ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria : AUTOMATYKA z.78 Nr kol. 847

Jerzy GRELA

Paweł MADEJ

Robert SCHAEFER

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Oddział Kraków

PODSYSTEM OPERACYJNEGO WYPRACOWYWANIA DECYZJI O ODPŁYWACH ZE ZBIORNIKÓW GÓRNEJ WISŁY W OKRESACH POWODZIOWYCH

Streszczenie : W artykule przedstawiono funkcje , algorytmy i organizację modułu sterowania falą powodziową górnej Wisły , stanowiącego element operacyjnego systemu prognozowania zjawisk hydrometeorologicznych , wdrażanego aktualnie w IMGW O.Kraków .Zamieszczono informacje o charakterystykach poszczególnych programów i procedur obliczeniowych , uzyskane w trakcie ich uruchamiania na minikomputerze MERA-400.

1.Wstęp

Realizując podstawowe cele modułu sterowania falą powodziową górnej Wisły (wypracowywanie w okresach powodziowych propozycji sterowania zbiornikami wraz z prognozą skutków sterowania - dla potrzeb Regionalnego Ośrodka Dyspozycyjno-Informacyjnego) od 1981 roku prowadzono w IMGW O.Kraków prace badawcze nad modelami sterowania , które mogłyby znaleźć zastosowanie w działaniu operacyjnym . Stosunkowo szybko okazało się , że z uwagi na ograniczone możliwości zbiorników retencyjnych (w stosunku zwłaszcza do dużych fal powodziowych) oraz istotny czynnik czasu pozostającego podczas powodzi na przygotowanie propozycji sterowania , szansę wykorzystania mają przede wszystkim modele uproszczone traktujące prognozy w sposób deterministyczny i nie stosujące skomplikowanych technik optymalizacyjnych . Problematykę tę poruszono w szeregu publikacji , omawiających założenia takich modeli [3,4,5] bądź próby wykazania ich efektywności na drodze eksperymen-

tów symulacyjnych prowadzonych na historycznych względnie sztucznych powodziach [5,6,7] .

W niniejszym artykule problematykę merytoryczną modeli potraktowano marginesowo , skupiając uwagę na przedstawieniu organizacji i zasad działania oprogramowania realizującego moduł sterowania falą powodziową na minikomputerze MERA-400 , a także doświadczeń uzyskanych w trakcie etapu uruchamiania poszczególnych elementów systemu . Głównym zamierzeniem autorów jest pokazanie, w jaki sposób wykorzystane zostały możliwości sprzętu oraz systemu operacyjnego MERY dla potrzeb sterowania .

2. Schemat oprogramowania modułu sterowania

Prace badawcze prowadzone w IMGW O.Kraków doprowadziły do opracowania i oprogramowania szeregu programów obliczeniowych, które realizują wybrane algorytmy sterowania , algorytmy informacyjne oraz procedury pomocnicze [9]. Obecnie , zgodnie z tym funkcyjnym podziałem , scharakteryzowane zostaną poszczególne programy modułu (w nawiasach podano umowne nazwy programów).

W obrębie algorytmów sterowania wyróżnić można następujące elementy :

- programy realizujące instrukcje przeciwpowodziowe na zbiornikach Kaskady Soły , Dobczyce i Rożnów (INSKAS,INSDOB,INSROZ) , wyznaczające odpływy w zależności od aktualnego dopływu , stanu zbiornika i objętościowej prognozy fali,
- programy wypracowujące (z udziałem operatora) politykę odpływu, z punktu widzenia minimalizacji strat powodziowych w zlewni lokalnej , uwzględniając skoncentrowane dopływy poniżej zapory (KASKAD, LOKD , STEROZ),
- program stochastycznego sterowania standardowego , wyznaczający w oparciu o prognozę dopływu parametry reguły decyzyjnej dla odpływu ze zbiornika (STRDDE)[1],
- program wyznaczania skoordynowanych odpływów ze zbiorników w ukła-

1) Ponieważ model ten wykorzystuje charakterystyki błędów modelu prognozy dopływu do zbiornika , możliwe do oszacowania na podstawie dłuższego okresu eksploatacji , obecnie istnieje możliwość wykorzystania go dla zbiorników Tresna i Rożnów .

dzie równoległym , z punktu widzenia minimalizacji strat w całym dorzeczu (KOORDY).

Wśród programów informacyjnych wyróżnić można programy następujących typów :

- analizy pracy obiektów sterowania (zbiorników) w zakresie trajektorii napełnień i odpływu (ANAZB),
- analizy przewidywanych skutków sterowania w zakresie strat powodziowych, zagrożonych obiektów , kształtowania się sytuacji w profilu podłużnym rzeki (OCENA , SKUTKI) .

Programy te mają przede wszystkim charakter ilustracyjny i służą do przedstawienia decydentowi skutków różnych proponowanych wariantów sterowania . Program OCENA jest specjalizowaną procedurą dostosowaną do potrzeb dolnego Dunajca , program SKUTKI ma charakter bardziej ogólny i obejmuje cały obszar dorzecza górnej Wisły .

Programy pomocnicze związane są przede wszystkim z :

- analizą możliwości współpracy w zlewniach usytuowanych równolegle (ANAWSP) i wypracowywaniem alternatywnych polityk odpływu w przypadku przyjęcia wariantu współpracy (DOPUS),
- koniecznością transformacji odpływów ze zbiorników przez system koryt rzecznych dla określenia prognozowanych przepływów kulminacyjnych (MUSK - w oparciu o model Muskingum , TRANS - w oparciu o model kaskady zbiorników nieliniowych),
- aktualizacją danych o systemie rzeczywistym w zakresie zagrożeń.

Ponadto przewiduje się opracowanie procedur umożliwiających archiwizację wypracowywanych propozycji sterowań w celu oceny efektywności poszczególnych algorytmów sterowania .

Komunikację pomiędzy programami zapewnia trójpoziomowa baza danych [2)] , zawierająca niezbędne zbiory informacji przygotowane m.in. przez uruchamiany wcześniej moduł prognoz [2].

Algorytmy sterowania wykorzystują tę informację dla wypracowania propozycji odpływów ze zbiorników , po czym zapisują do bazy hydrogramy odpływów i trajektorie napełnień zbiorników na najbliższe 48 godzin . Stero-

2) Bazę tę opracowano w Instytucie Automatyki Politechniki Warszawskiej . Szczegółowy opis w [8].

wania te stanowią następnie wejście do modeli transformacji fali dają - cych w wyniku przewidywane kulminacje w charakterystycznych profilach sys- temu oraz do procedury dokonującej analizy porównawczej wariantów pracy zbiorników . Na podstawie kulminacji dokonuje się oceny stanu zagrożenia powodziowego .

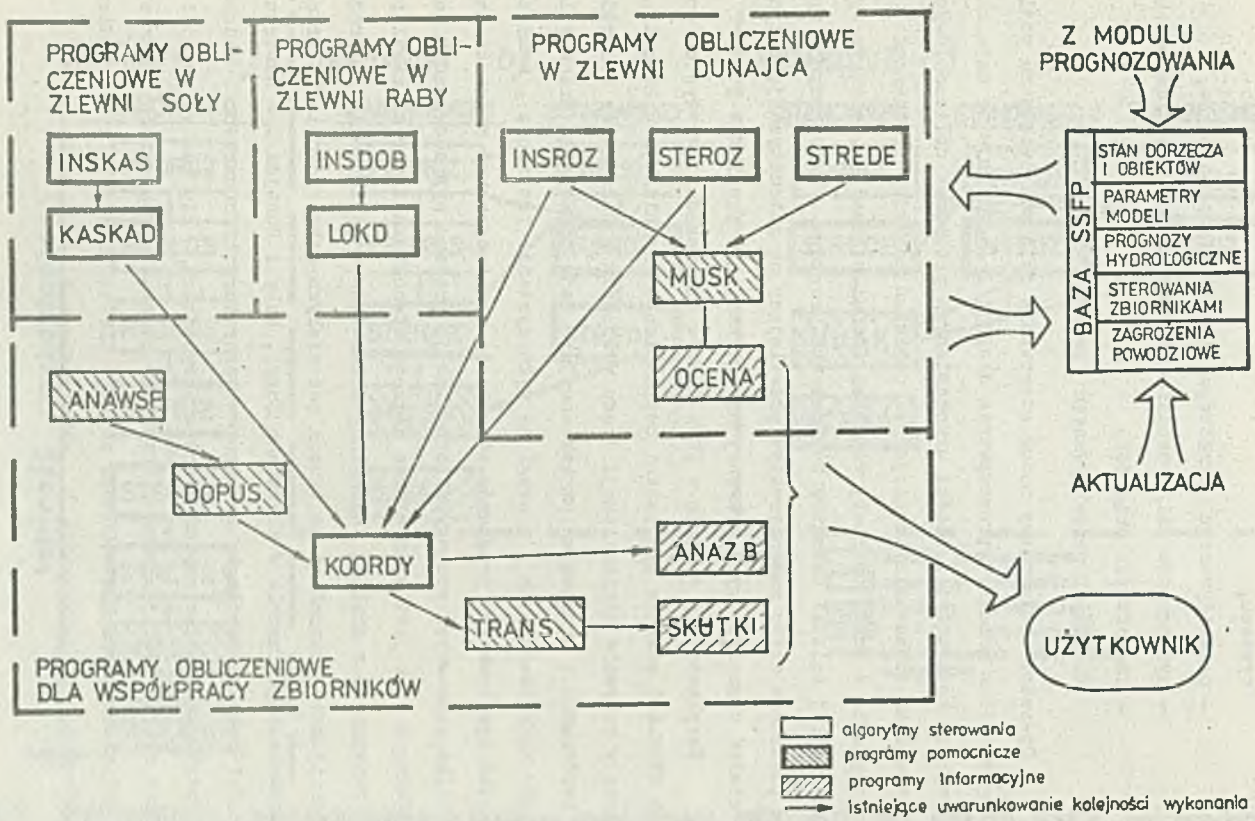
Schematyczną ilustrację oprogramowania modułu sterowania z podzia- łem funkcyjnym i obszarowym przedstawia rys.1.

3. Propozycja zasad eksploatacji modułu sterowania w czasie powodzi

Wykorzystanie opracowanego oprogramowania w okresach powodziowych wymaga przygotowania odpowiedniego algorytmu zawierającego podstawowe reguły wyboru drogi postępowania w zależności od rozwoju bieżącej sytua- cji . Na bieżącym etapie przygotowywania oprogramowania do eksploatacji starano się stworzyć wiele możliwości wypracowywania propozycji decyzji , dopuszczając ingerencję tak operatora modułu sterowania, jak i dysponenta systemu (RODI) . Stąd w systemie znalazło się wiele modeli sterowania dotyczących tych samych obiektów, w konsekwencji czego ilość informacji mo- gących być podstawą ostatecznego wyboru decyzji jest niezwykle bogata i w czasie rzeczywistym wymagać będzie odpowiedniej agregacji bądź selekcji .

Generalnie zakładamy , że dysponent systemu otrzymywać będzie w od- stępach 3-godzinnych serwis informacyjny obejmujący :

1. Aktualny stan dorzecza i zbiorników retencyjnych z ostatniego terminu zbierania informacji .
2. Wypracowane wariantowo propozycje sterowania zbiornikami :
   a) Wariant I - hipotetyczne sterowanie według obowiązujących instrukcji (tradycyjny sposób sterowania).
   b) Wariant II - hipotetyczne sterowanie z uwzględnieniem dopły- wów bocznych poniżej zapory (ochrona interesów zlewni lokalnych).
   c) Wariant III- hipotetyczne sterowanie z uwzględnieniem współ- pracy obiektów (ochrona interesów całego do - rzecza) .
3. Porównawczą analizę graficzną i tabelaryczną wypracowanych wa-



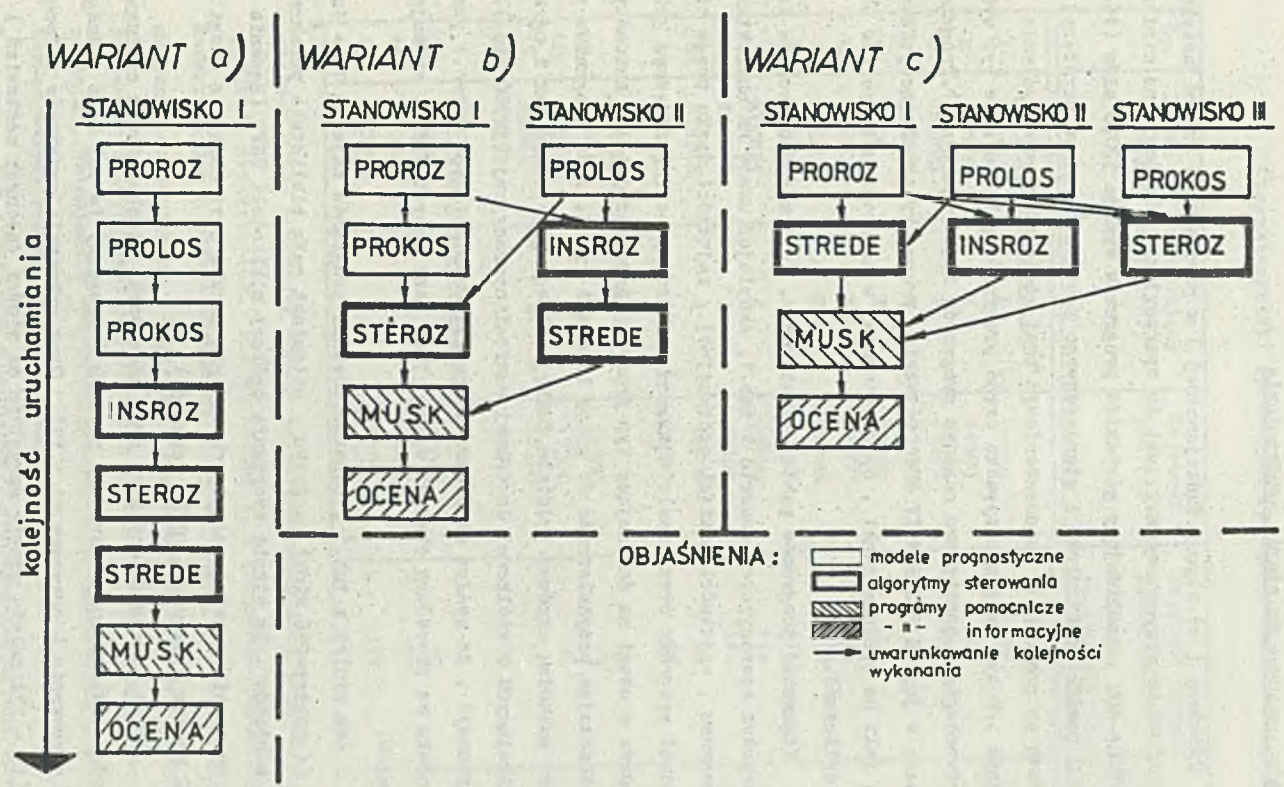
RYS.1 Schemat oprogramowania modułu sterowania wg. propozycji IMGW KRAKÓW

riantów z wyszczególnieniem następujących elementów :

- hydrogramów dopływu i odpływu z poszczególnych zbiorników systemu,
- przewidywanego przebiegu napełniania zbiorników,
- hydrogramów fali powodziowej w wybranych profilach systemu,
- zagrożonych obiektów,
- wielkości przewidywanych strat powodziowych.

Operator obsługujący moduł sterowania falą powodziową ma możliwość ingerencji w proces wypracowywania decyzji . Ingerencje te mają charakter wyboru kolejności i ilości uruchamianych programów obliczeniowych (pod warunkiem zachowania istniejących powiązań pomiędzy programami) , wykorzystywania w razie potrzeby większej ilości stanowisk , a także wyboru odpowiedniej ścieżki wewnątrz konkretnego programu . W dyspozycji operatora pozostaje zbiór makrodyrektyw pozwalający na automatyzację rutynowych działań organizujących sekwencyjne uruchamianie programów .

Eksploatowany obecnie w IMGW Kraków czterozadaniowy system operacyjny MERY-400 stwarza możliwości usprawnienia organizacji obliczeń , zwłaszcza w zakresie minimalizacji czasu wykonania . Szczególne oszczędności w porównaniu z uruchamianiem sekwencyjnym daje równoległa praca kilku programów konwersacyjnych , z uwagi na wykorzystanie procesora . Analizując pakiet opracowanych programów sterowania zaproponować można co najmniej kilka sensownych propozycji organizacji procesu wypracowywania decyzji . Jedną z nich jest wydzielanie jednego stanowiska dla realizacji programów związanych z analizą współpracy zbiorników (gdzie dominują programy automatyczne), natomiast na trzech pozostałych można równolegle uruchamiać konwersacyjne modele w zlewniach Soły , Raby i Dunajca . W następnej kolejności byłyby równolegle realizowane procedury informacyjne . Podobny sposób postępowania zastosować można w przypadkach, gdy zasięg powodzi ogranicza się do jednej zlewni . Przykłady podziału pracy między poszczególne zadania systemu MERA-400 dla obsługi zlewni Dunajca (z włączeniem programów modułu prognozowania) , pokazuje rys.2 .



RYS. 2 Wykorzystanie wielozadaniowego systemu operacyjnego MERY-400 dla potrzeb SSFP na przykładzie programów dotyczących dolnego Dunajca

4. Efekty uzyskane na etapie uruchamiania

Omówiony (od strony funkcjonalnej) w poprzedniej części artykułu moduł sterowania przygotowywany jest do operacyjnego wdrożenia na minikomputerze MERA-400 . Realizujący go pakiet programów wymaga 32000 słów (16-bitowych) pamięci centralnej i standardowego zestawu urządzeń peryferyjnych . Może on pracować w jednozadaniowym bądź wielozadaniowym systemie operacyjnym . W tym drugim przypadku część programów pakietu może być wykonywana równolegle (następstwo czasowe programów ilustruje rys.1).Programy są napisane w języku FORTRAN IV S z wyjątkiem procedury symulującej transformację fali na odcinku rzeki , oprogramowanej w makroassemblerze (ze wzgl. na czas obliczeń).[3]

Większość programów pakietu testowano . Informacje dotyczące ich charakterystyk operacyjnych zawarto w tab.1, skupiając uwagę na charakterze pracy programu , zajętości pamięci operacyjnej , zajętości dysku przez binarną postać programu oraz czasie wykonania . Wyróżniono 2 podstawowe grupy programów z uwagi na dominujący typ pracy - konwersacyjne lub automatyczne , oznaczając przynależność do grupy literą A lub K.Ilość programów pakietu jest pochodną zarówno podziału funkcjonalnego jego zadań,jak i ograniczeń wynikających z wielkości dostępnej pamięci operacyjnej (32000 słów). Warto zaznaczyć , że stałym elementem wszystkich wymienionych w tab.1 programów modułu są procedury obsługi operacyjnej bazy danych SSFP , zajmujące ok.8000 słów.

Jak wynika z tab.1 , binarne postaci programów zajmują 70 ÷ 140 sektorów (1 sektor=256 słów) na dysku , natomiast cała biblioteka przekracza 1600 sektorów . Na etapie tworzenia ogólnej biblioteki SSFP (łącznie z modelami prognostycznymi) może to okazać się liczbą zbyt dużą , z uwagi na pojemność kasety dyskowej (4872 sektorów).

Czasy wykonania uzyskano przy procesorze nieobciążonym obsługą innych zadań , dla jednego wariantu prognoz (programy 1÷ 10) bądź jednego wariantu sterowania (programy 11 i 12) . Czas wykonania programów informacyjnych (13 ÷ 15) zależy przede wszystkim od ilości żądanych zestawień i

[3] Procedurę tę opracowano w Instytucie Automatyki Politechniki Warszawskiej.

Tabela 1.

Charakterystyki operacyjne oprogramowania modułu sterowania

Lp.	Nazwa programu	Dominujący typ pracy	Zajętość pamięci (słów)	Zajętość dysku przez postać binarną (sektorów)	Czas egzekucji (min)
	Algorytmy sterowania				
1	INSKAS	A	18000	101	1(2)
2	INSDOB	A	14500	77	1(2)
3	INSROZ	A	25600	131	1,5(4,5)
4	KASKAD	K	30000	127	2,5
5	LOKD	K	26700	89	1,5
6a	STEROZ	K	28800	136	2(3)
6b	STEROZ	K	29700	140	1,5(2,5)
7a	KOORDY	A	25500	111	4(5)
7b	KOORDY	A	25500	111	7(8)
7c	KOORDY	A	25500	111	18(19)
8a	STREDE	A	30500	96	4
8b	STREDE	A	30500	96	9
	Programy pomocnicze				
9	ANAWSP	A	14300	73	0,5
10	DOPUS	A	17500	95	4,1
11	MUSK	A	18700	82	0,5
12	TRANS	A	22000	90	1,5
	Programy informacyjne				
13	OCENA	K	29000	97	4,0
14	ANAZB	K	25000	103	4,0
15	SKUTKI	K	31000	121	6,0

dlatego w tym przypadku podano czasy orientacyjne , przyjmując za podstawę prędkość drukarki (ok.1 min na stronę). W przypadku pozostałych programów konwersacyjnych podano minimalne czasy wykonania i w praktyce mogą być one znacznie przekroczone . Wartości w nawiasach odnoszą się do opcji wykonania powodujących wyprowadzanie własnego serwisu informacyjnego przez moduł sterowania . Natomiast w przypadku programów automatycznych , podane czasy traktować należy raczej jako górne ograniczenie , które nie powinno być przekroczone . Dla niektórych algorytmów sterowania uwypuklono wpływ najważniejszych czynników rzutujących na czas wykonania . Są to :

- w przypadku programu STEROZ - rodzaj użytego modelu transformacji fali powodziowej ; (a)model Muskingum ,(b)model kaskady zbiorników nieliniowych,
- w przypadku programu KOORDY stopień współpracy zbiorników (por. [7]), decydujący o ilości przeglądanych wariantów sterowania ; w tab.1 podano czasy wykonania dla (a)-przypadku współpracy jednego zbiornika z Wisłą (4 warianty) , (b)-dwóch zbiorników współpracujących (16) i (c)- współpracy trzech zbiorników (64),
- w przypadku programu STREDE , pozostawiona do dyspozycji operatora ilość generowanych prognoz (wielkość wprowadzana z klawiatury); podano czas wykonania dla przypadków 5(a) i 20(b) prognoz,

W ramach testowania przeprowadzono eksperyment symulacyjny obejmujący wypracowanie i prezentację sterowań dla zlewni Dunajca traktowanej jako pilotowa w dorzeczu górnej Wisły . Miał on za zadanie sprawdzenie poprawności współpracy wydzielonego fragmentu stworzonego oprogramowania i oszacowanie czasu obliczeń . Pozwolił on również sprawdzić komunikację z odpowiednim fragmentem modułu prognoz , który także był uruchamiany we wspomnianym eksperymencie . Ze strony modułu sterowania test polegał na sekwencyjnym uruchomieniu programów INSROZ,STREDE(a),STEROZ(a), MUSK i OCENA (wariant a z rys.2).Każdy z trzech modeli sterowania miał za zadanie wypracowanie sterowań dla dwóch wersji prognoz, po czym dokonana została prezentacja i ocena przewidywanych skutków łącznie sześciu wariantów odpływu ze zbiornika Czchów. Eksperyment wykonano w dwóch wariantach uzyskując następujące zsumowane czasy wykonania wyżej wymienionych programów :

- 34 (min) - przy drukowaniu przez modele sterowania serwisu dotyczącego efektów ich pracy,
- 25 (min) - przy rezygnacji z serwisu .

Pełna dokumentacja testu zawarta jest w pracy [10].

Sumaryczny czas potrzebny do przygotowania serwisu dla użytkownika w zakresie podanym w p.3 (dla całego dorzecza) oszacować można na około 45 min. W okresie tym możliwe jest :

- wypracowanie sterowań wg wariantu I po około 8,5 minutach,
- wypracowanie sterowań wg wariantu II po około 13 minutach,
- wypracowanie sterowań wg wariantu III po 17,25 lub 35 minutach (w zależności od stopnia koordynacji zbiorników).

Przyjęto , że orientacyjny czas trwania analiz porównawczych i wydruku cer wisów informacyjnych wynosi 10 minut .

Podane wyżej czasy uwzględniają równoczesną pracę na 4 stanowiskach . Wynikowe czasy nie są więc sumą czasów egzekucji wszystkich składowych , zamieszczonych w tab.1. Obejmują one podstawowy zakres czynności programów konwersacyjnych , który w praktyce operacyjnej zwiększyć się może kilkakrotnie . Dotychczasowe badania symulacyjne wykazują jednak , że sytuacja taka nie występuje często.

Czas działania modułu sterowania ulec może w przyszłości zmianie wskutek :

- eliminacji lub modernizacji niektórych programów zgodnie z sugestiami odbiorcy,
- wymiany bloku programów związanych z transformacją fali powodziowej w korytach na blok współpracujący z symulatorem analogowym (opisanym w [8]),
- wymiany monitorów ekranowych na monitory semi-graficzne [8], dające możliwość efektywniejszego prowadzenia konwersacji (lepsze rozplanowanie ekranu) oraz szybsze i bardziej efektywne przekazywanie wykresów i innych informacji graficznych.

5. Podsumowanie

Prezentowany pakiet programów modułu sterowania nie [illegible] ostatecznego kształtu i wymaga dalszych prac (we wszystkich niemal fazach tworzenia oprogramowania) dla uruchomienia jego pierwszej wersji .W szczególności nie omawiano tu oprogramowania przygotowywanego równolegle przez Instytut Automatyki Politechniki [illegible] . Prace, których efekty zaprezentowano w artykule, miały postawione za cel doprowadzenie do szybkiego uruchomienia poszczególnych [illegible] dla stworzenia możliwości wspólnej pracy nad ostatecznym jego kształtem autorów oprogramowania i decydentów . Dotychczasowe doświadczenia w tym względzie wskazują , że współpraca taka może się efektywnie dopiero w [illegible] symulacyjnych . Z tych też względów [illegible]

mów wypikłych w trakcie prac na rzecz stworzenia działających narzędzi wspomagania decydenta . Dalszy rozwój oprogramowania zależeć więc będzie w głównej mierze od jego sugestii.

LITERATURA

[1] J.Filimowski,J.Grela,A.Kruszewski,H.Słota: Operacyjny system osłony hydrologicznej w dorzeczu górnej Wisły.(mat.konferencyjne). 1985.

[2] A.Kruszewski,J.Żelaziński: Podsystem operacyjnego prognozowania hydrogramów odpływu powodziowego dla dorzecza górnej Wisły .(mat.konferencyjne)1985.

[3] J.Grela,P.Madej,R.Schaefer: A Simulation Model for Determination of Outflow in Flood Condition from Parallelly Situated Reservoirs. Proceedings of the AMSE Conference , Nicea,1983.

[4] P.Madej,R.Schaefer: Algorytmy gospodarki powodziowej na zbiornikach Soły i Dunajca przy uwzględnieniu dopływu bocznego . Zeszyty Naukowe Pol.Śląskiej , Automatyka , z.68,Gliwice, 1983.

[5] P.Madej: A Model for the reservoir cascade control in flood conditions taking into consideration lateral tributaries. Proceedings of the AMSE Conference, Athenes , 1984.

[6] J.Grela,R.Schaefer: A method of the control of an outflow from a retention reservoirs cascade for flood protection at sites located below the volleys.Proceedings of the AMSE Conference , Athenes , 1984.

[7] J.Grela: Badania symulacyjne współpracy zbiorników retencyjnych górnej Wisły w czasie powodzi . Zeszyty Naukowe Pol.Śląskiej , Automatyka ,z68 , Gliwice , 1983.

[8] Raport z realizacji tematu 7.05.08.11.Instytut Automatyki Politechniki Warszawskiej , maszynopis , 1984.
Cz.II.Oprogramowanie przeznaczone do wykorzystania operacyjnego w systemie sterowania falą powodziową .
Cz.III.Opracowanie i budowa stanowiska operatora systemu sterowania falą powodziową w dorzeczu górnej Wisły.

[9] Optymalny model sterowania falą powodziową górnej Wisły .PR 7.05.08.00 IMGW Kraków , maszynopis , 1984.

[10] Opracowanie komputerowego modelu sterowania kaskadą Dunajca w warunkach stochastycznych . PR7.05.08.09, IMGW Kraków , maszynopis ,1984.

THE SUBSYSTEM OF THE OPERATIONAL DECISIONS MAKING CONCERNING THE UPPER VISTULA RESERVOIRS OUTFLOWS DURING FLOOD PERIODS

S u m m a r y

In the paper functions, algorithms and organisation of the Upper Vistula flood wave control moduke as the element of the hydrometeorologal events forecast operational system is presented. It is currently implemented by the Institute of Meteorology and Water Management in Kraków. Informations are given about characteristics of the programs and computational routines implemented on the minicomputer MERA-400.

ПОДСИСТЕМА ОПЕРАЦИОННОЙ ВЫРАБОТКИ РЕШЕНИЯ О СТОКЕ ВОДЫ ИЗ РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРХНЕЙ ВИСЛЫ В ПЕРИОДЫ НАВОДНЕНИЙ

Р е з ю м е

В статье представлены функции, алгоритмы и организацию блока управления волной наводнения верхней Висолы. Блок этот является элементом операционной системы прогнозирования гидрометерологических явлений , который в настоящее время внедряется в ИМГВ - Краковское Отделение. Приведены характеристики отдельных программ и алгоритмов , полученные во время их пуска на миникомпьютере МЕРА - 400.