ANALÝZA NIEKTORÝCH ASPEKTOV IDENTIFIKÁCIE HYDROLOGICKY HOMOGÉNNYCH REGIONÁLNYCH TRIED PRE ÚČELY REGIONÁLNE FREKVENČNEJ ANALÝZY MAXIMÁLNYCH PRIETOKOV

Ľubomír Solín

Napriek určitým špecifikám, ktoré má regionálne členenie územia vzhľadom na hydrologické atribúty, aplikácia terminológie ako aj základných metodologických princípov rozpracovaných v rámci regionálnej taxonómii môže napomôcť odstrániť mnohé nie celkom jednoznačné a niekedy aj nekonzistentné postupy v procese identifikovania hydrologicky homogénnych regionálnych tried. Cieľom príspevku je stručná charakteristika základných pojmov a metodologickych postupov regionálnej taxonómie a analýza niektorých aspektov vyčleňovania hydrologicky homogénnych tried pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy z pozície všeobecných princípov regionálnej taxonómie.

Kľúčové slová: hydrologická heterogenita, hydrologická homogenita, región, regionálny typ, regionálna taxonómia, regionálne frekvenčná analýza maximálnych prietokov

Some aspects of identification hydrological homogeneous regional classes for purpose of regional flood frquency analysis. *In spite of the specific features, which posses a regional division of study territory relate to hydrological attributes, application of terminology and basic methodological principles developed in regional taxonomy can remove ambiguous and inconsistent features in identifying hydrological homogenous regional classes. The aim of the paper is to outline a brief review of some terminological and methodological aspects of regional taxonomy and analyse some aspects of delineation of hydrological regional classes for regional flood frequency analysis in the light of regional taxonomy.*

Key words: hydrological heterogeneity, hydrological homogeneity, region, regional taxonomy, regional type, regional flood frequency analysis

---

ÚVOD

Regionálne metódy odhadu extrémnych hydrologických hodnôt sú, aj napriek ich kritike z hľadiska presnosti odhadu, stále efektívnym nástrojom na odhad N-ročných prietokov pre povodia bez hydrologických pozorovaní resp. s relatívne krátkym hydrologickým pozorovacím radom, kedy je odhad kvantilov, predovšetkým s malou pravdepodobnosťou výskytu, z krátkeho údajového súboru povodia pomerne nespoľahlivý. V pozadí ich aplikácie je myšlienka, že ak frekvencia výskytu hydrologických hodnôt v rámci určitej skupiny povodí je podobná, tak spoločná analýza ich údajových súborov umožňuje dosiahnuť presnejšie závery o výskyte hydrologického javu v konkrétnom povodí, než aké umožňuje analýza lokálnych dát. Identifikovanie skupín povodí s podobnou hydrologickou reakciou je tak jednou z kľúčových úloh regionálnej frekvenčnej analýzy maximálnych prietokov.

Vychádzajúc zo všeobecného tvrdenia, že podobné fyzickogeografické vlastnosti územia majú aj podobnú hydrologickú odozvu boli spočiatku hydrologické homogénne regióny pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy maximálnych prietokov stotožňované so *všeobecnými fyzickogeografickými regiónmi.* Výhodou ich aplikácie bolo, že regionálne členenie záujmového územia malo vyčerpávajúci charakter. Dodatočné testovanie všeobecných fyzickogeografických regiónov však ukázalo, že v mnohých prípadoch regióny javili znaky výraznej hydrologickej heterogenity. V dôsledku toho sa postupne začalo ustupovať od mechanickej aplikácie priestorovo súvislých fyzickogeorafických regiónov a pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy maximálnych prietokov sa začali vyčleňovať regionálne triedy *zoskupovaním povodí do skupín* na základe ich hydrologických alebo fyzickogeografických charakteristík. Regionálne triedy vyčleňované týmto spôsobom vykazujú vyšší stupeň vnútornej hydrologickej podobnosti, ale už nie sú priestorovo súvislé v geografickom priestore. Taktiež nepokrývajú vyčerpávajúcim spôsobom celé študované územie, pretože sú identifikované len v rámci obmedzeného súboru povodí s hydrologickým pozorovaním.

Vzhľadom na určité špecifiká, ktoré má hydrologické regionálne členenie územia, sa hydrológia zatiaľ terminologicky a ani vecne uspokojivo nevysporiadala s identifikáciou regionálnych tried pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy maximálnych prietokov. Cieľom príspevku je stručná charakteristika základných pojmov a metodologickych postupov regionálnej taxonómie a analýza niektorých aspektov vyčleňovania hydrologicky homogénnych tried pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy z pozície všeobecných princípov regionálnej taxonómie. To môže napomôcť odstrániť mnohé nie celkom jednoznačné a niekedy aj nekonzistentné postupy v procese identifikovania hydrologicky homogénnych regionálnych tried.

REGIONÁLNA TAXONÓMIA: VECNÉ A TERMINOLOGICKÉ VYMEDZENIE REGIONÁLNO TAXONOMICKÝCH PROBLÉMOV

Tradičný prístup k regionálnemu členeniu krajiny, ktorý sa rozvinul vo fyzickej geografií je založený na regiónoch, ktoré sú apriorne dané a zreteľne viditeľné v geografickom priestore (cf. Grigg 1965, McDonald 1966), resp. na rozčlenení jednotlivých krajinných sfér do tried relatívne homogénnych z hľadiska určitého atribútu (Armand 1975). V geografii sa však postupne dosiahol konsenzus, že regionálne členenie územia predstavuje priestorovú formu všeobecného klasifikačného systému, v ktorej funkciu klasifikovaného objektu namiesto *indivídua* plní *základná priestorová jednotka (place).* Zoskupeniu indivíduí do *systému tried* na základe určitých kritérií potom zodpovedá zoskupenie základných areálových jednotiek do systému *areálových tried - regiónov* vzhľadom na stanovené kritéria. Túto myšlienku na pôde geografie rozvinuli v 60-tych rokoch minulého storočia predovšetkým Bunge (1962) a Grigg (1965). Zdôraznenie, že regionalizačný proces je priestorovým variantom všeobecného klasifikačného procesu potom neskoršie vyústilo do zavedenia termínu *regionálna taxonómia* (Spence a Taylor 1970). Regionálno taxonomické problémy z hľadiska vecného a terminologického identifikoval Fischer (1987). Základný problém regionálnej taxonómie je definovaný nasledovne:

„*Predpokladajme, že je daná množina B pozostávajúca z n priestorových jednotiek* $B_1, B_2, ..., B_n$, *ktoré sú charakterizované množinou p predikátov* $A_1, A_2, ..., A_p$. *Úlohou regionálnej taxonómie je nájsť taký rozklad množiny B na k neprázdnych tried* $R_1, R_2, ..., R_k$ *(pričom platí* $1 \leq k \leq n$*), ktorý vyhovuje určitému kritériu kvality definovanému vo vzťahu k množine p predikátov*“ Predikát je spoločný názov pre vlastnosť (atribút) a vzťah. Rozčlenenie záujmového územia na množinu základných priestorových jednotiek *B* má pritom vyčerpávajúci charakter. Vyčlenené regionálne triedy vo vzťahu ku kritériu kvality definovanom na množine atribútov musia spĺňať buď podmienku vnútro triednej homogenity alebo medzitriednej heterogenity.

Vo vzťahu k regionálnym triedam Fischer (1987) identifikoval štyri základné skupiny regionálno taxonomických problémov: *regionálny typ - región*, *formálne (homogénne) - funkčné* regionálne triedy, *hierarchické - nehierarchické* regionálne triedy, *prekrývajúce - neprekrývajúce* sa regionálne triedy. Triedy majúce charakter regionálneho typu, resp. regiónu sú vymedzené vzhľadom na ich priestorovú súvislosť. Základné priestorové jednotky regionálneho typu na rozdiel od regiónu nie sú priestorovo súvislé. Proces identifikovania priestorovo nesúvislých regionálnych typov sa nazýva *regionálna typizácia a* proces identifikovania priestorovo súvislých regiónov sa nazýva *regionalizácia*. *Formálne (homogénne) regionálne triedy* vyjadrujú podobnosť základných priestorových jednotiek vzhľadom na množinu vlastnosti - atribútov, zatiaľ *čo funkčné regionálne triedy* sa vymedzujú na základe vzťahov medzi dvojicami základných priestorových jednotiek. Rozlíšenie *hierarchických a nehierarchických regionálnych tried* vyjadruje či vyčlenené regionálne triedy sú alebo nie sú usporiadané do hierarchického systému. Výsledkom hierarchickej regionálnej taxonómie je hierarchicky usporiadaná postupnosť regionálnych tried, zatiaľ čo výsledkom nehierarchickej regionálnej taxonómie je len jednoduché stanovenie počtu regionálnych tried, ktorý sa z určitého hľadiska pokladá za optimálny. V prípade *prekrývajúcich* sa regionálnych tried sa vyskytuje aspoň jedna základná priestorová jednotka, ktorá patrí do dvoch alebo viacerých regionálnych tried, zatiaľ čo v prípade *neprekrývajúcich* sa regionálnych tried, každá základná priestorová jednotka patrí len do jednej regionálnej triedy.

Regionálno taxonomický proces má niekoľko fáz v rámci ktorých sa musí prijať celý rad subjektívnych rozhodnutí. *Prvá fáza* obsahuje rozhodnutie o špecifikácii regionálno taxonomického problému,

o výbere (vymedzení) základnej priestorovej jednotky a o výbere atribútov základných priestorových jednotiek, ktoré sú významné z hľadiska regionálno taxonomického procesu. Základné priestorové jednotky by mali byť priestorovo súvislé, nemali by sa vzájomne prekrývať, z hľadiska veľkosti by mali byť vzájomne porovnateľné a vyčerpávajúcim spôsobom by mali pokrývať študované územie. Regionálno taxonomický process by mal byť založený priamo na atribútoch základných priestorových jednotiek, ktoré sú v zhode s deklarovaným cieľom regionalizacie alebo regionalnej typizácie a nie na atribútoch, o ktorých sa predpokladá že významne ovplyvňujú priestorovu variabilitu charakteristiky významnú z hľadiska stanoveneho cieľa. *Druhá fáza* sa dotýka transformácie dát. Priestorové jednotky z hľadiska vybraných atribútov musia byť vzájomné porovnateľné, čiže je potrebné urobiť ich určitú korekciu vzhľadom na veľkosť regionálnych jednotiek a uskutočniť ich normalizáciu resp. štandardizáciu v prípade rôznych jednotiek merania. Ďalej je potrebné zvážiť nutnosť ortogonálnej transformácie atribútov komponentnou alebo faktorovou analýzou v prípade ich vzájomnej závislosti. *Tretia fáza* sa zaoberá výberom miery na vyjadrenie podobnosti resp. nepodobnosti základných priestorových jednotiek z hľadiska množiny vybraných atribútov. Výber určitej miery (metrické alebo nemetrické) závisí od spôsobu vyjadrenia atribútov. V prípade metrických atribútov ide o výber niektorej z mier podobnosti zo skupiny tzv. Minkovského metrík alebo Mahalanobisovej metriky, nemetrických atribútov sa miera podobnosti môže vyjadriť napr. jednoduchým koeficientom korelácie. *Štvrtá fáza* obsahuje výber metódy zoskupovania základných priestorových jednotiek do regionálnych tried. Okrem tradičných metód založených logických princípoch, alebo numerickej klasifikácií sa aplikujú aj metódy fuzzy logiky a neurónovej siete. Je dôležité zdôrazniť, že na tom istom údajovom súbore aplikácia rozdielnych mier podobnosti ako aj regionalizačných metód vedie spravidla aj k rozdielnym regionálno taxonomickým výsledkom. *Piata fáza* zahŕňa hodnotenie dosiahnutých regionálno taxonomických výsledkov. Evaluačný proces je pritom zameraný na hodnotenie regionálno taxonomického systému ako celku, hodnotenie regionálnych tried a hodnotenie významnosti regionálno taxonomického výsledku.

ANALÝZA VYČLEŇOVANIA HYDROLOGICKÝCH HOMOGENNÝCH REGIONALNYCH TRIED VO SVETLE VŠEOBECNÝCH PRINCÍPOV REGIONÁLNEJ TAXONÓMIE.

V dôsledku obmedzeného počtu povodí s hydrologickým pozorovaním regionálizácia, resp. regionálna typizácia záujmového územia z hydrologického hľadiska má niektoré špecifiká ako napr:

- poznatky o hydrologickej regionálnej štruktúre záujmového územia sú odvodené od hydrologickej regionálnej štruktúry identifikovanej v rámci vybraného súboru povodí,
- identifikovanie hydrologických homogénnych regionálnych tried sa uskutočňuje skôr na základe fyzickogeografických ako hydrologických charakteristík povodí,
- nevyhnutnosť evaluácie fyzickogeografických regionálnych tried z hľadiska hydrologických dôsledkov
- dodatočné zaradenie ostatných povodí do fyzickogeografických regionálnych tried identifikovaných v rámci vybraného súboru povodí s hydrologickým pozorovaním. V prípade, že regionálne triedy sa vyčlenili priamo na hydrologických charakteristikách, pristupuje sa k dodatočnému fyzickogeografickému zdôvodneniu lokalizácie hydrologických regionálnych tried.

Regionálno-taxonomický problém je spravidla v hydrológii formulovaný ako „identifikovanie hydrologicky homogénnych regiónov", ktoré sa vzájomne neprekrývajú. Dôraz pri jeho riešení je položený na aplikáciu zoskupovacích alegoritmov a na porovnávanie výsledkov dosiahnutých aplikáciou rôznych zoskupovacích metód. Rozšírená je však predovšetkým aplikácia numerických klasifikačných metód napr. klusterovej analýzy (napr. Mosley 1981, Wiltshire 1986b, Acreman a Sinclair 1986, Solín a Poláčik 1994, Burn a Goel 2000, Kohnova a Szolgay 2000, 2002) alebo kanonickej korelačnej analýzy (Cavadias 1990, Ouarda et al. 2001). Účinné je však vytváranie regionálnych tried aj aplikáciou logických princípov (napr. Wiltshire 1986a, Solín 2002). V poslednom období sa začínajú aplikovať zoskupovacie alegortmi opierajúce sa o fuzzy logiku a umelé neurónové siete (napr. Hall a Minns 1999, Jingyi a Hall 2004). Identifikáciu vzájomne sa prekrývajúcich regionálnych tried nesprávne označili Acreman a Wiltshire (1989) ako „regionalizáciu bez regiónov". Vyčleňovanie vzájomne sa prekrývajúcich regionálnych tried potom podr obnejšie rozpracoval Burn (1990). Regionálno taxono-

mický proces však okrem aplikácie zoskupovacieho alegoritmu si vyžaduje riešenie aj ďalších metodologických problémov ako je napr. definovanie základnej priestorovej jednotky, ktorá je predmetom regionálno taxonomického procesu, identifikácia regionálno taxonomických problémov a vypracovanie tomu zodpovedajúcej terminológie, evaluácia získaných regionálno taxonomických výsledkov a dosiahnutie vyčerpávajúceho charakteru regionálneho členenia študovaného územia. Týmto metodologickým problémom, ktoré sú v súvislosti so špecifikami hydrologického regionálneho členenia obzvlášť dôležité, sa však nevenuje dostatočná pozornosť. Na ich podrobnejšiu analýzu je preto zameraná ďalšia príspevku.

Malé povodia - základné priestorové jednotky pre hydrologické regionálne členenie územia.

Prirodzenou základnou priestorovou jednotkou, ktorá je predmetom hydrologického regionálno taxonomického procesu je povodie. Podľa princípov regionálnej taxonómie by potom povodia z hľadiska veľkosti plochy by mali byť vzájomne porovnateľné, ďalej by sa nemali navzájom prekrývať a vyčerpávajúcim spôsobom by mali pokrývať študované územie. Analýza súborov povodí s hydrologickým pozorovaním, ktoré sú predmetom regionálno taxonomického procesu však naznačuje, že výberové súbory povodí sa z hľadiska veľkosti plochy obsahujú povodia od rozlohy niekoľko km^2 až po povodia s rozlohou niekoľko tisíc km^2 (napr. Wiltshire (1986a). Sú teda kombináciou malých, stredných a veľkých povodí. Vymedziť v takomto súbore povodí regionálne triedy s pomerne jednoznačne definovanou väzbou medzi hydrologickou odozvou a fyzickogeografickými atribútmi a je však diskutabilné. Z tohto uhla pohľadu je preto vhodné zostaviť súbor len z malých povodí (povodia s plochou do asi 250 km^2), ktoré umožňujú detailnejšie identifikovať fyzickogeografické regionálne triedy so zreteľne odlišným hydrologickým prejavom. Spoľahlivosť hydrologických odhadov pre povodia bez hydrologického pozorovania sa výrazne zväčšuje v prípade hydrologicky jasne separovaných regionálnych tried.

Vybraný súbor povodí by mal byť zostavený tak, aby sa povodia vzájomne sa neprekrývali. Nie vždy je však táto podmienka dodržovaná a to z dôvodu výskytu tzv. nested povodí. V rámci toho istého riečneho systému je spravidla viacej vodomerných profilov a v niektorých prípadoch sa povodia uzatvorené vodomernými profilmi vzájomne prekrývajú. Vzájomná závislosť ich hydrologických hodnôt potom môže výrazným spôsobom ovplyvniť výsledky testovania hydrologických konzekvencií. Preto ju treba eliminovať korektným zostavením výberového súboru.

Aby homogénne fyzickogeografické regionálne triedy identifikované v rámci vybraného súboru povodí pokrývali celé záujmové územie je nevyhnutné zaradiť do nich aj ostatné povodia. Rozdelenie záujmového územia vyčerpávajúcim spôsobom na súbor malých povodí umožňuje dosiahnuť vyčerpávajúci charakter regionálnych tried konzistentným spôsobom. Rozčlenenie územia Slovenska na súbor viac ako 5000 malých povodí pre účely regionálnej typizácie uskutočnili napr. Solín a Grešková (1999). Prípade, že záujmové územie na takýto súbor povodí nie je rozdelené, vyčerpávajúci charakter identifikovaných regionálnych tried sa zabezpečuje prostredníctvom väzby na všeobecné fyzickogeografické regióny. To však už je nie v súlade s koncepciou regionálnej taxonómie ako priestorovej formy všeobecného klasifikačného systému, kde funkciu klasifikovaného objektu plní povodie.

Z identifikovania hydrologických regionálnych tried len v rámci vybraného súboru povodí s hydrologickým pozorovaním, vyplýva ešte ďalšia špecifická podmienka, ktorú by mal súbor povodí spĺňať a to, že by mal reprezentovať pestrosť fyzickogeografických podmienok všetkých malých povodí záujmového územia. Len v takom prípade totiž regionálne triedy identifikované v rámci výberového súboru povodí budú primeraným spôsobom reprezentovať regionálnu hydrologickú štruktúru celého záujmového územia.

Región versus regionálny typ.

Región, v zmysle terminológie regionálnej taxonómie predstavuje regionálnu triedu, ktorá je súvislá v geografickom priestore. Naopak, regionálne typ, je priestorovo nesúvislá regionálna trieda. Regionálno-taxonomický problém je v hydrológií formulovaný ako „identifikovanie hydrologicky homogénnych regiónov" a to aj napriek tomu, že vyčlenené regionálne triedy nie sú súvislé v geografickom priestore a teda majú charakter regionálnych typov. V hydrológií vecné aj terminologické vymedzenie rôznych regionálno taxonomických problémov chýba. Región v regionálnej frekvenčnej analýze maximálnych prietokov je definovaný ako územie v rámci ktorého štatistické rozdelenie štandarizovaných maximálnych prietokov je podobne vo všetkých povodiach (Acreman & Wiltshire 1989). Čiže dôležitým atribútom regiónu je podobnosť hydrologických atribútov povodí a nie jeho priestorová súvislosť v geografickom priestore. Takéto chápanie regiónu sa však stáva zdrojom aj určitých teoretických a metodologických nepresností a nejednoznačností vyčleňovania hydrologických regionálnych tried. Súčasné metódy zoskupovania povodí do regionálnych tried (logické delenie, numerická klasifikácia, fuzzy logika, neurónová sieť) produkujú priestorovo nesúvislé triedy - regionálne typy. Vyčlenenie regiónov si však vyžaduje, aby podmienka priestorovej súvislosti bola priamo obsiahnutá v regionalizačnom alegortime, respektíve po vyčlenení regionálnych typov sa pristúpi k ich určitému zoskupeniu tak, aby vytvorili priestorovú súvislú triedu. Jej prioritným znakom však už nemusí byť vnútorná homogenita povodí vzhľadom na hydrologické atribúty ale napr. určitá štruktúra usporiadania regionálnych typov. Určitý pokus o terminologické odlíšenie priestorovo nesúvislých regionálnych tried od priestorovo súvislých tried naznačili napr. Nathan & McMahon (1990), Jingyj &Hall (2004), keď pre priestorovo nesúvislé hydrologické regionálne triedy používajú aj termín "subregion".

Evaluácia hydrologických dôsledkov a identifikovanie optimálneho počtu fyzickogeografických regionálnych tried.

Jedným zo základných princípov regionálnej taxonómie je, že regionálna typizácia resp. regionalizácia by sa mala uskutočniť priamo na základe atribútov základných priestorových jednotiek, ktoré sú v zhode s deklarovaným cieľom regionálnej typizácie resp. regionalizácie a nie na základe atribútov, ktoré významným spôsobom ovplyvňujú priestorovú variabilitu charakteristík, ktoré zodpovedajú deklarovanému cieľu (Grigg 1965). Vyčleňovanie hydrologických homogénnych regionálnych tried by malo byť teda založené priamo na hydrologických charakteristikách povodí. Hydrologická regionálna štruktúra však môže byť identifikovaná priamo na základe hydrologických charakteristík len v rámci súboru povodí s hydrologickým pozorovaním. Zaradenie ostatných povodí do vyčlenených hydrologických regionálnych tried je však v takom prípade problematické. Z toho dôvodu sa preferuje vyčleňovanie hydrologických regionálnych tried na základe fyzickogeografických charakteristík povodí, ktoré sú zistiteľné pre celý základný súbor povodí študovaného územia.

Pri použití fyzickogeografických charakteristík je však nevyhnutné pristúpiť k hodnoteniu hydrologických konzekvencií vyčlenených fyzickogeografických regionálne tried a na základe výsledkov hodnotenia potom stanoviť optimálny počet fyzickogeografických regionálnych tried. Ak sú charakteristiky na základe, ktorých sa uskutočňuje regionálne členenie v súlade s deklarovaným cieľom regionálnej typizácie alebo regionalizácie, algoritmi zoskupovania, tým že vytvárajú triedy z hľadiska atribútov podobných priestorových jednotiek, zároveň aj spôsobujú rozdielnosť priestorových jednotiek medzi regionálnymi triedami. A preto je postačujúce ak regionálne triedy z hľadiska atribútov základných priestorových jednotiek spĺňajú buď podmienku vnútrotriednej podobnosti (homogénnosti) alebo podmienku medzitriednej rozdielnosti (heterogénnosti). Regionálne triedy pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy maximálnych prietokov sú však identifikované na základe fyzickogeografických charakteristík povodí, ale regionálny taxonomický výsledok sa hodnotí vzhľadom na hydrologické konzekvencie. Preto vyčlenené fyzickogeografické regionálne triedy z hľadiska hydrologických atribútov charakterizujúcich rozdelenie maximálnych ročných prietokov musia spĺňať tak podmienku vnútrotriednej podobnosti ako aj podmienku medzitriednej rozdielnosti.

Fyzickogeografické regionálne triedy spĺňajúce podmienku hydrologickej homogenity ale nespĺňajúce podmienku vzájomnej hydrologickej heterogenity nie opodstatnené vyčleňovať ako samostatné regionálne triedy a treba ich spojiť do jednej triedy. Splnenie podmienky hydrologickej homogenity vyčlenených fyzickogeografických regionálnych tried preto nie je postačujúce. Navyše na jej margo Hosking a Wallis (1997) poznamenávajú, že striktná požiadavka na vnútornú hydrologickú homogenitu nie opodstatnená. Výsledky simulácii odhadu N-ročných maximálnych prietokov regionálnymi distribučnými funkciami totiž ukázali, že i v relatívne heterogénnych regionálnych triedach bola presnosť odhadu N -ročných maximálnych prietokov oproti homogénnym triedam menšia o 20-40%, čo je však ešte stále presnejšie ako odhady lokálnymi distribučnými funkciami. Tieto výsledky naznačujú, že dôraz pri testovaní hydrologických konzekvencií by mal byť položený na splnenie podmienky hydrologickej heterogenity medzi fyzickogeografickými regionálnymi typmi pri zachovaní určitého stupňa vnútornej hydrologickej podobnosti regionálnych tried.

Testovanie rozdielov medzi fyzickogeografickými regionálnymi triedami z hľadiska hydrologickej odozvy sa uskutočňuje aplikáciou modelu analýzy rozptylu (ANOVA), ktorá umožňuje posúdiť či dôsledkom vyčlenených fyzickogeografických regionálnych tried sú aj výrazné rozdiely v regionálnych hydrologických hodnotách. Aplikácia *F*-štatistiky napr. Wiltshire (1986a), Acreman & Sinclair (1986) však nie je postačujúca. Zamietnutie nulovej hypotézy o rovnosti stredných regionálnych hydrologických hodnôt umožňuje síce vysloviť záver, že medzi fyzickogeografickými regionálnymi triedami a regionálnymi hydrologickými hodnotami existuje významná závislosť, ale neumožňuje urobiť záver o významnosti rozdielov regionálnych hydrologických hodnôt medzi jednotlivými fyzickogeografickými regionálnymi triedami. Takéto poznatky je možné získať aplikáciou metódy párového porovnania (cf. Neter et al. 1985, Hsu 1996) kedy sa testuje nulová hypotéza, že rozdiely medzi regionálnymi hydrologickými hodnotami fyzickogeografických regionálnych typov sa rovnajú nule. Aplikujúc tento prístup Solín (2002) hodnotil hydrologické dôsledky fyzickogeografických regionálnych typov vyčlenených pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy na základe aplikácie logického delenia ako aj metód numerickej klasifikácie. V tab. 1 sú uvedené regionálne hodnoty *L*-Cv fyzickogeografických regionálnych typov vyčlenených rozdielnymi metódami.

Tab. 1. Regionálne hodnoty L-Cv a počet povodí vo fyzickogeografických regionálnych vyčlenených rôznymi metódami

Tab. .1 Regional value of sample L-Cv and the number of basins in the physical regional types delineated by different methods

Metóda regionálnej typizácie	Regionálne typy *L*-Cv/ počet povodí			
	I	II	III	IV
HC-priemernej vzdialenosti	*0,3304*/68	*0,2624*/*69*	*0,2503*/12	*0,2464*/7
HC-skupinového priemeru	*0.3609*/13	*0,3118*/74	*0,2561*/50	*0,2489*/19
NHC-K priemerov	*0,3354*/51	*0,2937*/54	*0,2412*/44	*0,2464*/7
LD-A	*0,3525*/11	*0,3108*/87	*0,2505*/52	*0,2252*/6
LD-P	*0,3539*/24	*0,3003*/82	*0,2450*/35	*0,2252*/6
LD- P+A	*0,3579*/12	*0,3167*/60	*0,2903*/34	*0,2426*/50

HC – hierarchická zhluková analýza, NHC – nehierarchická zhluková analýza, LD – logické delenie, P - ročný úhrn zrážok povodia, A - priemerná nadmorská výška povodia

V tab. 2 sú potom výsledky *F* -testu and a párového porovnania fyzickogeografických regionálnych typov z hľadiska významnosti rozdielov medzi regionálnymi hodnotami *L*-Cv.

Tab. 2. Výsledky testovania hydrologických konzekvencií

Tab. 2. Results of the tests of hydrological consequences

Metóda regionálnej typizácie	F-test	Nevýznamné rozdiely medzi regionálnymi typmi
HC-priemernej vzdialenosti	22,65	II-III, II-IV, III-IV
HC-skupinového priemeru	21,68	III-IV
NHC-K priemerov	27,68	III-IV
LD-A	21,18	III-IV
LD-P	28,33	III-IV
LD-P+A	25,19	-

Štyri fyzickogeografické regionálne typy vyčlenené v rámci súboru 156 malých povodí metódou logického delenia na základe kombinácie diferenciačných hodnôt priemerného ročného úhrnu zrážok a priemernej nadmorskej výšky povodia (tab.3) sa ukázali byť optimálne pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy maximálnych prietokov na Slovensku.

Tab. 3. Fyzickogeogarfické regionálne typy: diferenciačné hodnoty prierného ročného úhrnu zrážok a priemernej nadmorskej výšky povodia

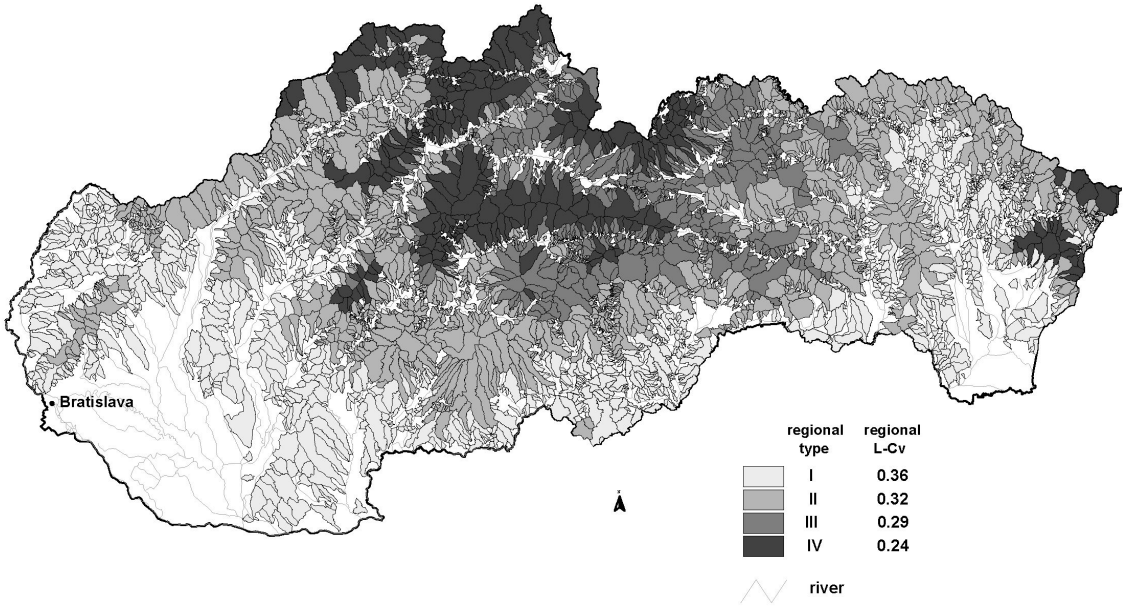
Tab. 3. Physical regional types: differentiation values of mean annual precipitation and mean altitude of basins

Fyzicko geografické regionalne typy	P (mm)	A (m a.s.l.)
I	≤950	≤350
II	≤950	351 - 700
III	≤950	>700
IV	>950	>700

Vyčerpávajúci charakter hydrologického regionálneho členenia

Po identifikovaní hydrologických regionálnych tried v rámci vyberaného súboru povodí s hydrologickým pozorovaním je nevyhnutné pristúpiť k záverečnému kroku regionálno taxonomického procesu a to k zaradeniu ostatných povodí študovaného územia do identifikovaných regionálnych tried. Ak sú regionálne triedy vyčlenené priamo na základe hydrologických atribútov povodí, vyčerpávajúci charakter regionálneho členenia študovaného územia je možné dosiahnuť prepojením priestorovej lokalizácie regionálnych tried na všeobecné fyzickogeografické regióny resp. geoekologické typy. Identifikácia takéhoto prepojenia na základe vizuálneho porovnania geografickej polohy hydrologických regionálnych tried a fyzickogeografických regionálnych jednotiek (napr. Mosley 1981) však nie je dostatočne presná a jednoznačná. Navyše predstavuje návrat ku koncepcii, ktorá sa v hydrológii už opustila.

V prípade vyčlenenia hydrologických regionálnych tried v rámci vybraného súboru povodí na základe fyzickogeografických charakteristík povodí sa vyčerpávajúce pokrytie študovaného územia regionálnymi triedami dosiahne klasifikáciou ostatných povodí do vyčlenených tried na základe ich fyzickogeografických vlastností. Vyčerpávajúce rozdelenie študovaného územia na malé povodia spolu s vytvorením databázy ich fyzickogeografických charakteristík (napr. Solín et al. 2000) je tak nevyhnutným predpokladom aplikácie tohto prístupu. Ak sa pri identifikovaní hydrologických regionálnych tried uplatnili metódy numerickej klasifikácie, tak potom zaradovanie ostatných povodí tried je možné uskutočniť na základe diskriminačnej analýzy. Ak sa aplikovali princípy logického delenia, tak povodia sa zaraďujú do regionálnych tried priamo na základe hodnôt diferenciačných fyzickogeografických atribútov. Napr. súvislosti s regionálnym členením Slovenska pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy maximálnych prietokov do štyroch fyzickogeografických regionálnych typov, ktoré sú z hľadiska regionálnych hodnôt *L*-Cv medzi sebou výrazne odlišné, sa ostatné malé povodia SR klasifikovali na základe hodnôt priemerného ročného úhrnu zrážok a priemernej nadmorskej výšky povodia (obr. 1).



Obr. 1 Regionálne členenie Slovenska pre účely regionálnej frekvenčnej analýzy maximálnych prietokov

Fig. 1. Slovakia: Hydrological homogeneus regional types for regional flood frequency analysis

ZÁVER

V príspevku sa stručne načrtli základné princípy a kroky regionálno-taxonomického procesu a analyzovali sa niektoré aspekty vyčleňovania hydrologických regionálnych tried z pohľadu regionálnej taxonómie. Pozornosť bola zameraná predovšetkým na definovanie základnej priestorovej jednotky, ktorá je predmetom hydrologického regionálno taxonomického procesu, analýzu hydrologických regionálno taxonomických problémov a tomu zodpovedajúcej terminológie, evaluácii hydrologických dôsledkov vyčlenených fyzickogeografických regionálnych typov a dosiahnutie vyčerpávajúceho charakteru hydrologického regionálneho členenia študovaného územia. Vyzdvihli sa špecifiká regionálno taxonomického procesu v hydrológií, ako napr. identifikovanie regionálnych tried len v rámci vybraného súboru povodí s hydrologickým pozorovaním, vyčleňovanie hydrologických regionalnych tried nie na hydrologických ale fyzickogeografických atribútoch povodí, testovanie fyzickogeografických regionálnych typov nielen z hľadiska ich vnútornej hydrologickej homogenity ale aj vzájomnej vonkajšej hydrologickej heterogenity a dodatočné zaradenie ostatných povodí študovaného územia regionálnych tried identifikovaných v rámci vybraného súboru povodí, ktoré sú dôsledkom toho, že hydrologické pozorovania sa uskutočňujú len na obmedzenom počte povodí.

Poďakovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu 2/3085, ktorý je finančné podporovaný grantovou agentúrou VEGA Slovenskej akadémie vied.

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. *J. Hydrol*. **84**, 365-380.

Acreman, M. C., Wiltshire, S. (1989): The regions are dead; long live the regions. Method of identifying and dispensing with regions for flood frequency analysis. In: *FRIENDS in Hydrology* (ed. by T. Roald, K. Nordseth & k. A. Hassel) (Proceedings of the first international Symposium, Bolkesjø, Norway, April 1989), 175-188. IAHS Publ. 187, IAHS Press, Walingford, UK.

Armand, D. L. (1975): *Nauka o landschafte*. Mysel, Moskva, Russia.

Bunge, W. (1962): Theoretical geography. *Lund Studies in Geography, Series C, General and Mathematical Geography 1*

Burn, D. H. (1990): An appraisal of the "region of influence" approach to flood frequency analysis. *J. Hydrol*. **104**, 345-361.

Burn, D. H., Goel, N. K. (2000): The formation of groups for regional flood frequency analysis. *Hydrol. Sci. J*. **45**(1), 97-112.

Cavadias, G. S. (1990): *The canonical correlation approach to regional flood estimation*. Regionalization in hydrology. In: Proc.of the Ljubljana Symposium. IAHS, Publ. No. 191, 171-178.

Fischer, M. M. (1987): Some fundamental peoblems in homogeneus and functional taxonomy. *Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung* **11**, 267-282.

Grigg, D. (1965): The logic of regional systems. *Annals of the Assosiation of American Geographers* **55**, 465-491.

Hall, M. J., Minns, A. V. (1999): The classification of hydrologically homogeneous regions. *Hydrol. Sci. J*. **45** (5), 693-704.

Hosking, J. R. M., Wallis, J. R. (1997): *Regional frequency analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Hsu, J. C. (1996): *Multiple comparison*. Chapman & Hall, Boca Raton, USA.

Jingyj, Z., Hall, M. J. (2004): Regional flood frequency analysis for the Gan-Ming river basin in China. *J. Hydrol*. **296**, 98-117.

Kohnová, S., Szolgay, J. (2000): Regional estimation of design flood discharges for river restoration in mountainous basins of northern Slovakia. In: *Flood Issues in Contemporary Water Management* (ed. By Marsalek, et al.), 41-47. NATO Science Series 71, Kluwert Academic Publisher, UK.

Kohnová, S., Szolgay, J. (2002): Practical applicability of regional methods for design flood computation in Slovakia. In: *Proceedings of International Conference on Flood Estimation* (eds by R. Weingartner & M. Sperafico) 529-539. CHR Report II-17 Bern, Switzerland.

McDonald, J. R. (1966): The region: its conception, design and limitation. *Annals of the Association of American Geographers.* **56**, 516-528.

Mosley, M. P. (1981): Delimitation of New Zealand hydrologic regions. *J. Hydrol*. **49**, 173-192.

Neter, J., Wasserman, W. and Kutner, R. M. (1985): *Applied linear statistical models*. Home Wood, Illinois, USA.

Ouarda, T. B. M. J., Girard, C., Cavadias, G. S. and Bobeé, B. (2001): Regional flood frequency estimation with canonical correlation analysis. *J. Hydrol*. **254**, 157-173.

Solín, Ľ., Poláčik, Š (1994): Identification of homogeneous hydrological regional types of basins. In: FRIEND: Flow Regimes from International Experimental and Network Data (eds. by P. Seuna, A. Gustard, N. W. Arnell & G. A. Cole) (Proceedings of an international conference) 467-473. IAHS Publ. 221, IAHS Press, Walingford, UK.

Solín, Ľ., Grešková , A. (1999): Small catchments of Slovakia: basic spatial units of hydrogeographical regional division (in Slovak). *Geographical Journal* **51** ***(1),*** 78-96.

Solín, Ľ., Cebecauer, T. Grešková, A. and Šúri, M. (2000): *Small basins of Slovakia and their physical characteristics*. Institute of Geography, Slovak Committee for hydrology, Bratislava, Slovakia.

Solín, Ľ. (2002): Regional flood frequency analysis: identification of physical regional types. In: *Proceedings of International Conference on Flood Estimation* (eds by R. Weingartner & M. Sperafico) 687-696. CHR Report II-17 Bern, Switzerland.

Spence, N. A., Taylor P. J. (1970): Quantitative methods in regional taxonomy. In: *Progress in Geography*, 2 (eds. by C. Board, R. J. Chorley, R. J. Hagget & D. R. Stoddart) 1-64. Arnold, London UK.

Wiltshire, S. E. (1986a): Identification of homogeneous regions for flood frequency analysis. *J. Hydrol*. **84**, 287-302.

Wiltshire, S. E. (1986b): Regional frequency analysis II: multivariate classification of drainage basins in Britain. *Hydrol. Sci. J*. **31**(3), 335-346.

Autor

Ľubomír Solín, Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, e-mail:lubomir.solin@savba.sk