ACTA HYDROLOGICA
SLOVACA

Ročník 16, Tematické číslo, 2015, 45 - 52

DESAGREGACE DENNÍ PRŮTOKOVÉ ŘADY POMOCÍ PYCNOPHYLAKTICKÉ INTERPOLACE

Antonín Malý

V článku je představen původní postup, který umožňuje stanovit průměrné hodinové průtoky na základě průměrných denních průtoků, variantně doplněných o hodnotu okamžitého maxima řady. V návaznosti na vyvinutý algoritmus byl sestaven a otestován výpočetní program PYKVEJF. Ten je možné využít například k rekonstrukci průběhu vybraných historických povodní, vykreslení teoretických povodňových vln s podmíněnou pravděpodobností překročení objemu, nebo také ke hromadné kontrole existující databáze průtoků. Z dosavadního provozu i předložených výsledků vyplývá, že v přesnosti, rychlosti, robustnosti, reprodukovatelnosti i disponibilitě řešení náš program zásadním způsobem převyšuje jediný v ČHMÚ dosud používaný obdobný nástroj SPLINEQD.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: interpolace časové řady, odtoková epizoda, historická povodeň, kulminační průtok, splajn

DISAGGREGATION OF DAILY DISCHARGE SERIES USING PYCNOPHYLACTIC INTERPOLATION. The article introduces an original method enabling to determine hourly mean discharge on the basis of daily mean discharge, alternately supplemented by the value of the single-event maximum discharge time series. The established algorithm has been the necessary prerequisite for evolving and testing the new software called PYKVEJF. This programme can be used to reconstruct selected historic flood events, determine the potential for flood waves that are likely to exceed run-off volume, or can be used for the large-scale checking of the existing discharge database. The current experience and the submmitted results show that our software – accurate, time-saving, robust, reproducible, and disponible – is a much more reliable method than SPLINEQD, the only vehicle that has so far been used by the Czech Hydrometeorological Institute (CHMI).

KEY WORDS: time serie interpolation, run-off episode, historical flood, peak discharge, spline

Úvod

V hydrologické praxi se neustále potýkáme s potřebou zahustit dostupné prostorově, nebo časově diskretizované informace. Přibližně tři čtvrtiny elektronické databáze průtoků v ČHMÚ jsou k dispozici pouze v denním kroku. Pokud zpracováváme úlohu vyžadující velké množství průtokových dat v podrobnějším časovém rozlišení, nezbývá nám než se s výsledkem dopředu rozloučit, nebo si vystačit se syntetickými, modelově desagregovanými daty. V ČHMÚ je k dispozici jediný program SPLINEQD, který umožňuje dekomponovat průměrné denní průtoky na hodinový krok. Slouží nám nejčastěji jako nástroj k vykreslení teoretických povodňových vln s podmíněnou pravděpodobností překročení objemu (Kulasová a kol., 2007). Přes jeho nepopiratelný přínos má program svá omezení, která spočívají v:

1) nedodržení okrajových podmínek zadání (průměr z modelových hodinových průtoků nedává dohromady požadovaný denní průměr).
2) častém nedodržení horních a dolních limitů (modelové překročení zadaného kulminačního průtoku, pokles modelového řešení do nepravděpodobně nízkých, či dokonce záporných hodnot),
3) uživateli vnuceném a mnohdy nereálném způsobu zadání (program nepřipouští výskyt maximální okamžité hodnoty v rámci jiného intervalu než během dne s maximální průměrnou hodnotou průtoku),
4) manuálním režimu ovládání odrážející se v pracnosti

a pomalé dostupnosti řešení (to nezbytně vyžaduje subjektivní zásahy zpracovatele a neumožňuje provádět hromadné zpracování dat),

5) nekompatibilitě uvedeného programu s novějšími operačními systémy na osobních počítačích.

Jedná se tedy jak o omezení programová (bod 4 a 5), tak i o nedostatky matematicko-metodického aparátu (body 1 až 3). Matematické jádro programu SPLINEQD (Doležel, 2005) tvoří interpolace pomocí sekvence polynomických funkcí. Zkonstruovaný splajn prochází jednak bodem definovaným hodnotou kulminačního průtoku a časem jeho výskytu a dále body určenými průměrnou hodnotou průtoku v daném dni a dvanáctou hodinou příslušného dne. Návazný programový iterační proces je velmi neefektivní a nic podstatného na výše uvedených omezeních již nemění. Je tomu tak z toho důvodu, že nedokáže současně zajistit splnění podmínek definujících průběh funkce vlastního hydrogramu, tak omezení kladená na její integrál. S ohledem na vyjmenované nedostatky, především ale kvůli provozní nedostupnosti nástroje (bod 5) a bezprostřední potřebě desagregace řad jsme se odhodlali k hledání vlastního řešení.

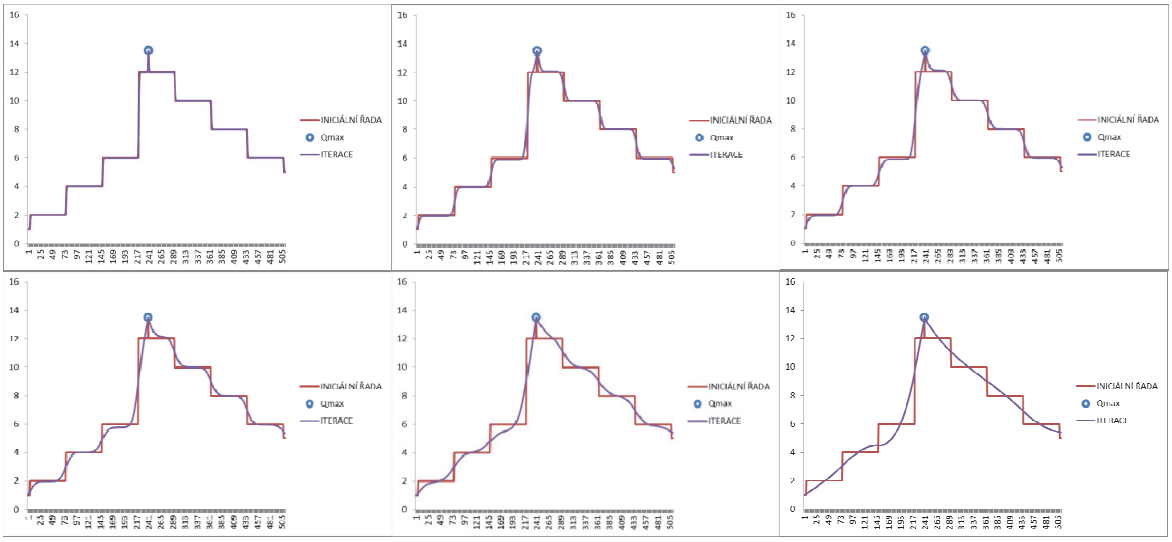
Materiál a metody

Jako inspirace při tvorbě výpočetního algoritmu nám posloužila metoda Pycnophylaktické prostorové interpolace, Tobler (1979). Tato známá technika úspěšně řeší velmi podobný problém, na který se snažíme najít lék. Časová desagregace má s prostorovou interpolací v principu mnoho společného, navíc je jednodušší o jednu dimenzi. Je proto až s podivem, že se nám v domácí ani světové literatuře nepodařilo najít zmínku o aplikaci Pycnophylaktické interpolační metody na časové řady. Převážná většina autorů se s různou mírou úspěchu spoléhá na interpolaci splajnem. Jako příklad takového postupu z poslední doby je možné uvést práci Danáčové a Szolgaye (2014).

V literatuře je možné nalézt poměrně široké spektrum technik věnujících se problematice rozkladu časových řad na podrobnější krok. Velká většina z nich však není efektivní za situace, kdy chceme spolu s denními průměry zachovat informaci o okamžitém maximu řady. Nekompletní přehled metod uvádí například Kladroba (2005), Moauro a Savio (2001), nebo Sax a Steiner (2013). Z nedávných příspěvků na toto téma připomeňme práci Asmusse a kol (2015).

To, jakým způsobem naše úprava Pycnophylaktické interpolace na časové řady funguje jsme již dříve podrobněji popsali v článku Malý (2015). Přesto si dovolíme připomenout základní princip našeho algoritmu.

Hledáme množinu n průměrných hodinových průtoků x_i, kde $i \in \langle 1; n \rangle$. Index i značí polohu jedné vybrané hodnoty v rámci celé diskretizované časové řady. Vedle toho máme množinu m shluků X_j kde $j \in \langle 1; m \rangle$. Hodnota X_j odpovídá průměru všech v ní obsažených prvků $x_{i,j}$ a zastupuje buď zadaný průměrný denní průtok, nebo hodinovou redukovanou hodnotu známého okamžitého kulminačního průtoku. Z uvedeného vyplývá, že jednotlivé shluky X_j mohou obsahovat buď jeden nebo více prvků x_i.



Obr. 1. Průběh Pycnophylaktické interpolace při aplikaci na časové řady (zleva doprava, shora dolů).
Fig. 1. Pycnophylactic interpolation applied to time series (left to right, top to bottom).

Délku shluku normovanou délkou časového kroku řady Δt vyjadřuje proměnná n_j, proto platí:

$$X_j = \frac{\sum x_{i,j}}{n_j} \tag{1}$$

Na začátku úlohy známe pouze hodnoty X_j včetně jejich polohy na časové ose. V ***první fázi řešení*** vytvoříme iniciální řadu modelových průměrných hodinových průtoků $x_{i(0)}$ tak, aby se každá hodnota $x_{i(0),j}$ vždy rovnala příslušné hodnotě X_j. Z prvků $x_{i(0),j}$ obdobným způsobem jako ve výše uvedené rovnici (1) odvodíme odpovídající průměrnou hodnotu ve shluku $X_{j(0)}$. Tato hodnota tak zůstává totožná s X_j kromě případů, kdy $x_{i,j}$ zastupují hodinovou redukovanou hodnotu kulminačního průtoku a příslušejí tak současně dvěma shlukům X_j. Popsanou eventualitu je pak třeba v návazné výpočetní proceduře zvlášť ošetřit.
V ***druhé fázi řešení*** pomocí oboustranného klouzavého aritmetického průměru vytvoříme z iniciální řady prvotní shlazenou řadu prvků $x_{i(1)}$. Například tak, že:

$$x_{i(1)} = \frac{x_{i-1(0)} + x_{i(0)} + x_{i+1(0)}}{3} \tag{2}$$

U vztahu (2) záměrně neuvádíme index j, protože shlazení iniciální řady probíhá stejným způsobem uvnitř i vně hranic každého časově definovaného shluku. Prvky $x_{i(1),j}$ aritmeticky zprůměrujeme, obdobně jako u vztahu (1), a dostáváme novou řadu modelových průměrných denních průtoků $X_{j(1)}$. Pro tuto řadu odvodíme sadu korekčních koeficientů $k_{j(1)}$:

$$k_{j(1)} = \frac{X_j}{X_{j(1)}} \tag{3}$$

Ve ***třetí fázi řešení*** vytvoříme prvotní adjustovanou řadu prvků $x_{i(2)}$ tak, aby platilo:

$$x_{i(2),j} = x_{i(1),j} \cdot k_{j(1)} \tag{4}$$

Opět, v souladu s již naznačeným postupem, pokračujeme:

$$X_{j(2)} = \frac{\sum x_{i(2),j}}{n_j} = X_j \tag{5}$$

Dále opakujeme výše popsanou ***druhou a třetí fázi řešení*** tak dlouho, dokud poslední vygenerovaná řada prvků $x_{i(e)}$ nevyhoví předepsaným kritériím kvality výsledku. Po dokončení cyklu na úrovni třetí fáze řešení tj. adjustace řad, automaticky dochází k dodržení požadované hodnoty denního průměru řady. Další z podmínek zajišťující nepřekročení zadaného maxima řady, je třeba jednoduchým způsobem implementovat do výpočetní procedury a přizpůsobit jí adjustační mechanizmus. Dodržení požadované míru plynulosti výsledné řady hodinových průtoků lze podobně jako u standardní Pycnophylaktické interpolace vyšetřovat pomocí kritéria konvergence posledních dvou modelově vygenerovaných řešení. Zpravidla si při výpočtu vystačíme s dostatečně vysokým počtem vygenerovaných modelových řad (vysoká hodnota e).
Pokud chceme do podmínek omezujících množinu řešení zahrnout informaci o okamžitém globálním maximu výseku řady Q_{MAX}, musí platit následující podmínka:

$$Q_{MAX} = X_{j,MAX} \cdot k_{\Delta t} = x_{i,MAX} \cdot k_{\Delta t} \tag{6}$$

kde $X_{j,MAX}$ značí nejvyšší hodnotu empirických prvků X_j, $x_{i,MAX}$ vyjadřuje nejvyšší hodnotu prvků x_i a $k_{\Delta t} \in (0;1)$ chápeme jako kulminační redukční koeficient. Se vzrůstající délkou časového kroku Δt bude $k_{\Delta t}$ klesat. Kulminační redukční koeficient jsme pro náš účel odhadli na základě vztahu:

$$k_{\Delta t} = e^{\left[\left(\frac{\Delta t}{tD}\right) \cdot LN\left(\frac{QD_{MAX}}{Q_{MAX}}\right)\right]} \tag{7}$$

kde Δt značí délku trvání časového kroku v hodinách, tD je délka trvání dne v hodinách, QD_{MAX} vyjadřuje nejvyšší průměrný denní průtok, který lze asociovat s okamžitou kulminační hodnotou výseku řady, Q_{MAX} je okamžitý kulminační průtok výseku řady.

Vedle limitu omezujícího řešení „shora“, doporučujeme při aplikaci použít i dolní okrajovou podmínku. Přirozenou spodní mez okamžitého průtoku, v případě hydrologických řad, tvoří tzv. výtoková křivka. Čím nižší průtoky pozorujeme, tím nižší absolutní pokles průtoku můžeme v nejbližším časovém kroku očekávat. Konstrukce výtokové křivky není jednoznačná záležitost, tím spíše, že obvykle pracujeme pouze s malým výsekem časové řady. Z tohoto důvodu jsme přikročili k velkému zjednodušení:

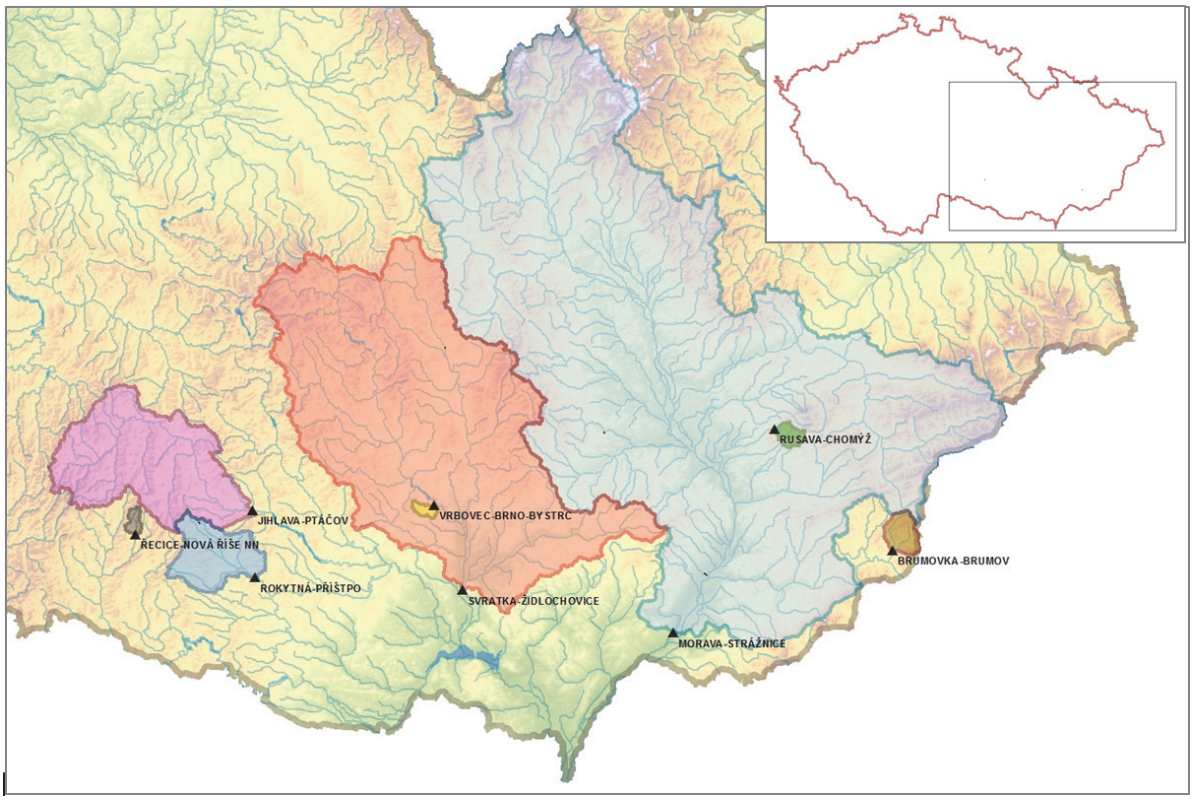
$$Q_{MIN} \approx x_{i,MIN} = MAX\begin{Bmatrix} 2 \cdot X_{j,MIN1} - X_{j,MIN2} \\ 0 \end{Bmatrix} \tag{8}$$

kde Q_{MIN} značí potenciální minimální okamžitou hodnotu výseku řady, $x_{i,MIN}$ představuje potenciální mini-

mální hodnotu řady prvků x_i, $X_{j,MIN1}$ reprezentuje nejnižší hodnotu v rámci množiny shluků X_j (v rámci zkoumaného výseku časové řady) a $X_{j,MIN2}$ odpovídá druhé nejnižší hodnotě v rámci stejné množiny shluků X_j.

Na základě výše popsané metody desagregace časových řad byl sestaven programový nástroj v prostředí MS Excel s pracovním názvem PYKVEJF. Název představuje složeninu zkratek anglických slov „Pycnophylactic“ a „Wave“. Ve své základní podobě je určen pro rekonstrukci 21 dnů dlouhého výseku řady průměrných dvacetiminutových průtoků na základě známých průměrných denních průtoků a volitelně (nepovinně) zadaných hodnot kulminačních průtoků. Průměrné dvacetiminutové průtoky jsou následně agregovány do hodinového kroku.

Nebudeme dále zabíhat do podrobností, z nichž mnohé jsou uvedeny v článku Malý (2015), ale ukážeme si možnosti a limity našeho algoritmu na reálných datech. Pro tento účel jsme z denních průtoků a maximálních měsíčních (okamžitých) průtoků modelově rekonstruovali známé hodinové průtoky v osmi vodoměrných stanicích s rozdílnou plochou povodí. Vycházeli jsme přitom z období 2004 až 2013. Pro každou z celkových 960 rekonstruovaných epizod jsme stanovili míru shody modelového řešení s empirickými hodinovými průtoky pomocí Nash-Sutcliffova koeficientu efektivity (Nash a Sutcliffe, 1970). Jestliže je tento koeficient roven jedné, znamená to, že nastala shoda skutečnosti a modelového řešení. Naopak se vzrůstající mírou divergence obou řad hodnota koeficientu klesá až k vysokým záporným hodnotám. Při každé epizodě bylo vyšetřováno vždy 97 hodnot hodinových průtoků příslušejících měsíční kulminaci, tedy časový úsek začínající dva dny před kulminací a končící dva dny po ní. Pro porovnání jsme jako variantní modelový přístup použili také metodu kubického splajnu. Oproti algoritmu zahrnutém v programu SPLINEQD jsme však řešení, dále nazvané jako SPLINE, zpřesnili tím, že jsme rovněž ctili horní a dolní okrajovou podmínku definovanou vztahy (6) až (8). Polohu použitých vodoměrných stanic a příslušejících povodí dokumentuje obrázek 2.



Obr. 2. Poloha vodoměrných stanic ČHMÚ použitých k testování programu PYKVEJF.
Fig. 2. Water gauging stations (CHMI) used for programme PYKVEJF testing.

Výsledky a diskuze

Námi představený algoritmus založený na metodě Pycnophylaktické interpolace (PYKVEJF) zaznamenal, při rekonstrukci průměrných hodinových průtoků na základě denních hodnot a hodnot okamžitých maxim průtoků, výrazně lepší výsledky, než metoda kubického splajnu. Jednoznačně o tom hovoří statistické porovnání dosažených hodnot Nash-Sutcliffova koeficientu i prosté vizuální srovnání empirických a modelových hydrogramů. Platí to pro vyhodnocovaný soubor 960 epizod jako celek, ale stejně tak pro každou stanici zvlášť, a také pro drtivou většinu jednotlivých situací. Malý výsek vybraných výsledků zachycují obrázky 3 a 4.

Na obrázku 3 je znázorněno osm rekonstruovaných epizod pro stanici Rusava-Chomýž. Hydrogram vlevo nahoře odpovídá modelové rekonstrukci s nejvyšší hodnotou Nash-Sutcliffova koeficientu, vpravo dole je nejhorší rekonstrukce a zbylé případy jsou rovnoměrně řazeny podle kvality modelového řešení (zleva doprava a odshora dolů). Je vidět, že v některých situacích dokáže náš algoritmus aproximovat realitu až nečekaně věrně, zvláště pokud jde o výrazné, tvarově takřka ideální, jednovrcholové povodňové vlny. Naopak vícemodální odtokové situace se příliš zdárně modelovat nedaří. K těmto případům je však potřeba říci, že podružné vrcholy naše metoda interpolace nedetekuje proto, že informace o nich nemá prakticky kde vzít. Do zadání vstupují silně agregované hodnoty v podobě denního průměru řady dané stanice a jejich dekompozice je proto nejednoznačná, zatížená značnou nejistotou.

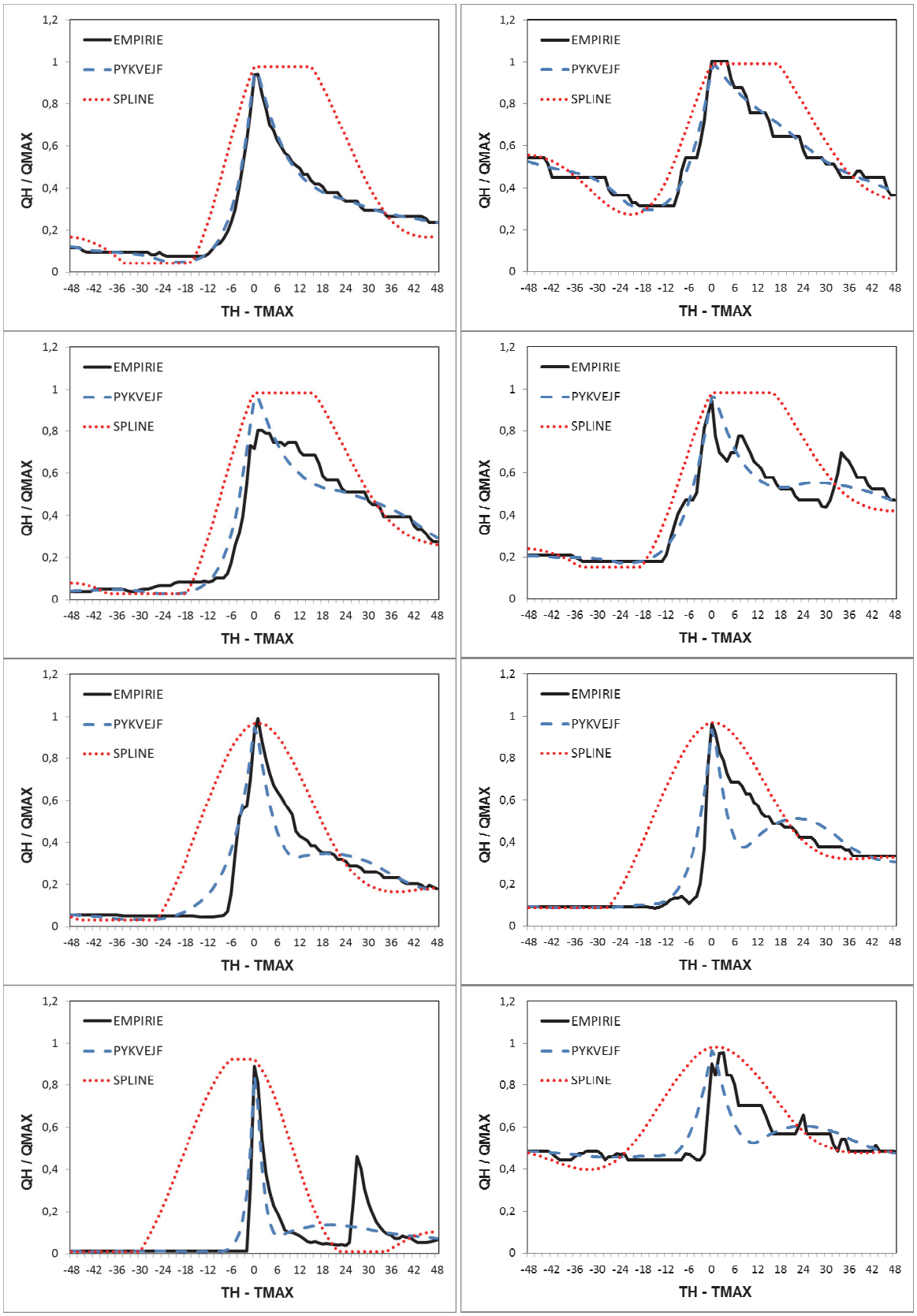
Určitá možnost zlepšení uvedené metody zde samozřejmě existuje. Nabízí se doplnit okrajové podmínky o další informace získané detailní analýzou empirických hodinových průtoků (například zjištění typických gradientů vzestupu a poklesu průtoku v té které stanici ve vazbě na přírodní charakteristiky, roční sezónu, atp.). Jako další možnost se nabízí zakomponování požadavku na zachování typické asymetrie odtokové odezvy ve smyslu rychlejšího nástupu – pomalejšímu poklesu průtoku. Pomocí jiného omezení můžeme, v rámci řešení, preferovat monotónní průběh vzestupné i sestupné části hydrogramu všude tam, kde je to vzhledem k dalším limitujícím podmínkám přípustné. Tento postup si pak samozřejmě nečiní nároky na obecnou správnost, jen má ambice zlepšit výsledek pro rozsáhlejší vyhodnocovaný soubor situací jako celek. Je zřejmé, že každá odtoková epizoda je jedinečná a její modelové podchycení pevným algoritmem nemůže být bezezbytku úspěšné, tím spíše že se nepokoušíme, nebo jen nemůžeme brát v potaz příčinné faktory a vycházíme pouze z kusých, časově shlazených informací. V každém případě uvedené možnosti, technicky a především časově náročnější, již nebyly a nejsou předmětem tohoto příspěvku.

Na doplnění ještě uveďme, že empirické okamžité, hodinové i denní průtoky byly pro náš účel považovány za holou skutečnost. V reálu ani ty nejsou zcela přesné a v některých případech můžeme pozorovat, že se jednotlivé typy empirických informací navzájem popírají. Program PYKVEJF během našeho šetření opakovaně detekoval zjevnou chybu, kdy hodnoty hodinových průtoků prakticky vylučovaly uvedené okamžité maximum (čas výskytu, či jeho velikost), nebo průměrný denní průtok neodpovídal příslušným hodinovým průtokům. Ukázal se tak jako poměrně efektivní nástroj pro identifikaci hrubých nesrovnalostí v hydrologických datech. Tam kde byla chyba zjevná, případy jsme vyřadily ze statistického hodnocení efektivity modelových řešení. Řadu jiných případů, kde nebylo možné o relevanci jednoznačně rozhodnout jsme ponechali v hodnoceném datovém souboru. U některých odtokových epizod je empirický hodinový hydrogram kostrbatý, což je dáno metodou zpracování vodních stavů a jejich převodem na průtoky. Dobře je to patrné právě na zvolené ukázce ze stanice Rusava-Chomýž. Modelové shlazené řešení se nám pak často jeví bližší realitě, než prostý empirický záznam.

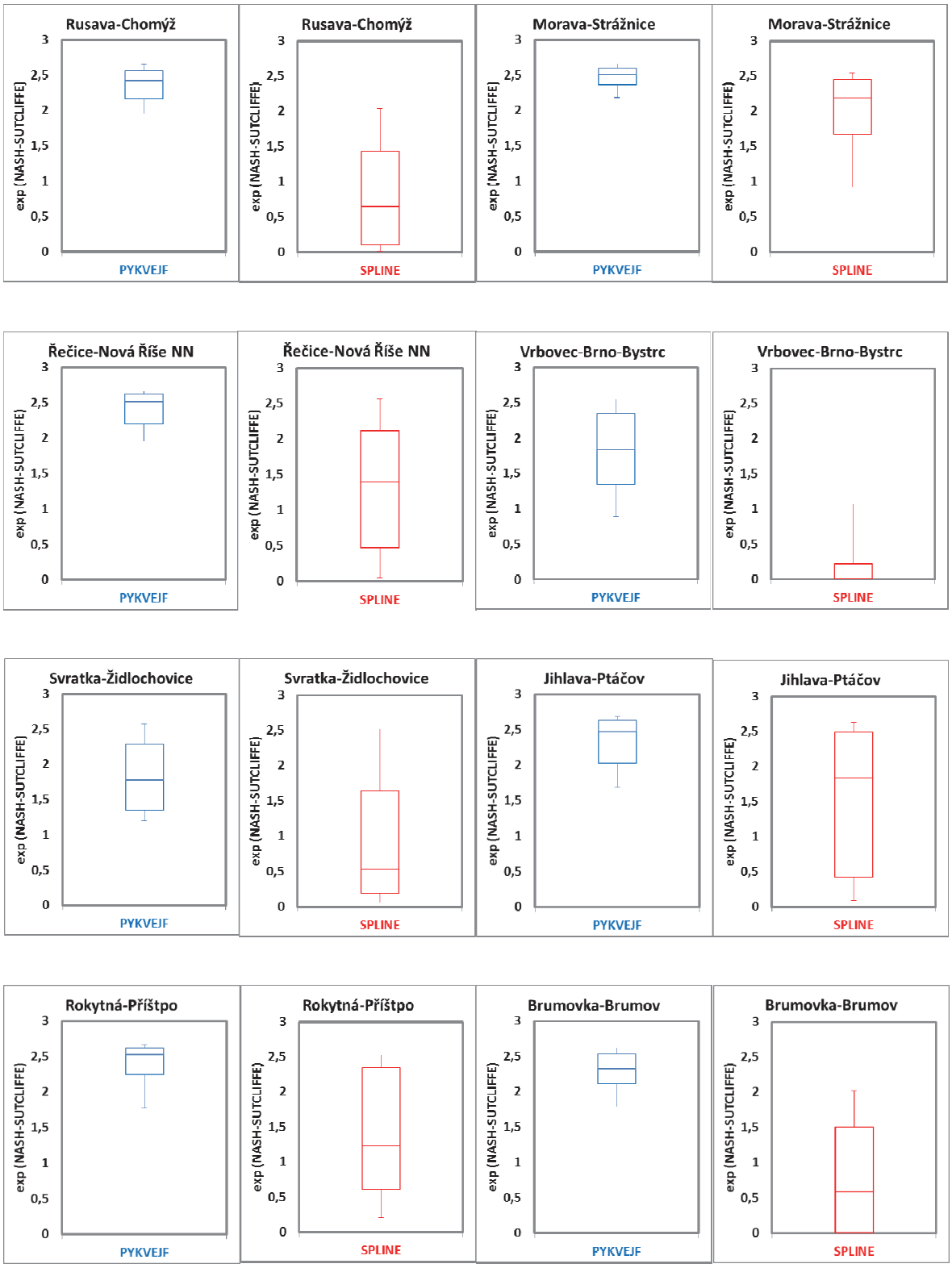
Obrázek 4 dále demonstruje, že rozdíl mezi úspěšností modelu PYKVEJF a SPLINE je propastný. Pro lepší pochopení dodejme, že jednotlivé box-ploty zachycují pravděpodobnostní rozložení dosažení či překročení transformované hodnoty Nash-Sutcliffova koeficientu pro jednotlivé stanice a obě srovnávané metody. V rámci každého krabicového grafu jsou vynášeny kvantily 10, 25, 50, 75 a 90 %. Transformace osy y byla zvolena kvůli lepší čitelnosti grafů. Hodnoty osy y po zlogaritmování (přirozeným logaritmem) udávají velikost Nash-Sutcliffova koeficientu.

Závěr

Pycnophylaktická interpolační metoda je velice efektivní nástroj k dekompozici hydrologických časových řad diskretizovaných v denním kroku. V naší studii jsme podrobili analýze 960 reálných odtokových epizod, které se vyskytly v osmi vodoměrných stanicích, situovaných v jihovýchodní části České republiky, v období 2004 až 2013. Výsledky jednoznačně prokázaly, že pokud do zadání zakomponujeme informaci o velikosti a čase výskytu kulminačního průtoku, Pycnophylaktická interpolace dosahuje výrazně kvalitnějších výsledků, než dosud běžně užívaná metoda kubického splajnu. Otevírá se nám tak cesta k automatizovanému zpracování historických údajů digitalizovaných v hrubém časovém kroku. Tímto způsobem lze náš algoritmus využít například k vykreslení teoretických povodňových vln, rekonstrukci historických povodní a podobně. Námi představený původní postup může zároveň sloužit jako nástroj hrubé kontroly stávající databáze průtoků. Akční rádius popsané metody překračuje hranice hydrologie, lze ji využít k dekompozici časových řad, s nimiž pracují i jiné vědní disciplíny.



Obr. 3. Vybrané rekonstruované odtokové epizody ve stanici Rusava-Chomýž.
Fig. 3. Selected reconstructed run-off episodes at the gauging station of Rusava-Chomýž.



Obr. 4. Pravděpodobnostní vyhodnocení úspěšnosti modelové rekonstrukce empirických hodinových dat.
Fig. 4. Estimated evaluation of the success of the model reconstruction of empirical hourly data.

Poděkování

Mgr. et Mgr. Markétě Malé, PhDr. Evě Chalupové, Mgr. Martinu Knotovi.

Literatura

Asmuss, S., Breidaks, J., Budkina, N. (2015): On a problem of smoothing histopolation under additional restrictions. In: Proceedings of APLIMAT 2015. 14th Conference on applied mathematics. Bratislava, Slovak republic, 3-5 February p. 20-31. ISBN 978-1-5108-0123-3

Danáčová, M., Szolgay, J. (2014): Zmeny vo vzťahu medzi postupovou dobou povodňových vln a prietokom pomocou multilineárneho modelu. In: Sborník příspěvků ze Semináře Adolfa Patery 2014. Extrémní hydrologické jevy v povodích. Praha. s. 47-54. ISBN 978-80-02-02574-0

Doležel, F. (2005): Program SPLINEQD na odvozování hodinových průtoků z průměrných denních průtoků. Software + uživatelský manuál ve formátu .ppt.

Kladroba, A. (2005): The temporal disaggregation of time series. Diskussionbeiträge aus dem Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Duisburg-Essen. 15 p.

Kulasová, B., Šercl, P., Boháč, M. (2007): Metodická příručka pro výběr a aplikaci vhodné metody odvození hydrologických podkladů za účelem posouzení bezpečnosti vodních děl. Projekt QD1368 "Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní". Dílčí výstup V07. Praha: ČHMÚ. 128 s.

Malý, A. (2015): Automatizovaná rekonstrukce hydrogramu z průměrných denních průtoků. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds): Závlahy a jejich perspektiva, Mikulov, 18.-19. 3. 2015, 17 s. ISBN 978-80-87577-47-9

Moauro, F., Savio, G. (2001): Disaggregation of time series using common components models. GRETA: Working paper n. 01.09. revised version of November, 30, 23 p.

Nash, J. E., Sutcliffe, J. V. (1970): River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles. Journal of Hydrology, 10 (3), p. 282-290.

Sax, Ch., Steiner, P. (2013): Temporal disaggregation of time series. The R Journal. Vol. 5/2, p. 80-87. ISSN 2073-4859

Tobler, W. R. (1979): Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions, Journal of the American Statistical Association, 74, 367, p. 519-530.

DISAGGREGATION OF DAILY DISCHARGE SERIES USING PYCNOPHYLACTIC INTERPOLATION

The contribution deals with the possible reconstruction of hydrological time series in detailed time step, based only on the average daily values of the relevant quantity, occasionally with respect to the value of the local maximum. The article introduces a possible method of dealing with the problem of downscaling (model detailling) time series – the programme PYKVEJF, which has also been tested and the actual data have been presented in the article. PYKVEJF, a programme that has been established as a result of implementing the proposed procedure, enables – unlike SPLINEQD, the software that has been used by the Czech Hydrological Institute to the present day – to process extensive data files on a large scale, without the necessary interaction with the user. The pilot operation suggested another potential use of this programme: it is also a powerful instrument of finding grave errors concerning hydrological data, digitalized in detailed time step.

This contribution concentrates on the potential use and limitations of PYKVEJF sofware with regard to the practical experience of eight gauging stations located in the eastern part of the Czech Republic (South Moravia). It analyzes 960 run-off episodes in the period between 2004 and 2013, characterized by single-event maximum monthly discharges. Using the Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient, we have assessed the measure of correlation betweeen model results of PYKVEJF and the empirical hourly discharges, considering separately the individual episodes and the individual gauging stations. In the same way, we have compared the correlation between the actual evaluated data and the model interpolation procedure known as the method of cubic spline (SPLINE). The above-mentioned comparison of the two methods has proved conclusively that the algorithm proposed by us is definitely more accurate – there is almost always a higher convergence between the model and the empirical findings. This contribution also suggests some other future potential of the proposed algorithm.

Antonín Malý, Mgr.
Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno
Kroftova 43
Brno, 616 67
Tel: +420 541 421 023
E-mail: antonin.maly@chmi.cz