 of the system $\mathbf{S}_{FG}$, i. e. $a_0 = \mathbf{S}_{AG}, \ldots$, with which the system $\mathbf{S}_{FG}$ is in a mutual interaction. From the human

geographical point of view the main stress of approach would be in the subsystem $\mathbf{S}_{AG}$, which would be from this point of view as a self-individual system, the system $\mathbf{S}_{FG}$, i. e. $a_0 = \mathbf{S}_{FG}$, ... being, in its turn, a component of its environment. From the point of view conceived like this the object of all geography is then all the geosphere as the cybernetic system $\mathbf{S}_G = \{\mathbf{S}_{FG}, \mathbf{S}_{AG}\}$.

At the same time a differentiative level of the system $\mathbf{S}_{FG}$ and of its individual elements is considered. As the lowest differentiative level considered by the author from the point of view of the aim followed by him the level, when the individual basic components of the FG-part of the geosphere, i. e. lithosphere a_1, atmosphere a_2, hydrosphere a_3, biosphere a_4, and pedosphere a_5 are considered as non-differentiated elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$. These elements make a set $\mathbf{G}_{FG}$ (1). If to the elements of the set (1) also the environment of the system a_0 is considered, a set (2) is formed. Let each element of the set (2) be defined by a set of input vectors $\mathbf{v}$ (inputs) as stimuli and by a set of output vectors $\mathbf{w}$ (outputs) as reactions. The set of all dependences $\mathbf{r}_{ij}$ (where $i, j, = 0, 1, 2, \ldots$) between the elements of the set (2) is designated by the symbol $\mathbf{R}$. As inputs $\mathbf{v}$ at the individual elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$ can be considered their parts that they receive stimuli from the outside through and as outputs $\mathbf{w}$ can be considered those parts of the same elements that these elements act upon their environment with. In the FG-part of the geosphere, however, even the whole elements (1) can function simultaneously as inputs even as outputs, namely in the sense, that each element in one form receives stimuli from the outside — it functions as an input, but in another, changed functional form the same whole element exerts influence upon its own environment — it functions as an output. Therefore the FG-part of the geosphere as the system $\mathbf{S}_{FG}$ can be expressed as (3). By elevating the differentiative level the element of the set $\mathbf{G}_{FG}$ (1) can further be discriminated and their further components as elements of those elements expressed. That means that from the point of view of the higher differentiative level each element in the set $\mathbf{G}_{FG}$ consists of further components expressed in the statement (4), where $a_{11}, a_{12}, \ldots$ are the individual components of the lithosphere etc. up to $a_{41}, a_{42}, \ldots$ the individual components of the biosphere, and $a_{51}, a_{52}, \ldots$ the individual components of the pedosphere. That means that each original element in the set $\mathbf{G}_{FG}$ makes a set of further elements. The number of these new elements is different in each set. These discriminated elements of the sets (4) as elements of each original element have in different parts of space in the geosphere a different distribution. That means that some categories of elements of the set (4) occur differentiately in some spatial parts of the geosphere, but some occur in all parts of the geosphere. Preserving the basic couplings between elements a change in processes in the individual parts of the geosphere corresponds to the change in the distribution of elements (4) in space and time.

The cybernetic system $\mathbf{S}_{FG}$ can be therefore divided by space into the individual subsystems (5), in which $\mathbf{G}'_{FG_1}, \mathbf{G}'_{FG_2}, \ldots$ are the sets of the elements of the individual subsystems as their universe and $\mathbf{R}'_{FG_1}, \mathbf{R}'_{FG_2}$ are the sets of dependences between the individual elements on the one hand and between the elements and the environment of a subsystem on the other. The sets of elements $\mathbf{G}'_{FG}$ of the individual subsystems (5) can after specifying be expressed as (5'), for the number and order of elements as for the individual elements of these sets the condition (5'') holding good, since the elements of the individual elements (5') are selected from the elements of the individual elements of the sets (4).

From the point of view of a chosen criterion and of a differentiative level the subsystems (5) will make in space the individual wholes either as the individual zones or wholes inside of these zones.

The present state of the FG-part of the geospehere as of the system $\mathbf{S}_{FG}$ (3) with its subsystems (5) is considered by the author as a result of the reciprocal action and of the distribution of the individual components of the geosphere (geographical factors) as of the elements (4) of this system in their spatial distribution (5') on the earth's surface under the condition (5), the ratio of representation of these elements in the sense of the condition (5) as well as intensity of their mutual action being mutually changed in space and time. The system $\mathbf{S}_{FG}$ is then differentiated in the sense of spatial distribution to subsystems (5), which change by time.

The individual components of the geosphere as the elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$ cause in their spatial distribution by mutual action (according to the couplings that they are mutually connected by) in time processes resulting in changes of their own states (states within the process) on the one hand and of the states of the individual components of the geosphere as of its elements on the other.

In this work, the author takes account of the processes from the point of view of their states, that means the number of states, the changes in states of the processes as well as the change of states and the frequency of states at the elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$, which take part in the processes. The processes in the geosphere are of a probability nature (as stochastic processes). That is why the states of the individual components of the FG-part of the geosphere (from the point of view of their frequency and number) are of a probability nature, too.

Let us suppose the FG-part of the geosphere as the system $\mathbf{S}_{FG}$ in consequence of the processes taking place in it to tend under the certain stable conditions at a time T since a certain starting-point (initial state), when these conditions started their influence, to the certain final state, to the so called state of equilibrium. In this connection it is not important whether this state of equilibrium will happen in nature or not, because it can be applied to the fact that a change in conditions arises and in consequence of their change also a change in processes, and thence consequently a change from the state of equilibrium as the final one to another state, even before reaching the state of equilibrium. This aspect is important here, namely as the logical assumption that this state of equilibrium does exist from the theoretical point of view as a possible one. As the initial stage let be considered theoretically the stage after the conditions consolidated, when new conditions started their influence. In the FG-part of the geosphere in reality it will be evidently a state after a relative consolidation of the conditions that certain processes will gain a persistent preponderance under.

The states in the geosphere can be conceived from the point of view of two timely aspects:

a) states within one year, during one year changing (every year is conceived as a relatively closed cycle), i. e. within a time t, the states being characterized according to the individual subsystems (5) by the internal state quantities (11); that means that the form (11) catcnes the internal state quantities of the subsystems (5) during one year as a relatively closed cycle. Well, if the time t is considered, the behavior of the system $\mathbf{S}_{FG}$ during one year is studied. (The states are different in the individual geographical zones.)

b) states of the FG-part of the geosphere as of the system $\mathbf{S}_{FG}$ during r_n years, where $n = 1, 2, 3, \ldots$, i. e. during a time T, the states being characterized in the individual subsystems (5) by the resulting internal state quantities (12). That means, that if the system $\mathbf{S}_{FG}$ tends to a final state, then after each year passed or after r_s years passed the previous states have preserved in the individual subsystems (5) in the shape of certain resulting stage quantities $s'_1, s'_2, \ldots, s'_q$ forming in the individual substems (5) the sets $\mathbf{S}'_1, \mathbf{S}'_2, \ldots, \mathbf{S}'_n$ (see (12)).

At the individual elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$ input (input vector) has been designated by the symbol $\mathbf{v}$, output (output vector) by the symbol $\mathbf{w}$. Let's designate the input (input vector) for the whole system $\mathbf{S}_{FG}$ by the symbol $\mathbf{x}$ and the output (output vector) by the symbol $\mathbf{y}$. The vectors with their components are expressed by the form (7). The vectors $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$ (7) gain in the individual subsystems (5) in space for the same instant of time the values (8) accordingly designated by the order of subsystems in the form (5).

The behaviour of the FG-part of the geosphere as of the cybernetic system $\mathbf{S}_{FG}$ will be characterized as a dependence between the vector $\mathbf{x}$ and vector $\mathbf{y}$ expressed as the transformation $\boldsymbol{T}$ of the vector $\mathbf{x}$ to vector $\mathbf{y}$ (9), 6here $\boldsymbol{T}$ is the operator of transformation. Regarding the nature of processes in the geosphere the transformation (9) can be determined statistically only. If the statistical properties of the system are not changing, the transformation can be expressed in the form (10), where $\boldsymbol{f}$ is a function of probability. The behaviour of the system $\mathbf{S}_{FG}$ depends also on the frequency of stages ${}^1\mathbf{x}, {}^2\mathbf{x}, \ldots$ of the vector $\mathbf{x}$ in the course of time. The present state of the system, however, depends also on the previous states of the system preserved in it in a shape of internal quantities of state already mentioned. The present state of the system $\mathbf{S}_{FG}$ is then a reflection of its own previous states on the one hand and of the present values of the input vector $\mathbf{x}$ on the other.

Let us try to solve the organization measure of spatial arrangement of the subsystems (5) by means of the so called entropy of configuration and redundance of configuration (14) up to (17). Let us divide the geographical map considered as a continuous scalar field by means of the tetragonal net to the individual zones. The division must be sufficiently close. The map affords a spatial picture of distribution of the individual elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$ and of its subsystems (5) in space. There is, however, a homomorphous relation between the map as a picture of spatial distribution of the individual subsystems (5) of the system $\mathbf{S}_{FG}$ and the system itself, which is given by the generalization of elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$ in the map depended on a scale k.

Let us consider the initial state, inter-lying state and final state of equilibrium of the system $\mathbf{S}_{FG}$. At the initial state from point of view of new conditions the elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$ are not arranged in the net fields, at an inter-lying state they show a certain measure of arrangement, and at the final state the individual net fields are configurated according to the mutually corresponding structure of the individual kinds of elements in them to wholes forming the substems (5). In the formulas (14) up to (17) the symbols indicate the following: E_{fm} — configurational entropy, R_{fm} — configurational redundance, U_v — number of the ways possible in organizing the elements at the initial state, U_m — number of the ways possible in organizing the elements at an inter-lying state in a certain evolutional phase of the system $\mathbf{S}_{FG}$. U_c — number of the ways possible in organizing the elements at the final state, k — quantity expressing a scale.

The more organized the system the greater is the spatial differentiation in distribution of the individual elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$ in the individual net fields and the more stable is the mutually corresponding structure of these elements, whereby the larger groups of a common structure even of the organization of elements will be constituted by the individual net fields.

Regarding the nature of the elements in the system $\mathbf{S}_{FG}$ even in its subsystems (5) consisting of a great number of elements, at its certain elements average statistical characteristics of their sets only can be established.

As to the situation of each element (if need be the situation of the net field at each element as of a statistical set) in the map, let us try to express it, in general, by the form (32), where F_1, F_2 are functions for mapping, the quantities φ, λ are geographical coordinates (geographical latitude and longitude), the quantity z is a form including the further spatial elements (altitude above sea level, orientation of relief, gradient of relief) and the quantities $w_1, w_2, \ldots$ are the output data of the elements of the system $\mathbf{S}_{FG}$. If larger spatial wholes considered, then the quantities φ, λ would be variable whereas for lesser spatial wholes, where the curvature of the earth's surface is omissible, the quantities φ, λ would have got constant quantities for an adequate area determined, not the deformative factor on map being considered.

If the regions of an equal behaviour of the system $\mathbf{S}_{FG}$ were determined from the points of view mentioned, then these regions would be bounded in the geographical map by lines as closed curves.

From the Slovak translated by A. Krajčír

LITERATÚRA

1. A n u č i n V. A., *Teoretické problémy geografie* (český preklad), Praha 1962. — 2. A r m a n d D. L., *Funkčné korelatívne vzťahy vo fyz. geografii,* Zemepisný sborník II, 1—2, Bratislava 1950. — 3. A s h b y R o s s W., *Kybernetika* (preklad), Praha 1961. — 4. B e n e š J., *Statistická dynamika regulačních obvodů,* SNTL, Praha 1961. — 5. B e n e š J., *Kybernetické systémy s automatickou organizací,* Academia Praha 1966. — 6. B e l l m a n R., *Adaptive Control Processes,* A Gnied Tour. Princeton University Press. Princeton 1961. — B e r r y B. J. L., *Aproaches to Regional Analysis:* A Synthesis, Anals of the Ass. of Amer. Geogr. 1964, N. 1. — 8. B u n g e W., *Theoretical Geography* (ruský preklad), Moskva 1967. — 7. C a r o l H., *Grundsätzliches zum Landschaftsbegriff,* Pett. Geogr. Mitt. 101 J., 1957, H. 2. — 10. C a r o l H. — N e e f f E., *Zehn Grundsätze über Geographie und Landschaft,* Pett. Geogr. Mitt. 101 J., 1957, H. 2.

11. C a r o l H., *Zur Theorie der Geographie,* Festschrift zu 60 Geburtstag von H. Bobek. Mitt. d. Öster. geogr. Gess. B. 105/1963, Wien 1963. — 12. C h o r l e y R. J., *Geomorphology and General Systems Theory,* Geological Survey, Proffessional Papres 500 B. 1962. — 13. C h o r l e y R. J., *Geography and analogue Theory,* Anals of the Assoc. of Amer. Geogr. 54, 1964. — 14. D e v d a r a n i A. S., *Matematičeskij analiz v geomorfologii,* Izd. „Nedra", Moskva 1967. — 15. D e v d a r i a n i A. S., *Geomorfologia — Matematičeskije metody,* Izd. ANSSSR, Moskva 1966. — 16. G r i g o r i j e v A. A., *Teoretičeskije problemy sovremennoj fizičeskoj geografii.* Sborník prác: Razvitije i preobrazovanije geografičeskoj sredy, Izd. Nauka Moskva 1964. — 17. M a r t s h o r n e R., *The Natur of Geography,* Annal Ass. of Amer. Geogr. 29, 34, 1939. — 18. M a r t s h o r n e R., *Perspective on the Nature of Geography.* Chicago 1959. — 19. H a m p l M., *Geografie a poznání světa,* Filosof. čas. ČSAV č. 1, 1966. — 20. H a m p l M., *Příspěvek k teorii regionu,* Zbohník ČSSZ, č. 2, 1966.

21. H o w a r d R., *Dynamic Programming and Markov Processes,* The Technology Press of MIT, New York 1960. — 22. J a g l o m A. M. — J a g l o m I. M., *Pravděpodobnost a informace* (preklad) NČSAV, Praha 1964. — 23. K l i n k H. I., *Die Naturräumliche Gliederung als ein Forschungsgegenstand dre Landeskunde,* Berichte zur Deutschen Landeskunde 36 b. 2. H. 1966. — 24. K l í r J. — V a l a c h M., *Kybernetické modelování,* Praha 1965. — 25. K l í r J. — S e i d e l L. K., *Syntéza logických obvodů,* SNTL, Praha 1966. — 26. N e e f E., *Die axiomatischen Grundlagen der Geographie.* Geographische Berichte No. 2, 1956. — 27. N e e f E., *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre,* Gotha 1967. — 28. N e l-n i d o v I. E. — N i k o n o v a L. G., *Kibernetika i ekonomičeskaja rabota v promyšlennosti.* Izd. Ekonomika, Moskva 1967. — 29. P o l e t a j e v I. A., *Kybernetika* (preklad), Praha 1961. — 30. P a u l o v J., *Niektoré problémy a aspekty exaktizačného procesu v geografii,* Geogr. čas. XVIII, č. 3, 1966.

31. P o p o v E. P. — P a l t o v I. P., *Näherungsmethoden zur Untersuchung nichtlinearer Regelungsysteme,* Akademische Verlaggesellschaft, Leipzig 1963. — 32. R i c h t e r K. J., *Methoden der linearen Optimierung.* Fachbuchverlag, Leipzig 1967. — 33. S t r í ž e n e c M., *Psychológia a kybernetika,* SAV, Bratislava 1966. — 34. S t o r m R., *Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle,* Fachbuchverlag, Leipzig 1967. — 35. G o h m a n V. — B u r e v i t c h B. — S a u š k i n J., *Some Basic Problems of Metageography,* Moskva 1967. — 36. M i ľ k o v F. N., *Osnovnyje problemy fizičeskoj geografii,* Izd. Vyššaja škola, Moskva 1967. — 37. U r b á n e k J., *Zosuny a teória systémov,* Geogr. čas. XX, č. 1, 1968.