

Aleksander KRUSZEWSKI

Janusz ŻELAZIŃSKI

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

0, Kraków

PODSYSTEM OPERACYJNEGO PROGNOZOWANIA HYDROGRAMÓW ODPLYWU
POWODZIOWEGO DLA DORZECZA GÓRNEJ WISŁY .

Streszczenie : W pracy przedstawiono założenia organizacyjne i rozwiązania metodyczne zastosowane w module prognoz hydrologicznych , stanowiącym element operacyjnego systemu prognozowania zjawisk hydrometeorologicznych . Zwrócono również uwagę na powiązania z innymi modułami .

1. Wprowadzenie

Coraz większe zainwestowanie dolin rzecznych stwarza konieczność doskonalenia prognozowania zjawisk powodziowych . Doskonalsza metodyka prognoz hydrologicznych wymaga dużej ilości obliczeń wykonywanych w określonych przedziałach czasowych - stąd konieczność wykorzystania maszyn cyfrowych. Bezpośrednim impulsem do opracowania możliwie jednolitego modułu operacyjnego prognozowania hydrogramów były prace , prowadzone w IMGW Kraków , nad Systemem Sterowania Falą Powodziową . Efektywność sterowania falą powodziową przy wykorzystaniu zbiorników retencyjnych zależy od trafności prognoz hydrogramów dopływu do zbiorników oraz prognoz transformacji w sieci rzecznej, hydrogramów odpływu kontrolowanego przez zbiorniki oraz niekontrolowanego dopływu bocznego. Prace ukierunkowane na uzyskanie modeli komputerowych służących tego rodzaju prognozom prowadził w latach 1981-1985 Oddział IMG w Krakowie oraz Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej Politechniki Krakowskiej.

Przed przystąpieniem do opracowywania programów obliczeniowych przyjęto następujące założenia :

- prognozowany jest hydrogram odpływu deszczowego z trzygodzinnym krokiem czasowym ,

- okres wyprzedzenia prognozy obejmuje dwie doby /48 godzin/ , przy czym . jeżeli wymaga tego algorytm , istnieje możliwość wydłużenia okresu metodą krzywej regresji,
- prognozy /w okresie powodzi / powtarzane są co trzy godziny lub w interwałach będących krotnością okresów trzygodzinnych,
- danymi wejścia są trzygodzinne hydrogramy odpływu oraz histogramy opadów z posterunków aktualnie sygnalizujących ,
- dodatkowymi danymi są prognozowane średnie dla zlewni sumy opadów dobowych oraz prognozowane elementy meteorologiczne służące do oceny parowania ,
- programy obliczeniowe muszą być możliwe do uruchomienia na minikomputerze MERA-400 w systemie operacyjnym SON3.P przy aktualnej konfiguracji sprzętowej ,
- z uwagi na specyfikę pracy na MERA-400 powinny one mieć charakter konwersacyjny,
- każdy program obliczeniowy powinien posiadać procedury kontroli danych oraz uzupełniania braków.

Założenie mówiące o możliwości realizacji programów prognostycznych na minikomputerze MERA-400 wynika z faktu oparcia wdrożenia operacyjnego systemu prognozowania zjawisk hydrometeorologicznych na sprzęcie będącym własnością IMGK Oddział Kraków [1] . Równolegle wdrażane są programy obliczeniowe oraz bazy danych innych modułów [2, 3], z którymi programy prognostyczne bezpośrednio współpracują .

Zestawienie zbiorcze opracowanych modeli komputerowych podano w tabelicy 1 . Procedury prognozy dla profili powyżej zbiornika Rożnów są zintegrowane w jeden program komputerowy górnego Dunajca. Pozostałe modele stanowią niezależne programy .

W każdym modelu można wyodrębnić procedury realizujące pewne zadania niezbędne dla uzyskania prognozy :

- przetworzenie obserwowanych i prognozowanych danych wejścia do postaci wymaganej przez model symulacyjny,
- przetworzenie opadu całkowitego /obserwowanego/ na opad efektywny

zwany również opadem netto /tj. opad powodujący szybkie formy odpływu /,

- transformację opadu efektywnego w odpływ,
- transformację hydrogramów odpływu w sieci rzecznej,
- ocenę niekontrolowanego dopływu bocznego do sieci rzecznej,
- wyprowadzenie wyników obliczeń.

W dalszej części tekstu omówione zostaną poszczególne procedury .

2. Wstępne przetworzenie danych wejścia

W aktualnie wdrażanych programach obliczeniowych można wyróżnić następujące części procedury przetwarzania danych wejściowych :

- wczytanie z bazy danych Systemu Hydrologii Operacyjnej oraz bazy Systemu Sterowania Falą Powodziową aktualnych wyników obserwacji . Z bazy S.H.O. wczytywane są te dane , które nie wymagają wstępnego przetworzenia / np. opady/. W bazie S.S.F.P. przechowywane są przetworzone przez wyspecjalizowany program wyniki obserwacji dla wszystkich programów prognostycznych i decyzyjnych /np. przepływy/. Organizacja rekordów danych w bazie S.S.F.P. jest ściśle związana z wymaganiem poszczególnych programów . Zawierają one również datę ostatniej aktualizacji .
- uzupełnienie brakujących opadów , obliczenie opadów średnich oraz interpolacja przepływów. Ta część procedury często korzysta z obecności operatora systemu w programach zakładających pracę konwersyjną .
- wprowadzenie przez operatora elementów meteorologicznych nie mieszczących się w depezbach typu "KLIMAT"/promieniowanie całkowite itp./ oraz prognoz opadów średnich na dwie doby . Depesze "KLIMAT" przyjmowane są przez S.H.O. z uwagi na informacje o opadzie . Pozostałe elementy meteorologiczne oraz prognozy opadów będą w przyszłości pobierane z bazy Systemu Meteorologii Operacyjnej .
- wczytanie z bazy S.S.F.P. zbiorów roboczych charakterystycznych dla każdego programu . Zawierają one dane niezbędne dla kolejnego uruchamiania programu , charakterystyki poprzednio obliczonych prognoz .

aktualne oszacowanie parametrów modelu oraz charakterystyki nie -
zbędne dla procesu korekty prognozy .

Duża ilość zadań spoczywających na procedurach przetwarzania
danych wejściowych powoduje , że stanowią one przeważającą część programów pro-
gnostycznych, a nawet są wydzielane w odrębne programy .

3. Obliczanie opadu efektywnego

Ponieważ celem jest prognozowanie wezbrań , opad efektywny
/opad netto/ zdefiniowano jako tę część opadu całkowitego /zaobserwowanego
lub prognozowanego / , która tworzy odpływ powierzchniowy i śródpokrywowy.
Na rozpatrywanym obszarze wymienione formy odpływu zanikają od kilku do kil-
kudziesięciu godzin po zakończeniu opadu . W ramach prac prowadzonych przez
różne zespoły zbadano kilkanaście modeli opadu efektywnego od prostych za-
leżności regresyjnych , a skończywszy na złożonym dwunasto, parametrycznym
modelu konceptualnym . Wszystkie wymienione modele prowadzą do zbliżonych
wyników , a ich podstawową wadą jest silna zmienność parametrów od wezbra-
nia do wezbrania . Dlatego ostatecznie preferowano modele proste , lecz da-
jące możliwość bieżącej korekty parametrów / adaptacyjne/ . W modelach dla
Stradonki i Górnego Dunajca zastosowano model oparty na modyfikacji amery -
kańskiej metody SCS. W modelach Skawy i Raby model oparto na formule
Dubonda. Obydwa wymieniane modele zawierają procedurę adaptacyjnej kore-
kty jednego parametru, zaś ocena stanu uwilgotnienia zlewni dokonywana jest
za pomocą wskaźnika opadów uprzednich . Dla dopływów Dolnego Dunajca zas-
tosowano model Krzysztofowicza, zaś dla Soły i niektórych dopływów Górnego
Dunajca prostą zależność zbliżoną do formuły Hortona uzupełnioną konceptu-
alnym zbiornikiem modelującym intercepcję . Być może po dłuższej eksploata-
cji jeden z wymienionych modeli okaże się lepszy od innych i wówczas będzie
go można zastosować dla całego obszaru .

4. Transformacja histogramu opadu efektywnego w hydrogram odpływu

Ponieważ w niektórych przypadkach należało dekomponować
zlewnię na mniejsze obszary , dla których brak danych obserwacyjnych, prefe-

rowano modele nie wymagające optymalizacji parametrów, a przynajmniej zawierające mało parametrów optymalizowanych. Warunki te spełnia najlepiej model zbiornikowy opisany w pracy [6] z modyfikacją opisaną w pracy [7]. Model ten wykorzystuje teorię geomorfologicznego chwilowego hydrogramu jednostkowego [5]. Zastosowano go dla zlewni Stradomki oraz dla niektórych zlewni cząstkowych w modelu Dunajca. Zbliżone zalety posiada model ISO zastosowany dla zlewni Soły, Skawy i Raby oraz niektórych zlewni cząstkowych modelu Dunajca.

5. Transformacja przepływów w sieci rzecznej

Ze względów podobnych jak w pkt.4 preferowano modele posiadające pełną, fizyczną interpretację parametrów. Jednocześnie ze względu na czas obliczeń nie można było w systemie operacyjnym eksploatować modelu opartego na pełnych równaniach Saint-Venanta. Zastosowano: dla Górnego Dunajca i Wisły po Pustynię model fali kinematycznej, dla Dolnego Dunajca nieliniowy model Muskingum, zaś dla Skawy, Raby model HYMO /Williams/. Wszystkie wymienione modele spełniają postulat szybkości obliczeń, a parametry ich można identyfikować w nawiązaniu do naturalnej geometrii i hydrodynamiki koryt rzecznych, bądź w oparciu o wyniki otrzymane z modelu stosującego pełne równanie Saint-Venanta.

6. Ocena i prognoza niekontrolowanego dopływu bocznego

Problem ten wystąpił szczególnie w zlewni Dunajca i Wisły po Pustynię, gdzie kontrolowane wodowskazami dopływy obejmują tylko nieznaczoną część zlewni bocznej. Opracowano dwa modele komputerowe. Pierwszy ma zastosowanie w sytuacji, gdy na rozpatrywanym odcinku rzeki głównej znajduje się ujście kontrolowanego dopływu bocznego, dla którego mamy model prognostyczny klasy opad-odpływ, lecz zlewnia kontrolowana stanowi tylko część zlewni bocznej. Drugi model stosowany jest głównie wówczas, gdy brak jest kontrolowanego dopływu bocznego. Prognozowana jest wówczas krzywa sumowa dopływu bocznego z wykorzystaniem obserwowanych i prognozowanych opadów w zlewni bocznej. W obu przypadkach niekontrolowany dopływ boczny traktowany

jest jako realizacja procesu losowego. Do prognozowania wykorzystywany jest model ARMA, przy czym jego parametry są szacowane i korygowane na bieżąco w algorytmie adaptacyjnego filtra Kalmana. Technika prognozowania krzywej sumowej odpływu z wykorzystaniem filtra Kalmana jest również używana bezpośrednio do prognozowania odpływu z całej zlewni zamkniętej zbiornikiem różnowodnym. Pewne szczegóły nt. tej metody podano w pracy Bobińskiego i Mierkiewicz [4].

7. Wprowadzenie wyników obliczeń

Współpraca modułu prognoz z modułem sterowania falą powodziową [3] stwarza potrzeby umożliwienia programom sterowania dostępu do wyników obliczonych prognoz. Programy prognostyczne aktualizują zbiory zawierające obliczone prognozy. Zbiory te umieszczone są w bazie S.S.F.P., a więc są dostępne dla wszystkich programów przewidzianych do realizacji w okresie powodzi. Należy również zwrócić uwagę, że niektóre programy prognostyczne muszą korzystać ze zbiorów zawierających propozycje sterowań.

Z uwagi na ciągłą aktualizację zbiorów prognoz są one dodatkowo identyfikowane przez datę początku okresu prognostycznego umieszczoną w ostatnim elemencie każdego zbioru.

Jako wprowadzenie wyników obliczeń należy również traktować aktualizację zbiorów roboczych poszczególnych programów. Zbiory te są również umieszczone w bazie S.S.F.P.

8. Zakończenie

Umożliwiony podsystem operacyjnego prognozowania zawiera szereg nowych rozwiązań, tak w zakresie jego organizacji, jak i stosowanej metodyki. Szeroko rozumiany proces jego wdrażania razem z Systemem Hydrologii Operacyjnej oraz Systemem Sterowania Falą Powodziową pozwoli w niedługim czasie na uzyskanie starożytnej oceny wprowadzonych innowacji, udokonałenie niektórych rozwiązań, jak również wyeliminowanie zauważonych błędów.

Dotychczasowe próby wdrożenia kilku programów pozwalają wstępnie ocenić czas przetwarzania, jaki będzie wymagany dla całego modułu. Z uwagi na konwersacyjny charakter programów można go ocenić przy minimalnej ingerencji operatora na około 30 minut.

LITERATURA

- [1] J. Filimowski, J. Grela, A. Kruszewski, H. Słota : Operacyjny system osłony hydrologicznej w dorzeczu górnej Wisły . /mat. konferencyjne/.
- [2] W. Burczyk, M. Doniec, E. Łasut : Podsystem automatyzacji prac w ramach hydrologii operacyjnej na bazie mikrokomputera PSPD-90 i minikomputera MERA -400 . /mat. konferencyjne /.
- [3] J. Grela, P. Madej, R. Schaefer : Podsystem operacyjnego wypracowywania decyzji o odpływach ze zbiorników górnej Wisły w okresach powodziowych. / mat. konferencyjne /.
- [4] E. Bobiński, M. Mierkiewicz : Real time rainfall-runoff forecasting in Poland . The developments in 1980-1984 . Anglo-Polish hydrological Workshop . Jabłonna , Poland , 17-21 september 1984 / zakwalifikowano do publikacji w biuletynie IAHS /.
- [5] Rodriguez Iturbe I, Valdes J.B. , The geomorphologic structure of hydrologic response . Water Resour.Res. 15/6/, 1979.
- [6] Z. Ziemońska, J. Żelaziński : Geomorfologiczny chwilowy hydrogram jednostkowy i jego wykorzystanie w modelu prognozy odpływu . Przegl.Geofiz. zeszyt 3 1984 .
- [7] J. Żelaziński : Application of the geomorphological instantaneous unit hydrograph theory to development of forecasting models in Poland . Anglo-Polish Workshop , Jabłonna , Poland 17-21 september 1984 . / zakwalifikowano do publikacji w biuletynie IAHS / .

Tablica 1

Zestawienie komputerowych modeli prognostycznych

Rzeka	Profil	Zadanie modelu
Dunajec	Czorsztyn	Prognoza hydrogramu dopływu do zbiornika Czorsztyn
Dunajec	Krościenko Gołkowice Nowy Sącz	Ocena sterowania zbiornikiem Czorsztyn
Dunajec	Rożnów	Prognoza hydrogramu dopływu do zbiornika Rożnów
Dunajec	Zgłobice Żabno	Ocena sterowania zbiornikami Czorsztyn i Rożnów
Niedziczanka Ochotnica Poprad Kamienica Nowojowska Łososina Biała Tarn.	Niedzica Tylmanowa Muszyna Nowy Sącz Jakubkowice Koszyce Wlk.	Prognoza dopływu bocznego do koryta Dunajca
Skawa	Ładowice	Prognoza dopływu do zbiornika Swinna Poręba
Raba	Dobczyce	Prognoza dopływu do zbiornika Dobczyce
Wisła	Pustynia	Prognoza dopływu z Małej Wisły i Przem-szy
Wisła	Jawiszowice	Prognoza odpływu ze zlewni Małej Wisły
Przemsza	Jeleń	Prognoza odpływu ze zlewni Przemszy

THE SUBSYSTEM OF THE OPERATIONAL FORECASTING OF THE FLOOD RUN-OFF HYDROGRAMS FOR THE UPPER VISTULA BASIN

S u m m a r y

In the paper the organizational assumptions and methodical solutions applied in the hydrological forecast module being an element of the hydrometeorological events forecast operational system are presented.

Attention was given to connections with the other modules.

ПОДСИСТЕМА ОПЕРАЦИОННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГИДРОГРАММ НАВОДНЯЮЩЕГО СТОКА ДЛЯ БАСЕЙНА ВЕРХНЕЙ ВИСЛЫ

Р е з ю м е

В работе представлены организационные предпосылки и методические решения применены в блоке гидрологических прогнозов. Блок этот является элементом операционной системы прогнозирования гидрометеорологических явлений. Обращено внимание на имеющиеся связи с другими блоками.