

GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

50

1998

2

*Lubomír Solín**

HYDROLOGICKÉ REGIONÁLNE ČLENENIE ÚZEMIA: SÚČASNÝ STAV A PROBLÉMY

L. Solín: Hydrological regional division of territory: Contemporary situation and problems. Geografický časopis, 50, 1998, 2, 49 refs.

The contribution is dedicated to the issue of hydrological regional typification or regionalisation from the viewpoint of basic conceptual approaches and used methods. Methods of two basic conceptual approaches to hydrological regional division of territory are analysed: 1) identification of physical-geographical regional types or regions and testing of hydrological homogeneity within their framework or heterogeneity among them, 2) identification of hydrologically homogeneous regional types or regions directly on the basis of hydrological characteristics with additional physical-geographical reasoning of their spatial location.

Key words: hydrological regionalization and regional typification, regional frequency analysis, physical regional typ, catchment, hydrological homogeneity and heterogeneity

1 ÚVOD

Regionálna typizácia a regionalizácia v hydrológii je považovaná za veľmi efektívny prostriedok na: a) explanáciu priestorovej variability komponentov hydrologického cyklu na väčšom území spravidla vymedzenom štátnou hranicou, b) odhad vodohospodársky dôležitých hydrologických charakteristík pre povodia bez hydrologických pozorovaní alebo na presnenie ich odhadu v rámci súboru povodí s relatív-

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

ne krátkym pozorovacím radom, c) riešenie problému mierky (*scaling problem*) t.j. problému agregácie, resp. disagregácie, ktorý vzniká pri aplikácii poznatkov o odtoke zistených v rámci jednej priestorovej úrovne na inú priestorovú úroveň.

Tieto problémy sú účinne riešené vtedy, ak sa regionálno-typizačné a regionalizačné postupy vyznačujú určitými všeobecne platnými logickými princípmi a klasifikačnými procedúrami, založenými nie na intuícii, ale na presne definovaných krokoch s uvedením exaktného spôsobu ich riešenia, čo Bezák (1993) nazýva logickou konzistenciou a intersubjektívnou verifikovateľnosťou. Ich sformulovanie, resp. výber by mal vychádzať z definície hydrologickej regionálnej typizácie, resp. regionalizácie. V hydrologickej literatúre je však regionalizácia, resp. regionálna typizácia definovaná dosť všeobecne, ako napr. identifikovanie regiónov homogénnych z hľadiska hydrologickej odozvy. Gottschalk (1985) definuje regionalizáciu ako "zokkupovanie priestorových kvantitatívnych hodnôt do tried" a pokračuje "v hydroológii najpoužívanejšou regionalizačnou metódou je metóda izolínií".

Beran (1990) uvádza, že v termíne regionalizácia sú obsiahnuté dva široké prístupy a to:

- a) kvantifikácia komponentov hydrologického cyklu na regionálnej úrovni,
- b) stanovenie vzťahu medzi hydrologickými premennými a fyzickogeografickými, klimatickými a charakteristikami krajinej pokrývky regiónu.

Podľa Tucciho, Silveiru & Sancheza (1995) hydrologická regionalizácia je založená na jednej z troch základných procedúr:

- a) výber distribučnej funkcie vyjadrujúcej frekvenciu výskytu hodnôt prietoku v jednotlivých povodiach a skúmanie vzťahu medzi parametrami distribučných funkcií a fyzickogeografickými charakteristikami povodia;
- b) ako v (a), ale skúmanie vzťahu medzi prietokmi so špecifikovanou dobou opakovania a fyzickogeografickými charakteristikami povodia;
- c) ako v (a), ale transformujúť hodnoty prietokov z jednotlivých pozorovacích staníc do bezrozmernej formy, a to ich delením hodnotou priemerného prietoku.

Riggs (1990) konštatuje, že "regionalizácia by mala objasňovať priestorovú variabilitu hydrologických hodnôt prostredníctvom fyzickogeografických charakteristík povodia. V teórii sa to uskutočňuje metódou mnohonásobnej regresie."

Z uvedených definícií vyplýva na jednej strane, že za regionálnu typizáciu a regionalizáciu možno považovať takmer akýkoľvek spôsob priestorového vyjadrenia hydrologických hodnôt a na strane druhej, zredukovanie regionálno-typizačného a regionalizačného procesu len na identifikovanie vzťahu medzi hydrologickou odozvou a fyzickogeografickými charakteristikami.

Cieľom predkladaného príspevku je analýza súčasného stavu hydrologického regionálneho členenia územia z hľadiska základných konceptuálnych prístupov a použitých metód.

2 ČO JE A ČO NIE JE HYDROLOGICKÁ REGIONALIZÁCIA A REGIONÁLNA TYPIZÁCIA?

Odlíšenie hydrologických regionálno-typizačných a regionalizačných prístupov od prístupov, ktoré síce zobrazujú priestorovú variabilitu hydrologických charakteris-

tík, ale sú chybné zaradované medzi regionálno-typizačné, resp. regionalizačné postupy, vychádza z chápania regionálnej typizácie a regionalizácie na pôde geografie, kde je táto problematika ťažiskovou oblasťou výskumu.

V rámci geografie sa dospelo k všeobecne akceptovanému názoru, že regionalizácia a regionálna typizácia sú priestorovou variantou všeobecného klasifikačného systému (Bunge 1962; Grigg 1965; Armand 1975; Fischer 1987; Bezák 1993), ktorá sa vytvorila zámenou individua reprezentovaného "jedincom" za individuum reprezentované "priestorovou jednotkou". Potom záujmové územie predstavuje "množinu pozostávajúcu z n priestorových jednotiek B_1, B_2, \dots, B_n , ktoré sú charakterizované množinou vlastností a vzťahou A_1, A_2, \dots, A_p . Úlohou regionálnej taxonómie je nájsť taký rozklad množiny B na k neprázdnych tried R_1, R_2, \dots, R_k (pričom platí $1 \leq k \leq n$), ktorý vyhovuje určitému kritériu definovanému vo vzťahu k množine p predikátov (Bezák 1993, p. 19). Predikát je spoločný názov pre vlastnosť a vzťah.

Ďalej sa definovali základné pojmy "regionálny typ" a "región" a ich špecifické prípady: formálny (homogénny) - funkčný, hierarchický - nehierarchický, prekrývajúci - neprekrývajúci a rozpracovali sa konkrétne metódy na ich riešenie (cf. Fischer 1987; Bezák 1993, 1996). Homogénny regionálny typ je definovaný ako súbor základných priestorových jednotiek vzájomne nesusediacich v geografickom priestore a vykazujúcich vysoký stupeň podobnosti z hľadiska vybraných atribútov. Definícia homogénneho regiónu sa odlišuje od definície homogénneho regionálneho typu v tom, že priestorové jednotky vzájomne susedia v geografickom priestore. Priestorová súvislosť je dosiahnutá zabudovaním podmienky kontiguitu do regionalizačnej procedúry. Regionálny typ a región sú pritom považované za teoretické konštrukcie.

Vo fyzickej geografii vzhľadom na charakter fyzickogeografickej sféry apriórne identifikovanie základnej priestorovej jednotky je však problematické. Preto je tradičné delimitovanie regiónov vo fyzickej geografii založené na regionalizácii "zhora", ktorá vychádza predovšetkým z princípu identifikovania regiónov, zreteľne viditeľných v geografickom priestore (Grigg 1965), ktoré majú charakter apriórnej danosti (McDonald 1966). Celistosť aprióri daných fyzickogeografických regiónov v geografickom priestore je vytvorená predovšetkým ich jedinečnosťou, neopakovateľnosťou, individuálnosťou, ktorej nositeľom je predovšetkým reliéf. Isačenko (1962), takéto regióny označuje ako objektívnu entitu, čo vzhľadom na to, že akákoľvek regionalizácia má úložový charakter, je značne diskutabilné. Alternatívu k regionalizácii "zhora" a k existencii fyzickogeografických regiónov ako objektívnej entity predstavil Armand (1975). Vybrané krajinné komponenty záujmového územia sa rozčlenia z hľadiska jednej charakteristiky, resp. skupiny charakteristík na triedy. Vzájomnou kombináciou viacerých charakteristík jedného komponenta alebo jednej charakteristiky viacerých komponentov sa vytvorí sieť prvotných územných jednotiek, ktoré sa potom na základe vybraných charakteristík (plniacich funkciu kritérií) s uplatnením určitých logických pravidiel (cf. Armand 1975; Grigg 1965) zoskupujú do typov alebo regiónov (regionálna typizácia, resp. regionalizácia "zdola"). Priestorová celistosť regiónov potom vytvára určitá štruktúra priestorového usporiadania fyzickogeografických typov.

Keď berieme do úvahy tieto, na geografickej pôde rozvinuté konceptuálne prístupy k regionálnej typizácii a k regionalizácii, potom pod hydrologickou, resp. hydrogeografickou regionálnou typizáciou a regionalizáciou rozumieme postup vychádzajúci z filozofie zoskupovania základných priestorových jednotiek (povodí),

do priestorových jednotiek územne väčších, ktoré sú označované ako regionálny typ, resp. región. Zoskupovanie sa uskutočňuje na základe hydrologických alebo fyzicko-geografických charakteristík podľa logicky správne sformulovaných a konzistentných pravidiel tak, aby vytvorené priestorové jednotky vyššieho hierarchického rádu (regionálny typ, región) spĺňali z hľadiska vybranej hydrologickej charakteristiky podmienku homogénnosti v ich rámci a podmienku heterogenity medzi nimi.

Vo svetle uvedenej definície za hydrologickú regionálnu typizáciu a regionalizáciu nepovažujeme metódy vychádzajúce z chápania hydrologických hodnôt ako bodových hodnôt a využívajúce interpolačné funkcie na generovanie izolínií. Taktiež je neoprávnené považovaná za hydrologickú regionalizáciu predikcia hydrologických hodnôt prostredníctvom regresnej rovnice na základe fyzicko-geografických charakteristík povodia.

Veľmi frekventovanou otázkou je, či hydrologická regionálna typizácia a regionalizácia má byť založená priamo na hydrologických charakteristikách alebo na charakteristikách fyzicko-geografických. Mosley (1981) opierajúc sa o Griggove logické princípy klasifikácie (Grigg, 1965) tvrdí, že hydrologická regionalizácia by mala byť založená skôr na hydrologických charakteristikách ako na charakteristikách fyzicko-geografických. Nedostatkom zoskupovania povodí do skupín priamo na základe podobnosti ich hydrologických charakteristík je, že regionálna typizácia nemá vyčerpávajúci charakter, v dôsledku čoho umožňuje z problémov spomenutých v úvode riešiť len jeden, a to spresnie odhadu dlhodobej hodnoty hydrologickej charakteristiky v rámci súboru povodí s krátkym hydrologickým pozorovacím radom prostredníctvom jej regionálnej hodnoty. Dosiahnutie vyčerpávajúceho charakteru regionálno-typizačnej procedúry umožňujúceho riešenie ostatných problémov si vyžaduje založenie hydrologickej regionalizácie a regionálnej typizácie na fyzicko-geografických charakteristikách a prostredníctvom hydrologických charakteristík sa testuje hydrologická homogenita v rámci, resp. heterogenita medzi identifikovanými fyzicko-geografickými regiónmi, resp. regionálnymi typmi. Takýto prístup si okrem procedúr zameraných na proces zoskupovania povodí do skupín vyžaduje i aplikáciu ďalších postupov (pozri nižšie), v dôsledku čoho sa hydrologická regionalizácia a regionálna typizácia chápe širšie ako len ako samotný proces zoskupovania povodí do skupín. V danom prípade je potom vhodnejšie hovoriť o hydrologickom regionálnom členení územia, v rámci ktorého regionálna typizácia, resp. regionalizácia je jedným z jeho čiastkových procesov.

3 HYDROLOGICKÉ REGIONÁLNE ČLENENIE ÚZEMIA ZALOŽENÉ NA FYZICKOGEOGRAFICKÝCH CHARAKTERISTIKÁCH

3.1 Apriórna aplikácia fyzicko-geografických regiónov

Všeobecné tvrdenie (poznatok), že hydrologická odozva územia je závislá od jeho fyzicko-geografických vlastností, vyústila do logicky opodstatneného tvrdenia, že základom regionálneho členenia územia z hľadiska hydrologického je jeho fyzicko-geografické členenie. Prvé pokusy o identifikáciu hydrologicky homogénnych priestorových jednotiek na pôde hydrológie (napr. Dub 1954; Sopper, Lull 1965) preto vychádzajú z fyzicko-geografických regiónov, ktoré boli identifikované predovšetkým na základe reliéfu na pôde geografie.

Apriórna aplikácia fyzicko-geografických regiónov znamená, že fyzicko-geografic-

ke regióny predurčujú spôsob zoskupovania povodí. Povodia s hydrologickým pozorovaním sú zoskupené do tried podľa ich príslušnosti k fyzickogeografickým regiónom. Metódami popisnej štatistiky je potom z napozorovaných hydrologických hodnôt vypočítaná stredná hodnota (spravidla aritmetický priemer) vybranej hydrologickej charakteristiky pre jednotlivé povodia. Z ich stredných hodnôt je určená stredná (*regionálna*) hodnota, ktorá plní funkciu odhadu hydrologickej odozvy pre všetky povodia fyzickogeografického regiónu bez hydrologických pozorovaní. Hranice fyzickogeografického regiónu teda vymedzujú priestorovú platnosť strednej (regionálnej) hodnoty hydrologickej charakteristiky.

Fyzickogeografický región, vzhľadom na to, že má charakter jedinečnosti, neopakovateľnosti, individuálnosti, je však územím pomerne heterogénnym z hľadiska prvkov, komponentov krajiny. Preto aj predpoklad homogenity, resp. heterogenity hydrologickej odozvy v rámci, resp. medzi fyzickogeografickými regiónmi apriori danými, nie je celkom opodstatnený. Hodnoty priemerného ročného odtoku fyzickogeografických regiónov východnej časti USA, ktoré sú uvedené v práci Sopper, Lull (1965), to zreteľne dokumentujú. Taktiež neskoršie testovanie hydrologickej homogenity v rámci hydrologických regiónov identifikovaných vo Veľkej Británii (NERC 1975) a na Novom Zélande (Beable, McKerchar 1981) Stevensom a Lynom (1978), resp. Mosleyom (1981) poukázalo na vážne pochybnosti o ich vnútornej hydrologickej homogenite, resp. heterogenite medzi nimi.

Skúsenosti získané s apriórnu aplikáciou fyzickogeografických regiónov teda naznačujú, že hydrologicky homogénne priestorové jednotky nie sú identifikované dostatočne presne. Priestorová súvislosť regiónov v geografickom priestore nie je teda zárukou fyzickogeografickej podobnosti a hydrologickej homogénnosti povodí patriacich do regiónu, ale začína sa vnímať ako určitá bariéra. Táto skutočnosť inšpirovala mnohých autorov v hľadaní alternatívnych spôsobov umožňujúcich identifikovanie priestorových jednotiek, ktoré majú relatívne homogénnu hydrologickú odozvu, ale ktoré by neboli súvislé v geografickom priestore.

3.2 Apriórna aplikácia fyzickogeografických regionálnych typov

V rámci hydrologického regionálneho členenia územia existujú dva základné prístupy k identifikovaniu priestorových jednotiek homogénnych z hľadiska fyzickogeografických charakteristík a nesúvislých v geografickom priestore. *Prvý prístup* je založený na vzájomnom prekryve mapových vrstiev vybraných fyzickogeografických komponentov krajiny. Na vhodnosť ich využitia pri hydrologickom regionálnom členení poukazuje vo svojich prácach Šimo (1983 a, b). Typy reliéfu identifikované Mazúrom (1980) a Luknišom (1972) na základe jeho horizontálnej členitosti použili Šimo, Zaťko (1980) pri identifikovaní režimu odtoku. Z dôslednej aplikácie geoeologických krajinných typov Slovenska vychádza Porubský (1982) pri regionálnej typizácii podzemných vôd, ako aj Tarábek a kol. (1984) pri regionálnom členení povrchových vôd. Ich aplikácia v druhom prípade, v ktorom povodie je základnou priestorovou jednotkou hydrologického výskumu, sa však ukazuje diskutabilnou, a to z nasledovných dôvodov:

- vzhľadom na to, že hydrologické pozorovania sú len na obmedzenom počte povodí, je veľká pravdepodobnosť, že pre niektoré vyčlenené geoeologické krajinné typy, pre chýbajúce hydrologické údaje, vzniknú problémy s vyjadrením ich hydrologickej odozvy,

- nie sú zohľadnené charakteristiky viažúce sa na povodie ako napr. plocha a tvar povodia, hustota riečnej siete a pod., ktoré majú vplyv na veľkosť hydrologickej odozvy,

- nie je vyriešený problém odhadu hydrologickej odozvy pre povodia bez hydrologických pozorovaní, ktoré sú z hľadiska geokologických krajinných typov heterogénne.

Uvedené problémy eliminuje *druhý prístup*, ktorý je založený na zoskupovaní povodí do tried na základe podobnosti ich fyzickogeografických charakteristík. Jeho aplikácia v hydrologickej literatúre prevláda (napr. Acreman, Sinclair 1986; Wiltshire 1985, 1986; Solín 1993, 1995; Solín, Poláčik 1994; Zrinji, Burn 1994; Hosking, Walis 1997). Základné metodické kroky uvedeného prístupu sú nasledovné:

1. výber povodí s hydrologickým pozorovaním v záujmovom území,
2. vytvorenie databázy fyzickogeografických charakteristík pre tieto povodia a identifikovanie tých fyzickogeografických charakteristík, ktoré sú významné z hľadiska priestorovej variability vybranej hydrologickej charakteristiky,
3. zoskupovanie povodí do tried (regionálnych typov) na základe podobnosti ich fyzickogeografických charakteristík, ktoré sú v bode 2) identifikované ako významné,
4. určenie strednej (regionálnej) hodnoty hydrologickej charakteristiky pre jednotlivé fyzickogeografické regionálne typy,
5. testovanie výdatnosti (účinnosti) fyzickogeografickej klasifikačnej schémy povodí z hľadiska hydrologických dôsledkov a testovanie hydrologickej homogénnosti v rámci a heterogénnosti medzi fyzickogeografickými regionálnymi typmi,
6. zaradenie ostatných povodí bez hydrologických pozorovaní do identifikovaných hydrologicky homogénnych regionálnych typov.

Výber povodí

Spravidla sa požaduje, aby povodia zahrnuté do výberu mali minimálnu dĺžku pozorovacieho radu 5, resp. 10 rokov a hydrologické pozorovania spĺňali podmienku stacionarity. Dôležitá je však aj vzájomná porovnateľnosť povodí z hľadiska ich veľkosti, spoločnej dĺžky pozorovacieho radu a vzájomná nezávislosť ich hydrologických pozorovaní. Čím väčšia je plocha povodia, tým je povodie z hľadiska fyzickogeografických charakteristík heterogénnejšie, a ich vyjadrenie priemernou hodnotou reprezentujúcou povodie, je menej výstižné ako v prípade menších vnútorne homogénnejších povodí. Ak z hľadiska plochy povodia má vybraný súbor príliš veľké rozpätie, stáva sa vzťah medzi fyzickogeografickými a hydrologickými charakteristikami menej preukazný. Na dôsledky nerovnakej dĺžky pozorovacieho radu pre všetky povodia súboru (vzájomná neprovateľnosť ich rozptylov) poukázal Burn (1988). Aplikácia metód induktívnej štatistiky v procese testovania heterogénnosti a homogénnosti hydrologickej odozvy medzi, resp. v rámci fyzickogeografických regionálnych typov, si vyžaduje splnenie podmienky vzájomnej nezávislosti hydrologickej odozvy povodí. Z toho dôvodu vo vybranom súbore povodí by nemali byť povodia zreťazené v dôsledku viacerých vodomerných profilov na tom istom toku.

Fyzickogeografické charakteristiky povodí

Fyzickogeografické charakteristiky povodia môžeme rozdeliť do štyroch základných skupín reprezentujúcich: a) morfometriu a topografiu reliéfu, b) klimatické pomery, c) substrátovo-pôdne pomery a c) charakter krajinej pokrývky. Pri klasickom manuálnom spôsobe ich určovania sa berú do úvahy len tie charakteristiky, ktorých zistenie z topografických a tematických máp nie je veľmi komplikované a časovo náročné. Z toho dôvodu k vyjadreniu mnohých charakteristík povodia sa pristupuje cez iné generalizované charakteristiky, ktoré síce nie sú celkom výstižné, ale ich určenie je zato menej pracné (napr. priemerný sklon povodia sa veľmi často vyjadruje prostredníctvom priemerného sklonu doliny hlavného toku a pod). Z fyzickogeografických charakteristík však nie všetky rovnakým spôsobom vplyvajú na priestorovú variabilitu hydrologickej odozvy. Z nich je potrebné vybrať len tie, ktoré majú významný vplyv. Rozhodnutie o tom, ktoré to sú, sa môže opierať o výsledky exaktnej analýzy vzťahu medzi vybranou hydrologickou odozvou a fyzickogeografickými charakteristikami (cf. Solín 1992) alebo sa môže uplatniť logický úsudok.

Úplne nové možnosti sa otvárajú pri tvorbe databázy fyzickogeografických charakteristík povodí s rozvojom digitálnych mapových vrstiev, napr. o reliéfe na základe DMR (napr. Šúri, Cebecauer, Hofierka 1997), o krajinej pokrývke - analógovou alebo digitálnou interpretáciou satelitných snímok (cf. Feranec, Oťahel, Pravda 1996), ako aj digitálizáciou ďalších tematických mapových podkladov (cf. Grešková 1997) a ich spracovaním v prostredí GIS-u. Vzájomná kombinácia tematických digitálnych vrstiev s digitálnou sieťou povodí umožňuje získať nové a oveľa podrobnejšie charakteristiky o fyzickogeografickom prostredí povodí, v dôsledku čoho sa vytvára predpoklad pre detailnejšie objasnenie ich vplyvu na priestorovú variabilitu hydrologických charakteristík.

Metódy zoskupovania povodí

Metódy, ktoré sa uplatňujú pri zoskupovaní povodí do skupín (regionálnych typov) na základe fyzickogeografických charakteristík, ktoré majú rozhodujúci vplyv na priestorovú variabilitu vybranej hydrologickej charakteristiky, je možné rozdeliť do troch základných skupín:

- metódy numerickej klasifikácie,
- metódy logického, dvoj- alebo viacčleneného delenia jednotlivých fyzickogeografických charakteristík,
- metódy určenia "susedov" pre vybrané povodie.

Z metód numerickej klasifikácie sa najčastejšie používajú hierarchické metódy zhlukovej analýzy (cf. Anderberg 1973; Gordon 1981). Pri ich aplikácii v rámci hydrologického regionálneho členenia, napr. Acreman, Sinclair (1986) použili Wardovu metódu. Solín, Poláček (1993) metódu centroidov, ale pri vyjadrení miery podobnosti Euklidovou vzdialenosťou, použili namiesto pôvodných fyzickogeografických charakteristík hodnoty faktorového skóre extrahovaných faktorov pre každé povodie. Spravidla sa vytvára niekoľko klasifikačných schém s rôznou kombináciou fyzickogeografických charakteristík a s rozdielnym počtom tried. Zoskupenie povodí do skupín na základe metód zhlukovej analýzy však veľmi často plní funkciu úvodnej klasifikačnej schémy, ktorá je ďalej upravovaná predovšetkým dis-

kriminačnou analýzou, ktorá umožňuje určiť nesprávne zaradenie povodí do jednotlivých skupín.

Logické dvoj- alebo viacčlenené delenie jednotlivých fyzickogeografických charakteristík a ich vzájomnú kombináciu aplikovali napr. Wiltshire (1985, 1986), Solín (1993, 1995). Z hodnôt fyzickogeografickej charakteristiky sa vyberie taká hodnota, ktorá rozdelí súbor povodí na dve alebo viacero častí, napr. z hľadiska maximálnej nadmorskej výšky hodnoty 800 m n.m. a 1500 m n.m. rozdelia súbor povodí na tri skupiny. Hodnoty fyzickogeografickej charakteristiky rozdeľujúce súbor povodí na dve alebo viacero skupín sa menia s cieľom vytvoriť niekoľko klasifikačných schém.

Klasifikačné schémy zoskupovania povodí do skupín (regionálnych typov) na základe ich fyzickogeografických charakteristík sú potom v oboch prístupoch predmetom testovania z hľadiska hydrologických konzekvencií.

Metóda určenia "susedov" pre vybrané povodie vychádza z myšlienky, že každému povodiu je možné vytvoriť jeho vlastný región, ktorý je vytvorený z povodí, ktoré sa mu svojimi fyzickogeografickými alebo hydrologickými charakteristikami podobajú. Metódu zaviedli do literatúry Acreman and Wiltshire (1987), ktorý uvedený prístup označujú aj ako "regionalizácia bez regiónov" (Acreman, Wiltshire 1989) avšak až Burn (1990) ju detailnejšie rozpracoval a označil ako metódu ROI (*Region Of Influence*). Pre odhad hydrologickej odozvy pre povodia bez hydrologických pozorovaní na základe ich fyzickogeografických charakteristík ju aplikoval spoločne s Zrinjom (Zrinji, Burn 1994). Miera podobnosti v rámci m - rozmerného priestoru fyzickogeografických charakteristík je vyjadrená Euklidovskou metrikou. K povodiu, pre ktoré sa zamýšľa vytvoriť región, sa postupne, podľa hodnoty Euklidovskej vzdialenosti pridávajú ďalšie povodia a prostredníctvom povodí, ktoré majú hydrologické pozorovania, sa testuje hydrologická homogenita zoskupených povodí.

Obdobný prístup aplikoval i Cavadias (1990), ale vzájomný vzťah medzi hydrologickými charakteristikami a fyzickogeografickými charakteristikami povodia vyjadril kanonickou korelačnou analýzou. Na základe kanonickej premennej fyzickogeografických charakteristík povodia určil pre povodie bez hydrologického pozorovania, množinu susedných povodí s hydrologickým pozorovaním a priemerné hodnoty ich hydrologickej odozvy sa stali základom pre jej odhad pre povodie bez hydrologického pozorovania.

Určenie strednej (regionálnej) hodnoty hydrologickej odozvy

Stredná (regionálna) hodnota hydrologickej odozvy fyzickogeografického regionálneho typu plní funkciu odhadu hydrologickej odozvy v jeho rámci, tak pre povodia bez, ako aj s hydrologickým pozorovaním. Určuje sa na základe vzájomnej kombinácie hydrologických odoziev z povodí s hydrologickým pozorovaním patriacich do fyzickogeografického regionálneho typu. Konkrétne podoba tejto kombinácie závisí od spôsobu vyjadrenia hydrologickej odozvy. Napríklad Sopper Lull (1965) pre vyjadrenie strednej (regionálnej) hodnoty priemerného ročného a sezónneho odtoku, ako aj m -denných prietokov fyzickogeografických regiónov použili aritmetický priemer. Solín (1993, 1995) vyjadril regionálnu hodnotu priemernej ročnej odtokovej výšky intervalovým rozpätím jej strednej hodnoty na základe použitia metód indukčívnej štatistiky.

Pri hydrologickom regionálnom členení záujmového územia z hľadiska maximálnych prietokov sa uprednostňuje bezrozmerná forma ich vyjadrenia

$$q_{ij} = Q_{ij} / \mu_i, \quad (1)$$

kde

Q_{ij} je empiricky zistená hodnota maximálneho prietoku v i - tom povodí ($i = 1, \dots, N$)
v j - tom roku ($j = 1, \dots, n_i$),

μ_i je aritmetický priemer maximálnych prietokov zo všetkých n_i pozorovaní i -teho povodia fyzickogeografického regionálneho typu.

Hodnota kvantilu s určitou pravdepodobnosťou výskytu pre povodie s hydrologickým pozorovaním je potom vyjadrená vzťahom

$$Q_i(F) = \mu_i q(F) \quad i = 1, \dots, N, \quad (2)$$

kde

$q(F)$ = bezrozmerná distribučná funkcia maximálnych prietokov povodia.

Hosking, Wallis (1997) uvádzajú tri spôsoby odhadu regionálnej distribučnej funkcie maximálnych prietokov na základe vzájomnej kombinácie distribučných funkcií vyjadrených rovnicou (2).

V prvom spôsobe, označovanom ako metóda ročných hodnôt (*station-year method*), bezrozmerné údaje maximálnych prietokov zo všetkých povodí fyzickogeografického regionálneho typu sú zlúčené do jedného súboru, pre ktorý sú potom určené parametre distribučnej funkcie $q(F)$. Druhý spôsob je založený na metóde maximálnej vierohodnosti, podľa ktorej rovnica (2) je chápaná ako štatistický model, ktorý je špecifikovaný množinou μ_i ($i = 1, \dots, N$) hodnôt a množinou neznámych p parametrov regionálnej distribučnej funkcie. Tieto $N + p$ parametre môžu byť odhadnuté metódou maximálnej vierohodnosti iteratívnym hľadaním maximálnej hodnoty vierohodnostnej funkcie. Tretím spôsobom je metóda označovaná ako "indexovaná prietoková distribučná funkcia" (*index flood procedure*). Regionálne hodnoty parametrov distribučnej funkcie $q(F)$ sú odhadnuté sprimerovaním hodnôt parametrov distribučných funkcií určených pre každé povodie z N povodí fyzickogeografického regionálneho typu.

V našej hydrologickej literatúre a vo vodohospodárskej praxi sa pre odhad veľkosti storočných vôd namiesto metód matematickej štatistiky používajú empirické regionálne vzorce, ktoré zaviedol Dub (1954). O vhodnosti ich ďalšieho používania, resp. o hodnotách ich regionálnych parametrov sa v súčasnosti vedie v našej literatúre diskusia (napr. Kohnová, Szolgay 1995).

V súvislosti so spôsobmi určovania stredného (regionálneho) tvaru distribučnej funkcie hydrologickej odozvy v rámci fyzickogeografického regionálneho typu je v anglo-saskej hydrologickej literatúre zaužívaný termín "*regional frequency analysis*". Napríklad v práci Hosking, Wallis (1997 p. 1) sa uvádza "*Ak frekvencie výskytu udalostí majú podobné hodnoty, ktoré sú namerané na rozdielnych miestach, potom omnoho presnejší záver je možné získať analyzovaním všetkých údajových súborov*".

spoločne ako vychádzať len z hodnôt jedného dátového súboru. V environmentálnych aplikáciách tento prístup je známy ako regionálna frekvenčná analýza, pretože analyzované dátové súbory predstavujú pozorovania tej istej premennej na mnohých miestach v rámci vhodne definovaného regiónu". V tej istej práci sú však na str. 9-10 uvedené štyri metodické kroky regionálnej frekvenčnej analýzy: 1. výber povodí a kontrola hydrologických údajov, 2. identifikácia homogénnych regiónov, 3. výber distribučnej funkcie, 4. stanovenie regionálnej distribučnej funkcie, ktoré oproti skôr uvedenému chápaniu, regionálnu frekvenčnú analýzu vymedzujú podstatne širšie. Uvedený scenár krokov je podobný krokom širšieho chápania hydrologickej regionalizácie a regionálnej typizácie, ktoré sme uviedli vyššie. Bolo by však chybou používať termín regionálna frekvenčná analýza alebo regionálna analýza ako synonymum pre regionalizáciu a regionálnu typizáciu (viď. Szolgay, Kohnová, Čunderlík 1998). To spôsobuje zmätok a je zdrojom hmlistých a nejasných postupov hydrologického regionálneho členenia územia. Vzhľadom na striktné (v užšom slova zmysle) definície regionálnej typizácie, resp. regionalizácie a regionálnej frekvenčnej analýzy, ktoré sú obsahovo úplne odlišné, regionálna typizácia, resp. regionalizácia a regionálna frekvenčná analýza sú dva rozdielne, ale vzájomne sa dopĺňajúce čiastkové procesy hydrologického regionálneho členenia krajiny.

Testovanie hydrologických dôsledkov zoskupenia povodí do skupín na základe ich fyzickogeografických charakteristík

Hydrologické hodnoty povodí zoskupených do fyzickogeografického regionálneho typu v dôsledku náhodných, ako aj systematických chýb vykazujú určitý rozptyl. Ak je tento rozptyl výsledkom len náhodných chýb, potom hydrologické hodnoty jednotlivých povodí sa budú len veľmi málo líšiť od strednej hodnoty reprezentujúcou fyzickogeografický regionálny typ. V takom prípade je fyzickogeografický regionálny typ považovaný za hydrologicky homogénny. Ak je rozptyl hydrologických hodnôt okolo ich strednej hodnoty príliš veľký, pri identifikovaní fyzickogeografických regionálnych typov sme sa dopustili systematických chýb, napr. nezohľadnenie ďalších významných fyzickogeografických charakteristík. Takýto fyzickogeografický regionálny typ je považovaný za hydrologicky heterogénny. Na vyjadrenie veľkosti rozptylu hydrologických hodnôt okolo ich strednej hodnoty sa používa štatistika

$$S = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N (\theta_i - \theta_j^R)^2, \quad (3)$$

kde

S - rozptyl hydrologických hodnôt okolo ich strednej hodnoty,

θ_i - hydrologická hodnota individuálneho povodia,

θ_j^R - stredná hodnota hydrologickej charakteristiky, j - tej skupiny.

Hydrologické hodnoty môžu mať rôzny charakter, napr. priemerný ročný prietok, alebo môžu vyjadrovať rôzne aspekty frekvenčnej krivky, napr. hodnoty kvantilov, koeficient variácie a podobne.

Prehľad spôsobov testovania hydrologickej homogenity v rámci identifikovaných

fyzickogeografických regionálnych typov, resp. heterogenity medzi nimi, je napr. v práci Wiltshire (1986), Hosking, Wallis (1997).

Pri skúmaní heterogenity hydrologickej odozvy medzi fyzickogeografickými regionálnymi typmi sa vychádza z úvahy, že ak tieto majú byť navzájom hydrologicky heterogénne, potom rozptyl ich stredných hodnôt okolo celkovej strednej hodnoty, vyjadrený štatistikou T

$$T = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N (\theta_{ij}^R - \theta_{..}^R)^2, \quad (4)$$

kde

T - rozptyl stredných hydrologických hodnôt okolo ich strednej hodnoty,

$\theta_{..}^R$ - celková stredná hodnota,

musí byť väčší ako rozptyl jednotlivých hydrologických hodnôt okolo stredných hodnôt hydrologickej odozvy fyzickogeografických regionálnych typov. Vzájomný pomer uvedených rozptylov meria štatistika F

$$F = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N (\theta_{ij}^R - \theta_{..}^R)^2 / k-1}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N (\theta_i - \theta_j^R)^2 / N-k}. \quad (5)$$

Čím je štatistika väčšia hodnota F , tým výraznejšie sú rozdiely v hydrologickej odozve medzi fyzickogeografickými typmi, a tým väčšia je hydrologická výstižnosť klasifikačnej schémy.

F štatistika posudzuje celkovú účinnosť vytvorených fyzickogeografických regionálnych typov z hľadiska rozdielnosti ich hydrologickej odozvy, ale neposkytuje informáciu o tom, či sú štatisticky významné všetky rozdiely medzi strednými hodnotami hydrologickej odozvy fyzickogeografických regionálnych typov alebo sú významné len niektoré z nich. Preto ďalším krokom skúmania heterogenity hydrologickej odozvy fyzickogeografických regionálnych typov je párové porovnanie ich stredných hodnôt hydrologickej odozvy (cf. Solín 1995).

Zaradenie ostatných povodí bez hydrologických pozorovaní do identifikovaných hydrologicky homogénnych fyzickogeografických regionálnych typov

Povodia bez hydrologických pozorovaní sú zaradované do hydrologicky homogénnych regionálnych typov, identifikovaných v predchádzajúcich krokoch, na základe ich fyzickogeografických charakteristík. Vytvorenie siete povodí a databázy ich fyzickogeografických charakteristík je preto základným predpokladom pre riešenie tohto problému a pre dosiahnutie vyčerpávajúceho charakteru hydrologického regionálneho členenia záujmového územia.

Zaradením povodí do príslušných fyzickogeografických regionálnych typov je im priradená zodpovedajúca stredná (regionálna) hodnota hydrologickej odozvy. Zmena hydrologických charakteristík v p rozmernom priestore fyzickogeografických charakteristík má v realite mierny, plynulý charakter. Identifikáciou priestorovo diskretných vzájomne sa neprekrývajúcich fyzickogeografických regionálnych typov alebo regiónov, zmena v hydrologickej odozve medzi nimi stráca charakter plynulosti a stáva sa skokovou. Odhad hydrologickej charakteristiky (napr. kvantilov n ročných vôd) pre povodia, ktoré sú na základe ich fyzickogeografických charakteristík lokalizované k okraju regionálneho typu, prostredníctvom strednej (regionálnej) hodnoty sa stáva menej výstižným, menej presným. Wiltshire (1986) preto navrhol alternatívny spôsob odhadu hydrologickej odozvy pre povodia bez hydrologických pozorovaní, ktorý zohľadňuje stredné hodnoty hydrologickej odozvy ako aj ich vzdialenosť k centroidom susediacich regionálnych typov

$$QT_A = \frac{\sum W_i QT_i}{\sum W_i}, \quad (6)$$

kde

QT_A - odhadovaná n -ročná voda pre povodie bez hydrologického pozorovania,

QT_i - n -ročná voda pre i -tý hydrogeografický regionálny typ,

W_i - vzdialenosť i -teho povodia bez hydrologického pozorovania k centroidom susediacich a k centroidu regionálneho typu, do ktorého bolo zaradené.

4 ZOSKUPOVANIE POVODÍ DO SKUPÍN NA ZÁKLADE PODOBNOSTI ICH HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTÍK

Jednotlivé kroky hydrologického regionálneho členenia sú podobné ako v predchádzajúcom prípade, a to:

1. výber povodí,
2. výber hydrologických charakteristík,
3. zoskupovanie povodí do skupín na základe podobnosti hydrologických charakteristík,
4. spôsob vyjadrenia vzájomného vzťahu priestorových jednotiek identifikovaných na základe podobnosti hydrologických charakteristík s priestorovými jednotkami identifikovanými na základe podobnosti fyzickogeografických charakteristík.

Hydrologické charakteristiky môžeme rozdeliť do štyroch základných skupín, ktoré reprezentujú odtok z povodia z hľadiska:

- a) režimu v priebehu roka,
- b) genetickej štruktúry (podiel priameho, resp. základného odtoku na celkovom odtoku),
- c) priemernej veľkosti a rozptylu jeho hodnôt okolo strednej hodnoty,
- d) výskytu extrémnych hodnôt (maximálnych a minimálnych prietokov).

V hydrologickej literatúre prevláda regionálna typizácia založená na 1. a 4. skupi-

ne hydrologických charaktersitík, ktoré sú z vodohospodárskeho hľadiska najdôležitejšie. Dôraz je položený predovšetkým na kvantily s veľmi nízkou pravdepodobnosťou výskytu (napr. hodnota prietoku s pravdepodobnosťou výskytu $P = 0.01$, resp. s dobou opakovania raz za 100 rokov). Nie je však vhodné založiť regionalizačné postupy priamo na charakteristikách distribučnej funkcie maximálnych prietokov, pretože hodnoty maximálnych prietokov povodia môžu vykazovať dobrú zhodu s viacerými teoretickými distribučnými krivkami. Preto sa uprednostňujú štatistiky ako priemerný ročný špecifický maximálny prietok a koeficient variácie maximálnych prietokov (cf. Mosley 1981; Wiltshire 1986; Burn 1988).

Pri zoskupovaní povodí do skupín na základe podobnosti priemerného ročného špecifického maximálneho odtoku a koeficienta variácie maximálnych prietokov za vybrané obdobie Mosley (1981) použil zhlukovú analýzu - metódu najbližšieho suseda. Wiltshire (1986) identifikoval hydrologické regióny UK metódou nehierarchickej klasifikácie. Relokáciu povodí iniciačnej klasifikačnej schémy s 10 skupinami tak, aby sa minimalizoval vnútroskupinový rozptyl

$$TSS = \sum_{k=1} \sum_{j=1} [(CV_{jk} - CV_{.k})^2 + (QSP_{jk} - QSP_{.k})^2], \quad (7)$$

kde

CV_{jk} = hodnota koeficienta variácie maximálnych prietokov v i -tom povodí k -tej skupiny,

$CV_{.k}$ = stredná hodnota koeficienta variácie maximálnych prietokov k -tej skupiny,

QSP_{jk} = priemerný ročný špecifický maximálny odtok v i -tom povodí k -tej skupiny,

$QSP_{.k}$ = stredná hodnota priemerného ročného maximálneho špecifického odtoku k -tej skupiny.

boli vytvorené relatívne homogénne skupiny z hľadiska priemerných ročných špecifických hodnôt maximálnych prietokov a ich koeficientov variácie. Burn (1988) analyzoval korelačnú maticu maximálnych prietokov 44 povodí metódou hlavných komponentov. Z celkového počtu identifikovaných hlavných komponentov zvolil prvé tri komponenty, ktoré interpretoval ako 3 regióny vhodné na regionálnu frekvenčnú analýzu. Vo svojich ďalších prácach Burn (1990 a, b) vyjadril podobnosť povodí v rámci m -rozmerného priestoru hydrologických a fyzickogeografických atribútov Euklidovskou metrikou. Každému povodiu metódou ROI potom identifikoval jeho vlastný hydrologicky homogénny región.

Gottschalk (1985) hydrologickú regionalizáciu Švédska založil na priemerných mesačných hodnotách odtoku s cieľom identifikovať hydrologické regióny s podobným režimom odtoku v priebehu roka. Vytvoril maticu $p \times n$ pozorovaní, kde p sú mesačné hodnoty prietoku v n pozorovacích staniách, ktorá bola analyzovaná najskôr hierarchickou metódou zhlukovej analýzy (metóda najbližšieho suseda) a potom metódou hlavných komponentov.

Identifikovanie hydrologicky relatívne homogénnych priestorových jednotiek na základe hydrologických charaktersitík v rámci vybraného súboru povodí neumožňuje odhadnúť hydrologickú odzovú pre povodia bez hydrologických pozorovaní. V snahe riešiť tento problém, a tak zvýšiť praktický význam regionálnej typizácie založenej na

hydrologických charakteristikách, sa pristupuje k dodatočnému fyzickogeografickému zdôvodneniu priestorovej lokalizácie relatívne hydrologicky homogénnych tried (skupín) povodí, identifikovaných na základe hydrologických charakteristík.

Pri vyjadrení vzájomného vzťahu medzi priestorovými jednotkami identifikovanými na základe podobnosti hydrologických charakteristík a priestorovými jednotkami identifikovanými na základe podobnosti fyzickogeografických charakteristík sa uplatňujú rôzne prístupy. Mosley (1981), Gottschalk (1985) aplikovali jednoduché vizuálne porovnanie priestorového rozloženia skupín, ktoré majú podobné hydrologické charakteristiky s fyzickogeografickými regiónmi. Získané výsledky však neboli príliš uspokojivé. Aplikáciou tohto prístupu sa totiž opäť vynára problém rozdielnej hydrologickej odozvy povodí v rámci jedného fyzickogeografického regiónu, resp. podobnej hydrologickej odozvy povodí patriacich do rôznych fyzickogeografických regiónov. Exaktnejší spôsob použil Wiltshire (1986), keď porovnal zaradenie povodí do skupín metódou nehierarchickej klasifikácie na základe hydrologických charakteristík so zaradením povodí do skupín metódou diskriminačnej analýzy, ale na základe podobnosti ich fyzickogeografických charakteristík. Vyjadrenie pravdepodobnosti zaradenia povodia do jednotlivých skupín na základe hodnôt diskriminačného skóre vypočítaného z hodnôt fyzickogeografických charakteristík povodí potom využil na odhad vážených kvantilov pre povodia bez hydrologických pozorovaní podľa vzorca

$$X_T = \frac{\sum P_i T_i}{\sum P_i}, \quad (8)$$

kde

X_T - n -ročná voda odhadovaná pre povodie bez hydrologického pozorovania,

T_i - n -ročná voda odhadnutá pre regionálny typ i ,

P_i - pravdepodobnosť zaradenia povodia do i -tého regionálneho typu.

Zohľadnením príslušnosti povodia k viacerým regionálnym typom vzhľadom na jeho fyzickogeografické charakteristiky, pri odhade jeho hydrologickej odozvy, sa opäť vytvára alternatíva k odhadu hydrologickej odozvy na základe jednoznačného zaradenia povodia len do jedného fyzickogeografického regionálneho typu.

ZÁVER

Rozvoj robustnejších metód pri odhade parametrov distribučných funkcií extrémnych hydrologických charakteristík spolu s ich aplikáciou v rámci regionálnej frekvenčnej analýzy oživil záujem o problematiku regionálnej typizácie a regionalizácie v hydrologii. V príspevku sme sa pokúsili o analýzu jej súčasného stavu. V hydrologickej literatúre sa vyskytuje veľa rozmanitých prístupov vyjadrujúcich priestorovú variabilitu hydrologických charakteristík, resp. odhadujúcich hydrologické charakteristiky pre povodia bez pozorovaní, ktoré sú neoprávnene označované za regionálno-typizačné, resp. regionalizačné procedúry. Za také sú považované len tie postupy, ktoré chápu regionalizáciu a regionálnu typizáciu ako priestorovú variantu všeobecného klasifikačného systému, vychádzajúce z filozofie zoskupovania základných priestorových jednotiek (povodí), či na základe hydrologických alebo fyzickogeografických charakteristík, do priestorových jednotiek územne väčších, vyššieho hierar-

chického rádu, ktoré sú označované ako regionálny typ alebo región tak, aby spĺňali z hľadiska vybranej hydrologickej charakteristiky podmienku homogenosti v ich rámci a podmienku heterogenity medzi nimi.

V príspevku sme analyzovali metódy dvoch základných konceptuálnych prístupov k hydrologickému regionálnemu členeniu územia:

1) identifikovanie fyzickogeografických regionálnych typov, resp. regiónov a testovanie hydrologickej homogenity v ich rámci alebo heterogenity medzi nimi,

2) identifikovanie hydrologicky homogénnych regionálnych typov, resp. regiónov priamo na základe hydrologických charakteristík s dodatočným fyzickogeografickým zdôvodnením ich priestorovej lokalizácie.

POĎAKOVANIE

Príspevok bol riešený za finančnej podpory grantovej agentúry VEGA v rámci projektu "Hydrogeografická regionálna typizácia Slovenska s využitím technológie GIS" číslo 2/4065/97.

LITERATÚRA

- ACREMAN, M. C., SINCLAIR, C. D. (1986). Classification of drainage basins according to their physical characteristics; an application for flood frequency analysis in Scotland. *Journal of hydrology*, 84, 365-380.
- ACREMAN, M. C., SINCLAIR, C. D. (1989). The regions are dead; long live the regions. Methods of identifying and dispensing with regions for flood frequency analysis. In Roald, L., Nordseth, K., Hassel, K. A., eds. *FRIENDS in Hydrology. International Association of Hydrological Sciences Publication*, 187. Wallingford (IAHS), pp. 175-188.
- ANDERBEG (1972). *Cluster analysis for applications*. New Mexico (NTIS).
- ARMAND, D. L. (1975). *Nauka o landšafte*. Moskva (Mysl).
- BEABLE, M. E., McKERCHAR, A. I. (1982). Regional flood estimation in New Zealand. *Water and Soil Technical Publication*, 20. Wellington (Ministry of Works and Development).
- BEZÁK, A. (1993). Problémy a metódy regionálnej taxonómie. *Geographia Slovaca*, 3. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- BEZÁK, A. (1996). Regional taxonomy: A review of problems and methods. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 28, 43-59.
- BERAN, M. A., BRILLY, M., BECKER, A. & BONACCI, O. eds. (1990). *Regionalization in hydrology. International Association of Hydrological Sciences Publication*, 191. Wallingford, (IAHS).
- BUNGE, W. (1962). Theoretical geography. *Lund Studies in Geography, Series C, General and Mathematical Geography*, 1.
- BURN, D. H. (1988). Delineation of groups for regional flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 104, 345-361.
- BURN, D. H. (1990a). An appraisal of the "region of influence" approach to flood frequency analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 35, 149-165.
- BURN, D. H. (1990b). Evaluation of regional flood frequency analysis with a region of influence approach. *Water Resources Research*, 26, 2257-2265.

- CAVADIAS, G. S. (1990). The canonical correlation to regional flood estimation. In Beran, M., A., Brilly, M., Becker, A. & Bonacci, O., eds. *Regionalization in hydrology. International Association of Hydrological Sciences Publication*, 191. Wallingford (IAHS), pp. 171-178.
- DUB, O. (1954). *Všeobecná hydrológia Slovenska*. Bratislava (SAV).
- FERANEC, J., OŤAHEL, J., PRAVDA, J. (1976). Krajinná pokrývka Slovenska (identifikovaná metódou Corine Land Cover). *Geographia Slovaca*, 11. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- FISCHER, M. (1987). Some fundamental problems in homogeneous and functional regional taxonomy. *Bremer Beiträge zur geographie und raumplanung*, 11, 267-282.
- FISCHER, M. (1980). Regional Taxonomy. A comparison of some hierarchic and non-hierarchic strategies. *Regional Science and Urban Economics*, 10, 503-537.
- GORDON, A. D. (1981). *Classification*. London, (Chapman and Hall).
- GOTTSCHALK, L. (1985). Hydrological regionalization of Sweden. *Hydrological Sciences Journal*, 30, 65-83.
- GREŠKOVÁ, A. (1997). Digitálna mapa transmisivity horninového prostredia. *Geografický časopis*, 49, 223-230.
- GRIGG, D. (1965). The logic of regional systems. *Annals of the Association of American Geographers*, 55, 465-491.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. (1997). *Regional frequency analysis. An approach based on L-moments*. Cambridge (Cambridge University Press).
- ISACENKO, A. G. (1962). *Fyzicko-geografické rajonировanie*. Leningrad (Izdateľstvo Leningradskogo instituta).
- KOHNŇOVÁ, S., SZOLGAY, J. (1995). K používaniu Dubovho vzorca na výpočet maximálneho storočného špecifického odtoku na malých povodiach Slovenska. *Vodohospodársky časopis*, 43, 3-27.
- LUKNIŠ, M. (1972). Reliéf. In Lukniš, M., ed. *Slovensko*, 2, *Príroda*, Bratislava (Obzor).
- MAZÚR, E. (1980). Horizontálna členitosť reliéfu. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK).
- McDONALD, J. R. (1966). The region: its conception, design, and limitations. *Annals of the Association of American Geographers*, 56, 516-528.
- MOSLEY, M. P. (1981). Delimitation of New Zealand hydrologic regions. *Journal of Hydrology*, 49, 173-192.
- NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL (NERC) (1975). *Flood studies report*, 5. London.
- PORUBSKÝ, A. (1982). *Podzemné vody*. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- RIGGS, H. C. (1990). Estimating flow characteristics at ungauged sites. In Beran, M., A., Brilly, M., Becker, A. & Bonacci, O. eds. *Regionalization in hydrology. International Association of Hydrological Sciences Publication*, 191. Wallingford (IAHS), pp. 159-169.
- SOLÍN, L. (1992). Regresný model priemernej ročnej odtokovej výšky pre územie Slovenska. *Geografický časopis*, 44, 237-241.
- SOLÍN, L. (1993). Hydrogeografické regionálne typy Slovenska z hľadiska priemernej ročnej odtokovej výšky. *Geografický časopis*, 45, 251-263
- SOLÍN, L., FAŠKO, P. (1995). Hydrogeografické regionálne typy montánnej krajiny Slovenska z hľadiska priemernej ročnej odtokovej výšky. *Geografický časopis*, 47, 75-91.

- SOLÍN, L., POLÁČIK, Š. (1994). Identification of homogeneous hydrological regional types of basins. In Seuna, P. D., Gustard, A., Arnell, N. W. & Cole, G. A., eds. *FRIEND: Flow Regimes from International Experimental and Network Data. International Association of Hydrological Sciences Publication*, 221. Wallingford (IAHS), pp. 467-473.
- SOPPER, W. E., LULL, H. W. (1965). Streamflow characteristics of physiographic units in the Northeast. *Water Resources Research*, 1, 115-124.
- STEVENS, M. J., LYNN, P. P. (1978). *Regional growth curves*. Report, 52. Wallingford (Institute of Hydrology).
- SZOLGAY, J., KOHNŮVÁ, S., ČUNDERLÍK, J. (1998). Niektoré metodické otázky určovania návrhových maximálnych prietokov metódami regionálnej analýzy. In *Povodne a protipovodňová ochrana. Zborník prednášok z konferencie, Banská Štiavnica, 12.-13.2.1998*. Banská Bystrica (DT ZSVTS Banská Bystrica s.r.o.), pp. 143-148.
- ŠIMO, E. (1983 a). Využitie fyzickogeografických analýz územia ako základný predpoklad upresnenia a rozširovania teritoriálnej platnosti hydrologických výpočtov a predpovedí. *Geografický časopis*, 35, 198-207.
- ŠIMO, E. (1983 b). Hydrologické procesy v krajine - možnosti ich poznania a priestorovej interpretácie. *Geografický časopis*, 35, 408-418.
- ŠIMO, E., ZATKO, M. (1980). Typy režimu odtoku. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK).
- ŠŮRI, M., CEBECAUER, T., HOFIERKA, J. (1997). Tvorba digitálneho modelu reliéfu Slovenskej republiky. *Geodetický a kartografický obzor*, 43, 257-262.
- TARÁBEK, K., MAZŮR, E., PORUBSKÝ, A. (1984). *Stanovenie kritérií pre regionalizáciu povrchových a podzemných vôd a vypracovanie máp vo vybraných celkoch na Slovensku*. Správa za kontrolovateľnú etapu, 04, Geografický ústav SAV, Bratislava.
- TUCCI, SILVEIRA & SANCHEZ (1995). Flow regionalization in the upper Paraguay basin, Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, 40, 485-497.
- WITSHIRE, S. E. (1985). Grouping basins for regional flood frequency analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 30, 151-159.
- WITSHIRE, S. E. (1986). Regional flood frequency analysis I: Homogeneity statistics. *Hydrological Sciences Journal*, 31, 321-333.
- WITSHIRE, S. E. (1986). Regional flood frequency analysis II: Multivariate classification of drainage basins in Britain. statistics. *Hydrological Sciences Journal*, 31, 335-346.
- WILTSHIRE, S. E. (1986). Identification of homogeneous regions for flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 84, 287-302.
- ZRINJI, Z., BURN, D. H. (1994). Flood frequency analysis for ungauged sites using a region of influence approach. *Journal of Hydrology*, 153, 1-21.

Eubomír Solín

HYDROLOGICAL REGIONAL DIVISION OF TERRITORY: CONTEMPORARY SITUATION AND PROBLEMS

Regional typification and regionalisation in hydrology is considered an efficient means of: a) explanation of spatial variability of components of hydrological cycle on large area normally demarcated by a state frontier, b) estimation of important hydrologic characteristics from the point view of water management for the catchments lacking hydrological survey or for making the

estimates more precise within a set of catchments with relatively short surveying data available, and c) solution of what is called scaling problem or a problem of aggregation or disaggregation which originates while applying the knowledge on runoff acquired for one spatial level on another spatial level.

There exist a lot of different approaches expressing spatial variability of hydrological characteristics or estimating hydrological characteristics for the catchments lacking surveying which are, unjustifiably, denoted regional-typifying or regionalising procedures. As such only those methodological procedures which interpret regionalisation and regional typification as spatial variation of general classification system are considered. Classification system is based in philosophy of clustering basic spatial units (catchments) in regional types or regions making use of similarity of their hydrological or physical-geographical characteristics so as they comply with the condition of homogeneity within and heterogeneity among them. The problem of hydrological regional typification and regionalisation is analysed from the viewpoint of basic conceptual approaches and used method. Two conceptual approaches to hydrological regional typification and regionalisation were formulated: 1) identification of physical-geographical regional types or regions and testing of hydrological homogeneity within or heterogeneity among them, 2) identification of hydrological homogeneous regional types directly on hydrological characteristic with additional physical-geographical reasoning of their spatial location.

Experience gained with an a priori application of physical-geographical regions showed that the spatial contiguity of the regions in geographical space is no guarantee of hydrological homogeneity of catchment within their framework. This is the reason why the attention is focused to identification of physical-geographical spatial units (regional types) not contiguous in geographical space by means of clustering the catchments based on similarity of their catchment characteristics important from the viewpoint of influence on spatial variability of hydrological characteristics. Methods applied in clustering can be classified in three basic groups: i) methods of numeric classification, ii) methods of logical two- or multimember division of physical-geographical characteristics, iii) methods of determination of "neighbours" for chosen catchment. Testing of hydrological homogeneity of identified physical-geographical regional types is making use of analysis of dispersion of hydrological values around their mean value and testing of hydrological heterogeneity among regional types is based on testing of dispersion of their mean values of chosen hydrological property around their total mean value.

While identifying homogeneous regional types directly on basis of hydrological characteristic the method of hierarchic or non-hierarchic numerical classification, as well as the method of component analysis was applied. While reasoning spatial location of identified hydrologically homogeneous spatial units the approach based in simple comparison of their spatial distribution with physical-geographical regions identified either by method of mutual overlapping of single physical-geographical components in geography or by clustering the catchments by similarity of their physical-geographical characteristics prevails.

Translated by H. Contrerasová