

Možnosti využitia softvérového balíka HydroOffice 2010 pre hydroológov a hydrogeológov

Miloš Gregor

Katedra hydrogeológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava
 Oddelenie Hydrogeológie a geotermálnej energie, Štátny Geologický Ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava; milos.gregor@geology.sk

AGEOS The usage possibilities of HydroOffice 2010 software for hydrologists and hydrogeologists

Abstract: The software development is an important part of hydrological and hydrogeological research and development. The software development increases simplification and effectivity, mainly at the frequently repeated tasks. This paper introduces the usage possibilities of the new developed software tool named HydroOffice in version 2010. This tool includes teen modules with a few hundreds of functions. The main functionality is focused on time-series processing and analyzing, hydrological and statistic analysis, drought assessment, runoff components separation and analysis, 3D spatial and temporal water infiltration modelling and one-dimensional river solute transport modelling tool with inflow and storage.

Key words: hydrology, software, HydroOffice, tools, data processing, data analysis

1. ÚVOD

Vývoj softvéru je v súčasnej dobe dôležitou súčasťou hydrologického a hydrogeologického výskumu. Množstvo dát, ktoré zbierame a ukladáme do rozličných databáz, rastie exponenciálnym trendom. Pri ich využívaní už nie je možné pracovať bez použitia počítačov. Paralelne s rastom potreby použitia počítačov rastie tiež potreba využívania špecifického softvérového vybavenia. Je to spôsobené tým, že nie všetky analýzy a výpočty je možné spracovávať v klasickom programovom vybavení. Okrem toho, metodiky výskumu a prieskumu, ktoré sú používané, sú neustále zložitejšie a vyžadujú množstvo znalostí z rôznorodých vedných oblastí. Typickým príkladom môže byť využívanie GIS, neurálnych sietí alebo evolučných výpočtových modelov, ktorých každodenné používanie vyžaduje istú mieru zjednodušenia a predprípravy, pretože nie je možné z hľadiska efektivity a rozsahu potrebných znalostí, aby si užívateľ naprogramoval každý program samostatne. Preto vznikajú softvérové riešenia viac alebo menej zamerané na špecifický účel. Jedno takéto riešenie predstavuje HydroOffice 2010.

V rámci univerzitého prostredia existuje veľký potenciál pre vývoj nových programov. Príkladom môžu byť aktivity okolo geografického informačného systému MapWindow. Projekt začal v roku 1998 na Štátnej univerzite v Logane (štát Utah, USA) ako semestrálny projekt študentov zameraný na tvorbu jednoduchého voľne šíriteľného programu na vizualizáciu dát. Tento projekt bol neskôr prepracovaný a v súčasnosti na ňom spolupracuje viac ako 600 programátorov po celom svete a má viac ako 60 000 užívateľov. Niektoré komponenty vytvorené v rámci spomenutého projektu boli využité aj v rámci softvérového balíka opísaného v tomto článku. Úlohou článku je predstaviť nový modulárny softvérový nástroj HydroOffice v aktuálne pripravovanej verzii 2010.

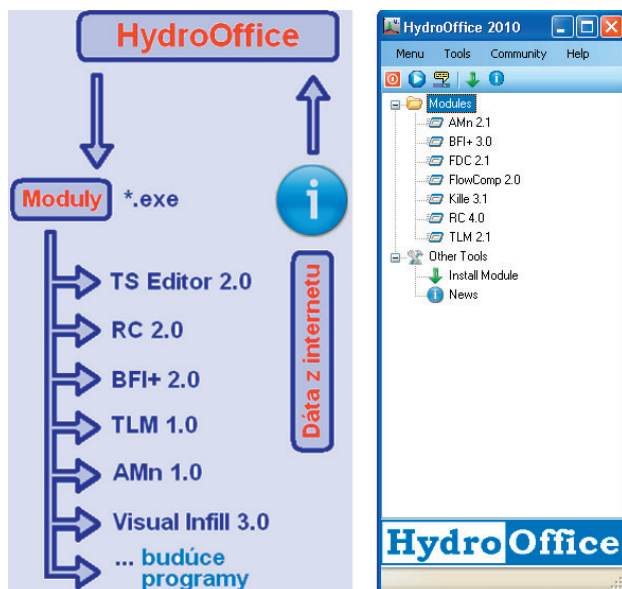
2. METODIKA

Programovanie aplikácií zahŕňa rozsiahlu problematiku, pričom vývojový proces nie je možné označiť iba ako tvorbu kódu. Často je samotné programovanie tou menej náročnou fázou tvorby programov. Pri vývoji sa začína štúdiom metodiky a určí sa problém, ktorý má program riešiť. Následne sa navrhne štruktúra programu, vyberie sa vhodný programovací jazyk, vizuálne sa navrhne aplikácia, naprogramujú sa jednotlivé funkcie (algoritmy). Tieto algoritmy sa neskôr testujú, upravujú a ošetrujú sa chybové stavy. Nakoniec sa program skompiluje, vytvorí sa technická dokumentácia, užívateľské manuály a sprievodcovia. Po dokončení všetkých súčastí sa vytvorí inštalateľný balík a ten je možné nakoniec distribuovať medzi užívateľov.

Softvérový balík HydroOffice v aktuálne ukončovanej verzii 2010 je vytvorený pre operačný systém Windows XP/Vista/7 a pre svoj beh vyžaduje platformu .NET 2.0 a .NET 3.5. Výhodou tejto platformy je, že zdrojový kód aplikácii je prenositeľný, a preto je možné takto vytvorený softvér po úprave použiť aj na operačných systémoch ako napríklad Linux, Mac OS X, BSD a ďalších.

Pre inštaláciu balík vyžaduje približne 30 MB priestoru. V aktuálnej verzii obsahuje viac ako 250 000 riadkov kódu a užívateľ môže využívať niekoľko stoviek kombinovateľných funkcií.

Program HydroOffice 2010 bol vytvorený ako modulárny nástroj obsahujúci viacero vzájomne nezávislých modulov, pričom každý z nich je určený na iný účel (Obr. 1 vľavo). Hlavný program HydroOffice 2010 je samostatný program určený na manažovanie jednotlivých programov – modulov (Obr. 1 vpravo). Jednotlivé moduly balíka tvoria samostatne spustiteľné aplikácie. Pre ukladanie, správu, spúšťanie, aktualizáciu modulov a pridávanie nových sa využíva hierarchicky založená databázová štruktúra. Jej výhodou je veľmi jednoduchá a efek-



Obr. 1. Program HydroOffice 2010 (vľavo – modulárna štruktúra programu; vpravo – hlavné okno programu).

Fig. 1. HydroOffice 2010 software (left – modular structure of the program; right – the main window of the program).

tívna správa celého balíka modulov. Pri tomto type modulárnej a ortogónalnej štruktúry je možné balík aktualizovať, upravovať aj po jeho inštalácii na užívateľský počítač prostredníctvom aktualizáčnych balíkov. Všetky aktualizácie a inštalovanie nových modulov je riešené prostredníctvom internetu, kde hlavný program umožňuje stahovať a pridávať nové moduly priamo automatizovane zo serveru hydrooffice.org.

3. ANALÝZA ČASOVÝCH RADOV MERANÍ

Jedným z najdôležitejších druhov dát používaných v hydrogeologickej praxi sú rôzne druhy časových radov. Ide najmä o časové rady teplôt vzduchu, prietokov povrchových tokov, výdatností prameňov, hladín podzemných vôd, úhrnov zrážok, chemických analýz podzemných a povrchových vôd. Pre spracovávanie časových radov hodnôt bol vytvorený modul TS Editor 2.0. Modul je zameraný na analýzy, ktoré nie je možné riešiť prostredníctvom iných tabuľkových procesorov. V súčasnosti obsahuje viac ako 260 funkcií, ktoré je možné kombinovať. Jednotlivé funkcie sú spúšťané pomocou výberu v menu aplikácie, pomocou funkcionálneho stromu alebo zadávaním príkazov vo vstavanom skriptovacom jazyku aplikácie (Obr. 2).

Modul umožňuje kontrolu úplnosti časového radu hodnôt, jeho dopĺňanie pomocou viacerých metodík a nástrojov, triedenie, prepočítavanie, formátovanie, filtrovanie dát, premenu jednotiek, vyhladzovanie hodnôt a transformáciu dát na rôzne druhy (napr. transformácia denných časových radov na týždenné). Okrem toho modul obsahuje viacero nástrojov na výpočet celkových, ročných, mesačných a špecifických štatistík. V module je možné použiť hodinové, denné alebo týždenné časové rady.

4. ANALÝZA ZLOŽIEK ODTOKU

Analýza zložiek odtoku je často používanou metódou v hydrogeológii (Fendeková et al., 2010; Stojkovicová & Fendeková, 2010). Používa sa napríklad na hodnotenie dynamiky podzemných vôd v povodí, analýzu hydrologického sucha alebo hodnotenie hydraulických vlastností horninového prostredia. Často používanou metódou pre tieto účely je separácia základného odtoku z celkového odtoku povodia. Pre účely separácie bolo vytvorených množstvo výpočtových metód (Institute of Hydrology, 1980), z ktorých najpoužívanejšie boli použité pri vývoji modulu BFI+ 3.0 (Obr. 3).

Modul umožňuje separovať základný odtok z časových radov prietokov povrchových tokov. Pre účely separácie modul obsahuje 10 najpoužívanejších metód a filtrov:

- ▶ Local minimum method (Institute of Hydrology, 1980)
- ▶ Fixed interval method (Sloto & Crouse, 1996)
- ▶ Sliding interval method (Sloto & Crouse, 1996)
- ▶ One parameter algorithm (Chapman & Maxwell, 1996)
- ▶ Boughton two-parameter algorithm (Boughton, 1993; Chapman & Maxwell, 1996)
- ▶ IHACRES – three-parameter algorithm (Jakeman & Hornbarger, 1993)
- ▶ BFLOW (Lyne & Hollick, 1979; Nathan & McMahon, 1990)
- ▶ Chapman algorithm (Chapman, 1991; Mau & Winter, 1997)
- ▶ Furey & Gupta filter (Furey & Gupta, 2001)
- ▶ EWMA filter (Tularam & Ilahee, 2008)

Väčšinu použitých separačných algoritmov tvoria rekurzívne digitálne filtre, založené na signálovej analýze, pri ktorej sú z časového radu odčleňované nízko-frekvenčné signály, predstavujúce základný odtok, od vysokofrekvenčných signálov, predstavujúcich povrchový odtok. Pre analýzu vplyvu zmeny hodnôt filtračných parametrov a koeficientov modul obsahuje vizuálny kalibračný nástroj. Okrem predstavených možností modul obsahuje nástroj pre hromadné spracovávanie dát automatizovane, bez nutnosti zásahu zo strany užívateľa.

Ďalším modulom umožňujúcim analýzu zložiek odtoku je program RC v aktuálnej štvrtej verzii (Obr. 4). Ide o komplexný nástroj určený na analýzu a spracovávanie výtokových čiar z denných alebo týždenných časových radov hodnôt výdatností prameňov, hladín podzemných vôd alebo prietokov povrchových tokov.

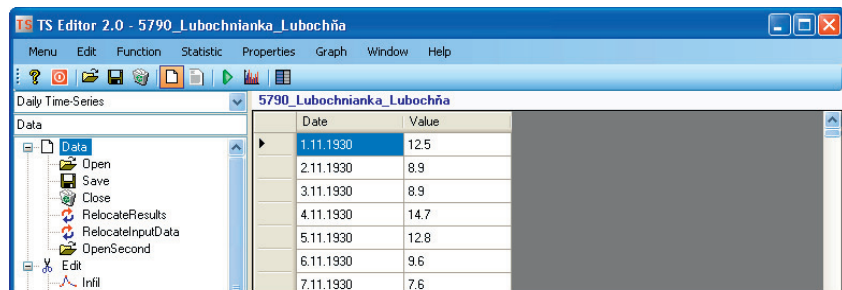
Modul obsahuje množstvo nástrojov pre vizuálnu alebo automatickú separáciu výtokových čiar z časových radov a ich správu. Modul tiež umožňuje analyzovať vplyv zrážok na časové rady prietokov a vybrané výtokové čiary. Po separácii výtokových čiar sa analyzujú buď jednotlivé alebo skladané výtokové čiary (*master recession curve*). Pre ich analýzu je možné použiť 14 najpoužívanejších výtokových modelov a jednotlivé výtokové modely je možné superponovať. Vďaka tejto rozšírenej funkcii program umožňuje modelovať odtokový režim od jednoduchých puklinových cez intenzívne skrasovatené hydrogeologické štruktúry až po rôzne kombinácie odtoku z povrchových depresii s kombináciou konštantného odtoku z topenia snehu a ľadu. Pre analýzu skladaných výtokových čiar boli vytvorené dva prístupy. Buď ich v programe skladáme manuálne z jednotlivých výtokových čiar alebo automa-

ticky pomocou nového inovatívneho algoritmu využívajúceho metódy a prostriedky umelej inteligencie. Tento algoritmus kombinuje možnosti silne hybridného genetického algoritmu a metódy umelého imunitného systému pre účely skladania výtokových čiar (Gregor & Malík, 2010). Vzhľadom k časovej náročnosti analýz výtokových čiar bola do modulu pridaná možnosť ukladať čiastkové postupy v analýzach v ktorejkoľvek fáze do projektového súboru a neskôr v nich pokračovať. Pre

účely ukladania štruktúrovaných dát bol použitý XML jazyk (*eXtensible Markup Language*).

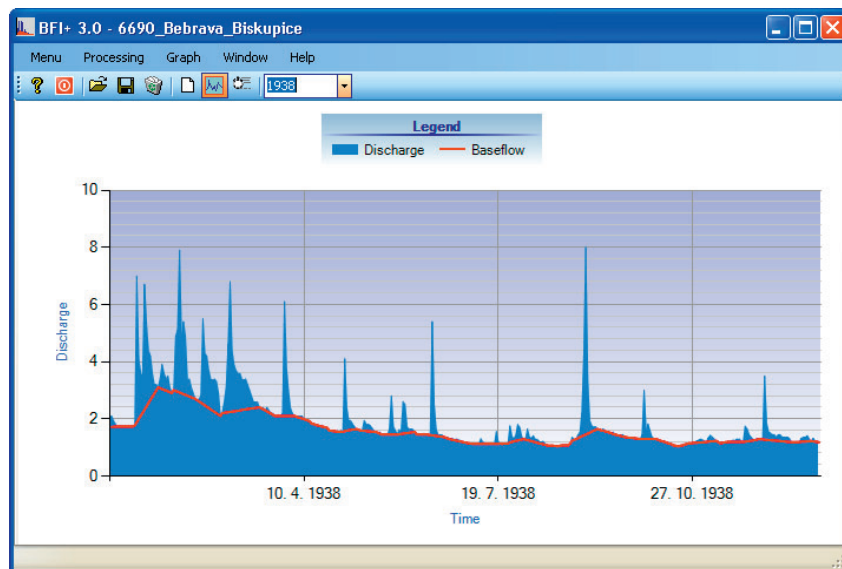
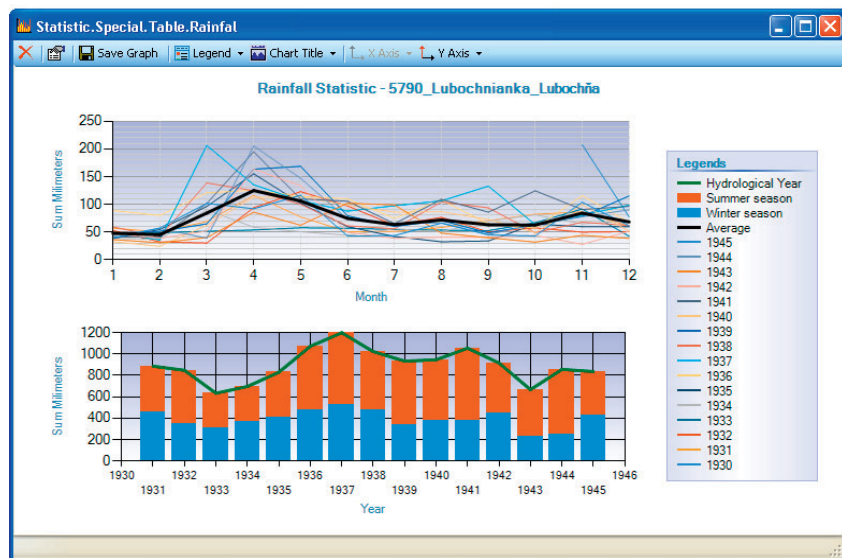
Výsledky analýz výtokových čiar v prípade hodnotenia odtokových pomerov povodí alebo prameňov môžeme použiť ako vstupné podklady v ďalšom module pod názvom FlowComp 2.0 (Obr. 5).

Modul využíva hodnoty výtokových koeficientov a počiatočných výdatností jednotlivých subrežimov výtoku na separáciu



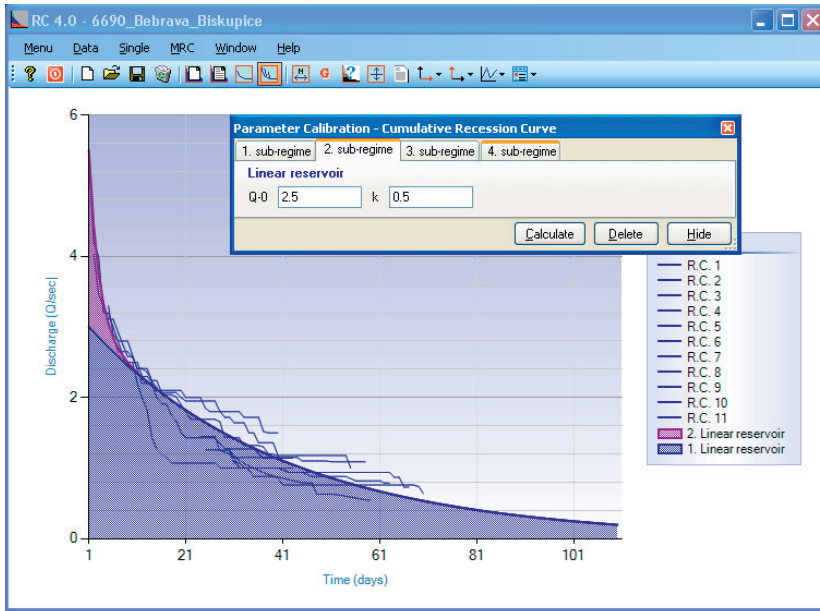
Obr. 2. Okná modulu TS Editor 2.0 (hora – okno vstupných dát s funkcionálnym stromom; dole – možnosti vizualizácie výsledkov).

Fig. 2. Windows of TS Editor 2.0 (top – input data window with functional tree; bottom – possibilities of results visualisation).



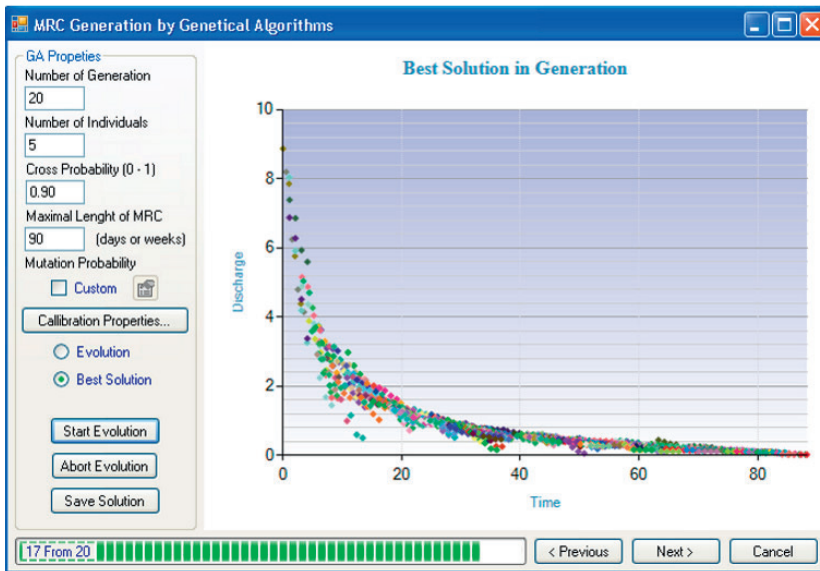
Obr. 3. Okno modulu BFI+ 3.0 – grafická vizualizácia výsledkov.

Fig. 3. Window of BFI+ 3.0 – the graphical visualization of results.



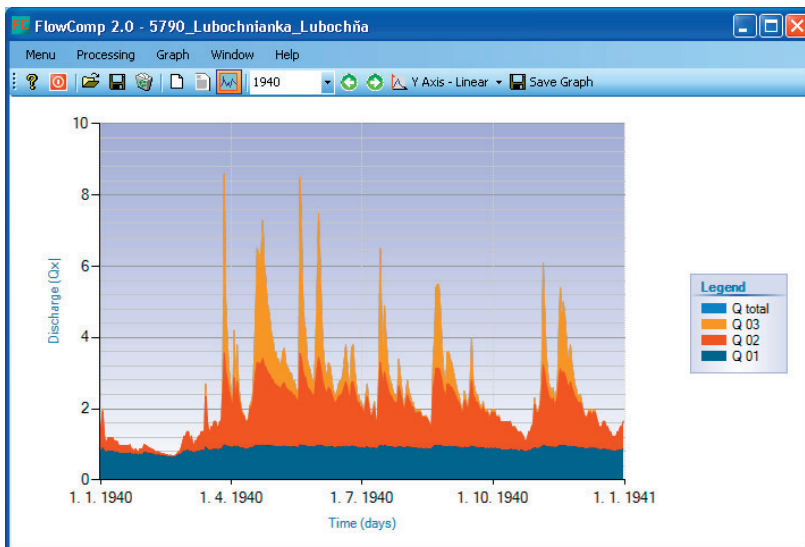
Obr. 4. Okná modulu RC 4.0 (hore – analýza skladanej výtokovej čiary; dole – nástroj pre tvorbu skladanej výtokovej čiary pomocou hybridného genetického algoritmu).

Fig. 4. Windows of RC 4.0 (top – master recession curve analysis; bottom – tool for master recession curve assembling by using hybrid genetic algorithm).



Obr. 5. Okno modulu FlowComp 2.0 – výsledky separácie subrežimov odtoku.

Fig. 5. Window of FlowComp 2.0 – the results of outflow sub-regime separation.



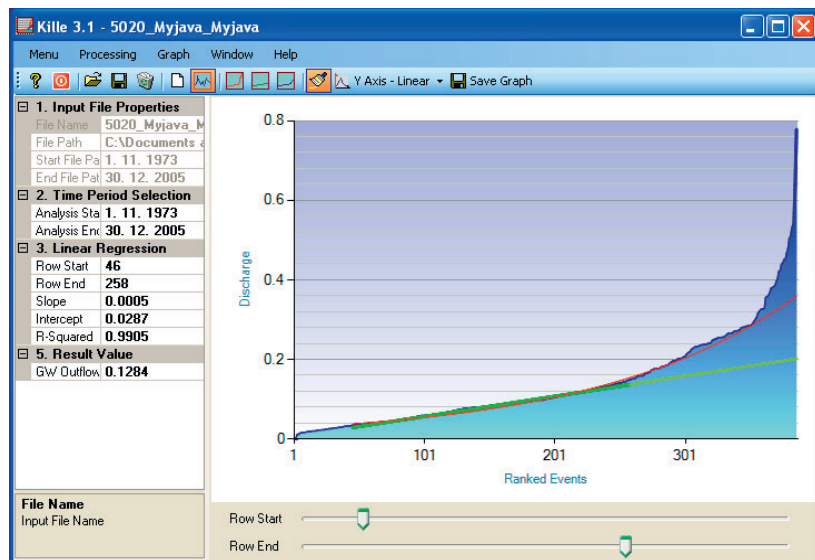
ich zložiek v časovom rade. Metodiku tejto separácie vytvoril P. Malík zo Štátneho Geologického Ústavu Dionýza Štúra v Bratislave (Malík, 2010). Výhodou tejto metódy je, na rozdiel od metodík použitých v module BFI+, že umožňuje separovať všetky zložky odtoku identifikované vo výtokových čiarach samostatne (povrchový, podpovrchový, podzemný odtok) a nie iba základný odtok (rozdiel medzi celkovým a povrchovým odtokom).

Posledným z modulov umožňujúcich analýzu zložiek odtoku je nástroj Kille 3.1 (Obr. 6). Program počíta dlhodobý priemerný podzemný odtok z časových radov prietokov povrchových tokov pomocou Killeho metódy (Kille, 1970; Fendek & Fendeková, 1999).

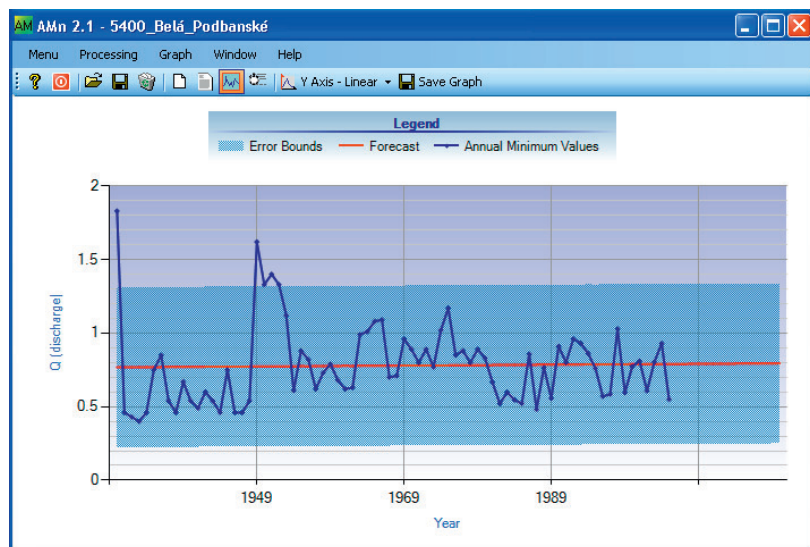
Z vybraného desaťročného obdobia program vyberie minimálne mesačné prietoky, ktoré zoradí od najnižších hodnôt po najvyššie a zobrazí ich v grafe. Z týchto vybraných hodnôt pomocou lineárneho a exponenciálneho vyrovnávania počíta dlhodobý priemerný podzemný odtok.

5. HODNOTENIE HYDROLOGICKÉHO SUCHA

Hodnotenie hydrologického sucha je v súčasnosti dôležitou otázkou v hydrológii nielen u nás ale aj v zahraničí. Pri hodnotení hydrologického sucha sa zaoberáme analýzou a pochopením procesov hydrologického cyklu, ktoré sa vyskytujú v deficitnom období. Metóda pre výber období hydrologického sucha a analýzu jej prvkov a vlastností je už v dnešnej dobe veľké množstvo. Väčšina metód hodnotenia hydrologického sucha je založená na analýze originálnych časových radov meraných hydrologických parametrov. Pri derivácii hydrologických charakteristík nízkych prietokov vyberáme rôznymi metódami minimálne prietoky, stanovené z údajov dlhodobého pozorovania a nakoniec určíme výsledný index nízkych prietokov. Pri stanovovaní deficitných charakteristík naopak derivujeme z časového radu pozorovaného parametra hydrologického cyklu hodnoty, ktoré sú pod určitou definovanou prahovou hodnotou. Medzi základné metódy analýzy hydrologického sucha patria (Tallaksen et al., 2004):



Obr. 6. Okno modulu Kille 3.1.
Fig. 6. Window of Kille 3.1.



Obr. 7. Okno modulu AMn 2.1 – graf vypočítaných výsledkov.
Fig. 7. Window of AMn 2.1 – the chart of calculated results.

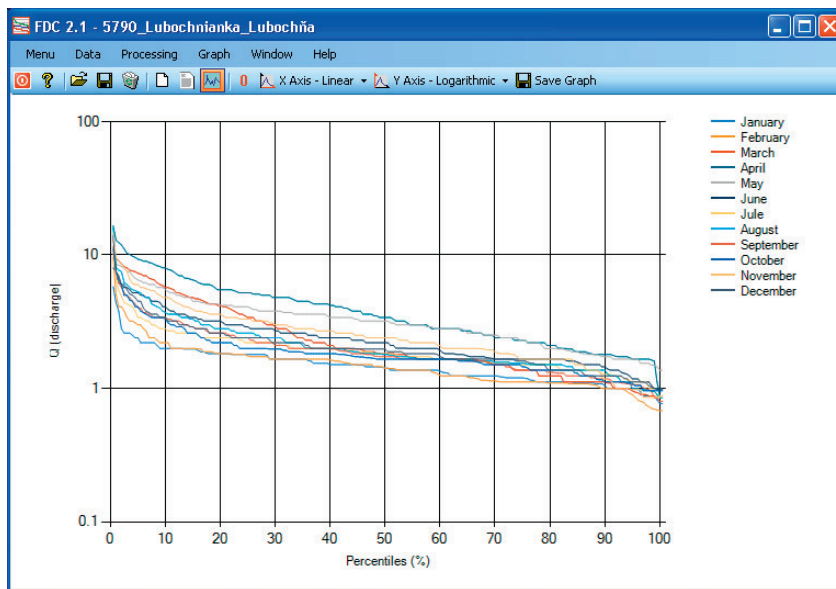
- ▶ stanovenie priemerného ročného minimálneho N-denného prietoku,
- ▶ analýza čiar prekročenia (určovanie percentilových hodnôt prietoku – napr. Q90),
- ▶ metóda hraničných (prahových) úrovní (*TLM – threshold level method*),
- ▶ algoritmus nasledujúceho vrcholu (*SPA – sequent peak algorithm*).

V rámci balíka HydroOffice 2010 boli vytvorené moduly pre všetky spomenuté metódy analýz hydrologického sucha. Ako prvý pre tieto účely slúži modul AMn 2.1. Modul umožňuje vypočítavať priemerné ročné minimálne N-denné hodnoty z časových radov prietokov povrchových tokov a výdatností prameňov (Obr. 7). Okrem analýzy extrémne nízkych hodnôt umožňujú všetky opisované moduly rovnakými metódami analyzovať aj extrémne vysoké hodnoty časových radov.

Výsledky program umožňuje analyzovať v tabuľkovej alebo grafickej forme. Okrem spracovávania načítaného časového radu dát program umožňuje hromadné spracovávanie pomocou vstavaných nástrojov, v ktorých sa definujú cesty k súborom časových radov uložených v počítači a názvy súborov pre ukladanie výsledkov. Po zadaní týchto informácií užívateľ spustí spracovávanie a program automaticky analyzuje a spracováva dáta bez nutnosti zásahu zo strany užívateľa a výsledky nakoniec ukladá v definovanej podobe do súborov.

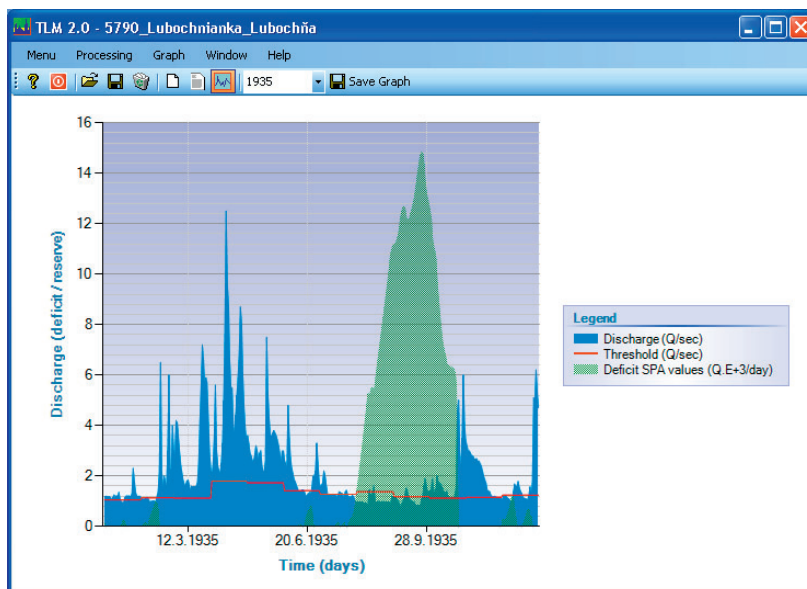
Ďalším modulom na analýzu hydrologického sucha je modul FDC 2.1. Funkciou programu je výpočet čiar prekročenia z časových radov prietokov povrchových tokov (Obr. 8).

Modul rovnako ako predošlý umožňuje hromadné spracovávanie dát uložených v počítači. Čiary prekročenia je možné počítať z celého importovaného časového radu, z jednotlivých rokov, mesiacov alebo z dát upravených pomocou nastaviteľné-



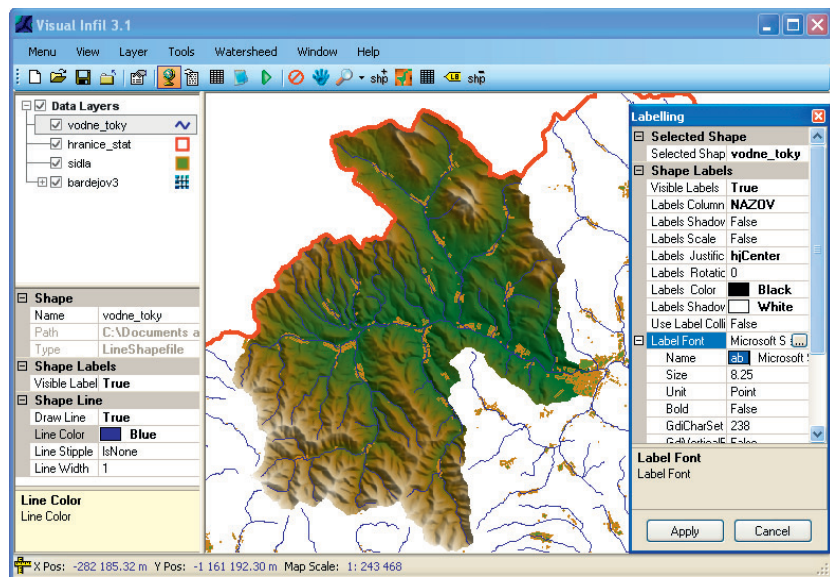
Obr. 8. Okno modulu FDC 2.1 – grafická forma výsledkov.

Fig. 8. Window of FDC 2.1 – the graphical form of results.



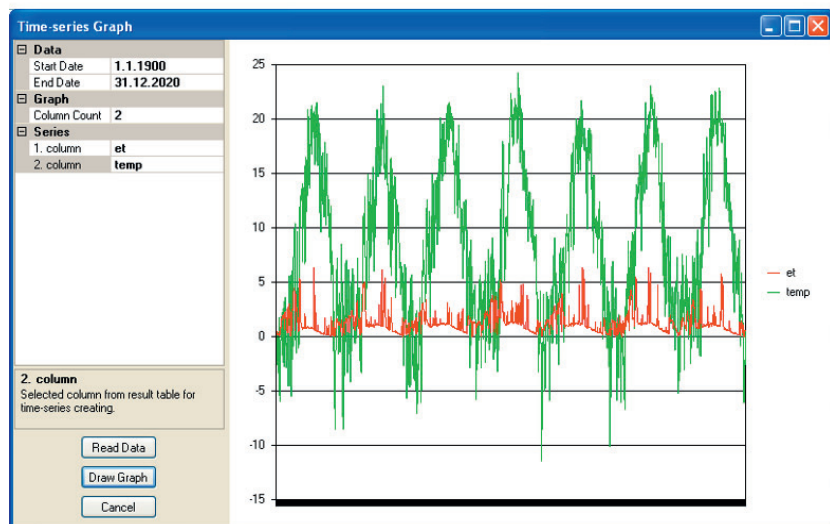
Obr. 9. Okno modulu TLM 2.1 – vizuálna analýza deficitných periód.

Fig. 9. Window of TLM 2.1 – the visual analysis of deficit periods.



Obr. 10. Okná modulu Visual Infil 3.1.

Fig. 10. Windows of Visual Infil 3.1.



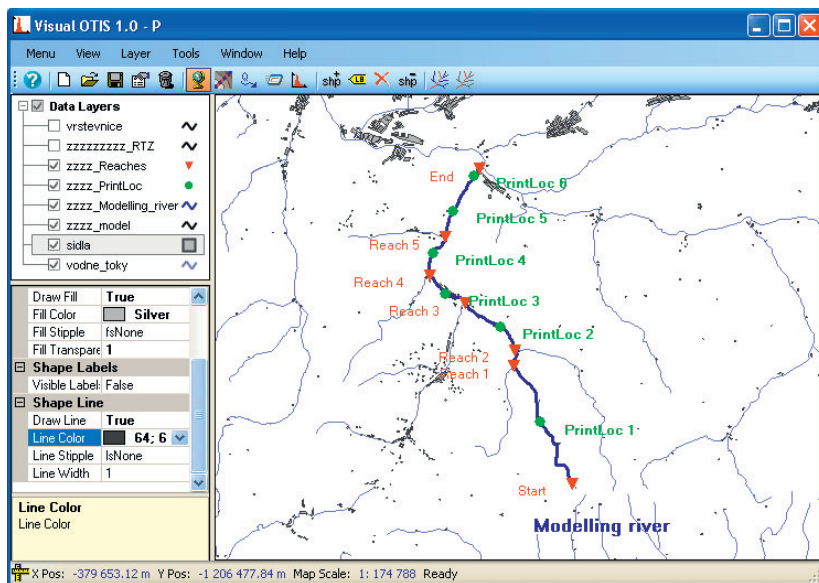
ho filtra. Program umožňuje vypustiť z analýzy nulové hodnoty prietokov, čo je často používané pri analýze občasných tokov v suchých oblastiach.

Posledným modulom umožňujúcim analyzovať hydrologické sucho je modul TLM 2.1 (Obr. 9). Program TLM 2.1 slúži na výpočet a analýzu deficitných charakteristík hydrologického sucha pomocou hraničných metód prahových hodnôt alebo pomocou metódy SPA. Pre tento účel je možné ako prahovú hodnotu zadať priemernú alebo mediánovú hodnotu, vybraný percentil z čiary prekročenia alebo užívateľom priamo definovanú hodnotu. Samotné hraničné úrovne je možné definovať ako konštantné úrovne pre celý rok, jednotlivé mesiace, dni v roku, N-denné periódy a vybrané sezóny (jedna až štyri). Takisto je možné do modulu importovať užívateľom definované prahové hodnoty hraničných úrovní. Program umožňuje vypočítať buď časový rad denných deficitných objemov odtoku alebo parametre jednotlivých deficitných období (napr. celková dĺžka deficitného obdobia, maximálny deficit, začiatok a koniec deficitného obdobia, atď.). Všetky výsledky je možné graficky analyzovať v grafe v ročnom časovom kroku alebo zobraziť celé analyzované obdobie.

6. PRIPRAVOVANÉ MODULY

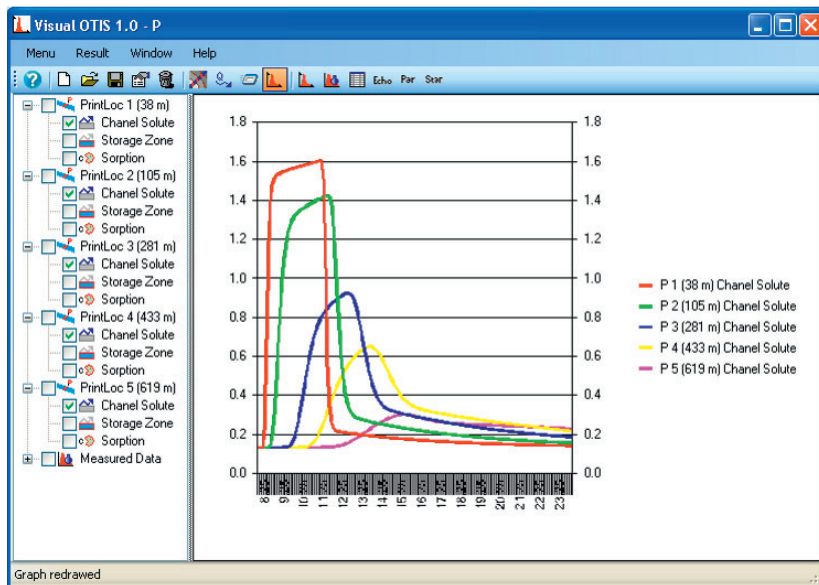
V súčasnosti sú vytvorené dva ďalšie moduly, ktoré ešte netvorí pevnú súčasť softvérového balíka, pretože predtým musia prejsť fázou testovania. Prvý z nich slúži na modelovanie infiltrácie vody v povodí. Hodnotenie infiltrácie sa často využíva pri analýze zraniteľnosti podzemných vôd ako jeden z analyzovaných parametrov (Malík & Švasta, 2004) alebo pri návrhu zavlažovania v poľnohospodárstve. Poznanie procesov infiltrácie je dôležité tiež z toho dôvodu, že infiltrované atmosférické vody tvoria zdroj väčšiny podzemných vôd, ktoré využívame či už pre úžitkové účely alebo ako pitné vody. Pre analyzovanie a hodnotenie infiltrácie povrchových vôd existuje množstvo prístupov a metódik, ale ako najvhodnejšie sa v súčasnosti javí jej modelovanie v povodiach, v ktorých je pomerne jednoduché späťne skontrolovať výsledky pomocou vodnej bilancie.

Pre účely modelovania procesov infiltrácie bola na USGS v USA vytvorená konzolová aplikácia pod názvom Infil 3.0 (USGS, 2008). Model Infil 3.0 je distribuovaný parametrický model určený pre povodia na výpočty infiltrácie vôd pod kore-



Obr. 11. Očná modulu Visual OTIS 1.0.

Fig. 11. Windows of Visual OTIS 1.0.



ňovú zónu. Model Infil počíta vodnú bilanciu v priestore a čas pod dolnou okrajovou podmienkou. Dolná okrajová podmienka je v modeli definovaná ako maximálna hĺbka od povrchu terénu, ktorá je ovplyvňovaná evapotranspiráciou (hranica koreňovej zóny). Denná vodná bilancia modelu zahŕňa množstvo procesov ako napríklad zrážky (kvapalnú zrážku, sneženie, akumulácia snehovej pokrývky, sublimácia a topenie snehu), infiltráciu do koreňovej zóny, evapotranspiráciu z koreňovej zóny, odvodňovanie jednotlivých vrstiev pôdy, redistribúciu pôdnej vody, povrchový odtok a povrchový prítok do modelového povodia. Pre spustenie modelu je potrebné v rámci vstupných dát zadať časové rady denných zrážok, teplôt vzduchu a priestorové informácie o modelovanom povodí (topografické, geologické, pôdne, vegetačné pomery). Model používa denný časový krok pre výpočty vodnej bilancie a hodinové časové kroky pre simuláciu radiácie solárnej energie, ktorá je používaná pre výpočet potenciálnej evapotranspirácie. Pomocou modelu Infil je možné generovať priestorové denné, ročné a priemerné ročné hodnoty

predstavujúce všetky komponenty vodnej bilancie, umožňujúce pochopenie mechanizmov ovplyvňujúcich procesy infiltrácie povrchových vôd, odtoku a potenciálnych prítokov. Modelové výsledky môžu byť použité na hodnotenie vplyvov klimatických faktorov, vlastností terénu a povodia (vegetačný pokryv, geologická stavba, pôdne pomery) na infiltráciu.

Infil 3.0 je klasickým typom aplikácii, aké vytvárajú organizácie USGS alebo EPA v USA. Nie je možné pri ich používaní priamo využívať vstupné dáta uložené v geografických informačných systémoch a takisto je pomerne zložité a časovo náročné transformovať rôzne typy dát do súborovej štruktúry, akú vyžaduje model Infil. Preto bola v rámci balíka HydroOffice vytvorená vizuálna nadstavba nad programom Infil pod názvom Visual Infill (Obr. 10). Ide o komplexný program, manažujúci transformáciu rôznorodých typov vstupných dát (časové rady, tematické mapy vo formáte GIS) do súborovej štruktúry modelu, kontrolujúci komplexnosť a správnosť vstupných dát pomocou množstva sprievodcov, formulárov a nástrojov, ako

napríklad nástroj pre výpočet mapy koeficientov hemisfericky viditeľnej oblohy z DEM súborov povodia pre simuláciu radiácie solárnej energie. Takisto program umožňuje transformáciu výsledkov modelu do vhodnej podoby, a to hlavne tvorbou tematických vrstiev pre GIS, tvorbou výsledných tabuľkových a grafických výstupov.

Druhým modulom je program Visual OTIS 1.0, slúžiaci ako vizuálna nadstavba nad program OTIS od USGS, umožňujúci modelovať kvalitu vôd v povrchových tokoch. Program OTIS je jedno-dimenzionálny transportný model zahŕňajúci vplyvy miešania vôd prítokmi do modelovaného úseku toku a zdržania vôd v riečnych sedimentoch (Runkel, 1998). Model je schopný modelovať veľmi variabilné podmienky. Program OTIS umožňuje spracovávať klasické transportné modelovanie rozpustných látok alebo inverzné modelovanie, kedy z výsledkov určujeme vstupné hydrodynamické a chemické parametre modelovaného prostredia. Program modeluje ustálené alebo neustálené prúdenie, konzervatívny alebo reaktívny transport v prostredí konštantných alebo variabilných hydrodynamických vlastností pozdĺž modelového toku.

Rovnako, ako v predošlom prípade bola pre zjednodušenie modelovania vytvorená vizuálna nadstavba, umožňujúca spracovávať súbory vstupných dát, kontrolovať ich úplnosť, spúšťať model a vizuálne analyzovať ich výsledky (Obr. 11).

Nadstavba Visual OTIS 1.0 umožňuje tvoriť podkladové dáta pre model v rámci prostredia GIS. Hydrodynamické a geochemické vlastnosti sa v rámci modulu zadávajú v automaticky generovaných tabuľkách. Po ich zadaní je možné skontrolovať ich úplnosť a program spustí výpočtový model. Po ukončení modelovania sú späť do programu načítané výsledky a užívateľ ich môže analyzovať v tabuľkovej alebo grafickej forme.

Veľkou výhodou oboch modulov je, že do nich bol implementovaný geografický informačný systém. Preto pri práci užívateľ nepotrebuje využívať externý GIS. Moduly umožňujú v programe využívať všetky typy GIS súborov s koncovkou *.shp (ESRI Shapefile) a jedenásť typov rastrových súborových formátov.

Okrem týchto dvoch modulov je vo fáze rozpracovania ešte jeden modul pod názvom HactarGen, využívajúci prvky a metódy umelej inteligencie – metódy genetického programovania. Úlohou tohto modulu bude automaticky vyhľadávať a hodnotiť vzťahy medzi prvkami a parametrami hydrologického cyklu, geologickej stavby či geomorfologických a vegetačných pomerov. Príkladom jeho využitia môže byť hľadanie rovníc umožňujúcich výpočet priemerného odtoku z povodia vzhľadom ku geologickej stavbe, geomorfologickým pomerom, nadmorskej výške, orientácii svahov, využívaniu územia, zrážkam a priemernej teplote v povodí, ale aj dopĺňanie úsekov s chýbajúcimi dátami v časových radoch meraných hodnôt. Tento modul je možné využiť aj pri modelovaní zrážkovo-odtokových vzťahov.

7. ZÁVER

V predložennom článku je v krátkosti predstavená rozsiahlejšia práca zameraná na vývoj nových programov určených pre hydroológov a hydrogeológov. Opísaný softvérový balík, pod názvom HydroOffice 2010, obsahuje 8 samostatných modulov, pričom

výsledky z jedného modulu je možné využiť ako vstupné podklady do ďalšieho modulu.

Každý z modulov má špecifické zameranie a pri ich vývoji bola snaha o čo najkomplexnejšie riešenie jednotlivých problematik so zahrnutím vzájomnej kompatibility modulov, ale aj kompatibilitu s existujúcimi softvérovými technológiami a operačnými systémami.

Programy, ktoré boli predstavené, často nemajú alternatívu v obdobnom existujúcom riešení, alebo sú vytvorené tak, aby spracovávali nielen samotnú problematiku, ale aby sa vyhli alebo boli schopné riešiť problémy iných existujúcich programov. Príkladom môžu byť časové rady, ktoré zasahujú pred rok 1900 alebo extrémne dlhé časové rady. Rovnako vizuálne nadstavby pre numerické modely Infil a OTIS nemajú v súčasnej dobe alternatívu v iných existujúcich programoch. Pri tvorbe programov bol použitý unifikovaný štruktúrny model grafického užívateľského rozhrania, a preto je pomerne jednoduché prechádzať z jedného modulu do druhého. Vývoj softvérového balíka bude pokračovať aj v budúcnosti, vylepšovaním existujúcich modulov a vývojom nových.

V súčasnosti je opísaný softvérový balík uvoľnený v beta verzii na stránke <http://hydrooffice.org> a používa sa vo viac ako 30 krajinách (napr. Česko, Taliansko, Poľsko, Chorvátsko, Saudská Arábia, JAR, India, Irán, USA, Austrália, Brazília, Bolívia a ďalších).

Podakovanie: Príspevok bol vypracovaný vďaka podpore projektu VEGA č. 1/0783/08. Ďakujem za inšpiráciu, nápady a testovanie pri vývoji modulov HydroOffice RNDr. Petrovi Malíkovi, CSc., doc. RNDr. Miriam Fendekovej, CSc., doc. RNDr. Mariánovi Fendekovi, CSc. a Mgr. Andrejovi Machlicovi, PhD.

Literatúra

- Boughton W.C., 1993: A hydrograph-based model for estimating water yield of ungauged catchments. Institute of Engineers Australia National Conference. Pub. 93/14, 317-324.
- Fendeková M. & Fendek M., 1999: Killeho metóda – teória a prax. *Podzemná voda*, 5, 2, 77-87.
- Fendeková M., Ženišová Z., Demeterová B., Fendek M., Flaková R., Gavurník J., Krčmář D., Macura V., Némethy P. & Slivová V., 2010: *Hydrogeologické sucho*. Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava, 190 p.
- Furey P.R. & Gupta V.K., 2001: A physically based filter for separating base flow from streamflow time series. *Water Resources Research*, 37, 11, 2709-2722.
- Gregor M. & Malík P., 2010: Využitie hybridných genetických algoritmov pre tvorbu skladaných výtokových čiar. *Podzemná voda*, 16, 2, 152-166.
- Chapman T.G., 1991: Comment on „Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses“ by R.J. Nathan and T.A. McMahon. *Water Resources Research*, 27, 7, 1783-1784.
- Chapman T.G. & Maxwell A.I., 1996: Baseflow separation – comparison of numerical methods with tracer experiments. Institute Engineers Australia National Conference. Pub. 96, 05, 539-545.
- Institute of Hydrology, 1980: Low flow studies. Res. Rep. 1. Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
- Jakeman A.J. & Hornberger G.M., 1993: How much complexity is warranted in a rainfall-runoff model? *Water Resources Research* 29, 2637-2649.
- Kille K., 1970: Das Verfahren MoMnQ, ein Beitrag zur Berechnung der

- mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfe der monatlichen Niedrigwasserabflüsse. Z. deutsch. Geol. Ges., Sonderh. Hydrogeol. Hydrogeochem., Hannover, 89-95.
- Lyne V. & Hollick M., 1979: Stochastic time-variable rainfall-runoff modeling. Institute of Engineers Australia National Conference. Pub. 79, 10, 89-93.
- Malík P. & Švasta J., 2004: „Európsky prístup“ hodnotenia zraniteľnosti krasových podzemných vôd a možnosti jeho aplikácie v ľubovoľnom horninovom prostredí. *Podzemná voda*, 10, 1, 50-59.
- Mau D.P. & Winter T.C., 1997: Estimating ground-water recharge from streamflow hydrographs for a small mountain watershed in a temperate humid climate, New Hampshire, USA. *Ground Water*, 35, 2, 291-304.
- Malík P., 2010: Separácia hydrogramu pomocou parametrov reprezentatívnej výtokovej čiary. *Podzemná voda*, 16, 1, 113-124.
- Nathan R.J. & McMahon T.A., 1990: Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. *Water Resources Research*, 26, 7, 1465-1473.
- Runkel R.L., 1998: One-Dimensional Transport Model with Inflow and Storage (OTIS): A Solute Transport Model for Streams and Rivers. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report, 98-4018, 73 p.
- Sloto R.A. & Crouse M.Y., 1996: HYSEP: A computer program for streamflow hydrograph separation and analysis. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations, Report 96 – 4040, Pennsylvania, 46 p.
- Stojkovicová D. & Fendeková M., 2010: Časové a priestorové zmeny podzemného odtoku v povodiach flyšového pásma severovýchodného Slovenska. *Podzemná voda*, 16, 2, 142-151.
- Tallaksen L.M., van Lanen H.A.J., Biggs B.J.F., Clausen B., Demuth S., Fendeková M., Gottschalk L., Gustard A., Hisdal H., Holmes M.G.R., Jowett I.G., Kašpárek L., Kasprzyk A., Kupczyk E., Madsen H., Marsch T.J., Moeslund B., Novický O., Peters E., Pokojsky W., Querner E., Ress G., Roald L., Shahl K. & Young A., 2004: Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. *Developments in Water Science*, vol. 48. Amsterdam, Elsevier Science B.V, 579 p.
- Tularam A.G. & Ilahee M., 2008: Exponential smoothing method of baseflow separation and its impacts on continuous loss estimates. *American Journal of Environmental Sciences*, 4, 2, 136-144.
- USGS, 2008: Documentation of computer program INFIL3.0 – A distributed-parameter watershed model to estimate net infiltration below the root zone: U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report 2008-5006, Online Only, 98 p.

Summary: The paper is focused on presentation of new software tools to be utilized during solution of hydrological and hydrogeological problems. Methods, which require abundance of input data, are frequently used in water sciences. Input data are processed by number of calculations and computing techniques. Often, it is not possible to use standardized software calculators for this purpose and specialized software tools are needed.

As the first, program TS Editor in its second version is presented. This program has a number of combinable functions for the time series analysis and processing. TS Editor 2.0 enables to control, fill the gaps, convert, recalculate, filter and process the data time series.

The second program, labeled as BFI+ 3.0, is the tool for baseflow separation in a daily or weekly step using one of ten available different procedures (e.g. local minimum method with selection of the N-day block length, or different recursive filters). This application contains variety of tools for graphical and statistical post-processing of the results.

Another program is RC 4.0. This application was developed for the complex processing and analysis of recession curves. Separation of re-

cession curves from the hydrograph is possible to be done manually or automatically using adjustable filter tool. Four sub-regimes of outflow can be analyzed. Selection of one from fourteen recession models is possible in all sub-regimes. The recession curves can be analyzed as single curve as well as master recession curves. Master recession curves can be created using manual or automatic tools. Hybrid genetic algorithm was used as the new innovative method of artificial intelligence. The next program for processing of outflow in different sub-regimes is named FlowComp 2.0. The program separates sub-regimes in time series using the results of recession curve analysis. The last tool is Kille 3.1 program for calculation of long-term average values of groundwater runoff.

The other three programs were developed for assessment of hydrological drought. The first program – FDC 2.1 generates flow duration curves for selected time series. The second program, named AMn 2.1 serves for calculation of annual average N-days values. The last program TLM 2.1 was developed for calculation of deficit characteristics of hydrological drought. Two methods can be used for this purpose, namely the threshold level method or sequent peak algorithm method. Program contains a number of tools for graphical and statistical processing of results.

The next tool was created for the spatial and temporal modeling of surface water infiltration below the root zone in a modeled watershed. This software was developed as a pre- and post-processing visual tool for USGS console model, named Infil 3.0. The Visual Infil 3.1 tool contains an integrated GIS system and a number of tools for graphical, tabular and GIS data pre- and post-processing. The program makes it possible to calculate and assess a number of water cycle compounds in the modeled watershed.

The last presented program is named Visual OTIS 1.0, what is pre- and post-processing tool for USGS console model OTIS. This model serves for one-dimensional solute transport modeling with inflow and storage. Analogous to the previous tools, this program contains integrated GIS system and a number of other tools to support of input data pre-processing and results post-processing.

Each of described tools is integrated into software package, named HydroOffice 2010. This package is being systematically developed and new programs are generated as for example the HactarGen module, which is based on methods and elements of artificial intelligence – genetic programming methods.