

Jerzy GRELA

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Oddział Kraków

UWZGLĘDNIANIE PROGNOZY PRZY DOBORZE REGUŁ  
DECYZYJNYCH DLA OPERACYJNEGO STEROWANIA  
SYSTEMEM ZBIORNIKÓW RETENCYJNYCH

Streszczenie. Przedstawiono metodykę doboru reguł decyzyjnych wykorzystywanych w systemie wodno - gospodarczym do ustalania polityki retencji na wyższym poziomie sterowania. Metodyka ta uwzględnia traźność modelu prognostycznego przygotowującego prognozy dla algorytmu sterowania i wykorzystuje elementy teorii podejmowania decyzji. Podano przykład ilustrujący zastosowanie metody dla systemu wodno - gospodarczego Śląska.

1. Wprowadzenie

Reguły decyzyjne są jedną z najbardziej rozpowszechnionych klas polityk eksploatacyjnych stosowanych w gospodarce wodnej do sterowania systemami zbiornikowymi [1,2,3]. Jakkolwiek poszczególne reguły mogą się różnić między sobą pod wieloma względami, wspólną cechą prac dotyczących ich formułowania jest przyjmowanie z góry określonej ich postaci /często heurystycznej/ i dobór bądź optymalizacja uściślająca | te reguły parametrów przebiegające na drodze analitycznej lub z wykorzystaniem postępowania symulacyjnego.

Często stosuje się reguły decyzyjne na etapie projektowania systemu, gdzie głównym celem polityki eksploatacyjnej jest określenie osią-  
gów systemu, czyli np. możliwych do wykorzystania dla celów zaopatrzenia w wodę zasobów dyspozycyjnych. Reguły te służą wówczas jako narzędzie umożliwiające dobór fizycznych parametrów obiektów, przy czym najczęściej równolegle poszukuje się najlepszych parametrów reguły. Rzadziej natomiast wykorzystywane są reguły w bieżącej, operacyjnej eksploatacji obiektów, w której chodzi o spełnienie głównych zadań systemu sprecyzowanych w jego

projekcie przy jednoczesnej maksymalizacji efektów dodatkowych. Polityka eksploatacyjna spełniająca tak sformułowane cele powinna być bowiem bardziej szczegółowa /co do obiektów i ich wzajemnych powiązań/ operująca krótszym horyzontem i krótszymi przedziałami czasowymi w porównaniu z polityką stosowaną na etapie projektowania.

W związku z powyższym powstaje problem w jaki sposób zapewnić spełnienie głównych zadań systemu w sterowaniu bieżącym. Istnieje pewne niebezpieczeństwo, że budując politykę eksploatacyjną dla potrzeb sterowania bieżącego w pewnym sensie niezależnie od założeń polityki stosowanej na etapie projektowania, nie potrafimy osiągnąć efektów, których oczekuje się od systemu. Stąd potrzeba ścisłego powiązania obu rodzajów polityk.

Z szeregu prac prowadzonych w ramach PR-7 dotyczących eksploatacji systemów wieloźbiornikowych wynika wniosek o celowości wprowadzania sterowania hierarchicznego, zakładającego kilka poziomów /warstw/ sterowania, na których m.in. realizuje się inne zadania, wykorzystuje różne modele zasilania, posługuje odmiennymi modelami rozdziału zasobów. Zakładając, że w dalszej części rozważać będziemy system wodno - gospodarczy na poziomie podsystemu zasobów /por. [4] /, dla takiego zespołu obiektów można zaproponować następującą dwupoziomą strukturę sterowania, w której :

- a/ poziom wyższy jest warstwą sterowania, gdzie obowiązuje model sterowania długoterminowego, wyznaczający politykę retencji w systemie i ograniczenia dla poziomu niższego na dowolnie długi wielomiesięczny horyzont, przy średnich zapotrzebowaniach i ewentualnie długiej prognozie zasilania,
- b/ poziom niższy jest warstwą sterowania, w której obowiązuje model sterowania krótkoterminowego, wykorzystujący ograniczenia przekazane z poziomu wyższego i wyznaczający odpływy ze zbiorników i przersuty wody uwzględniając aktualne zapotrzebowanie i krótkoterminową prognozę zasilania.

Zerówne poziom wyższy jak i niższy działają w strukturze repetycyjnej miesięcznej i jedno- lub wieloźbiornowej.

Ideą niniejszego artykułu jest wykorzystanie reguł decyzyjnych

opracowywanych na etapie projektowania systemu jako modelu sterowania długoterminowego w ramach wyżej przedstawionej struktury sterowania bieżącego. Problemem na który położony będzie szczególny nacisk jest zagadnienie prognozy, którą na ogół traktuje się jako w pełni sprawdzalną na wstępie projektowania, a to założenie jest oczywiście nie do przyjęcia w sterowaniu operacyjnym.

## 2. Sformułowanie problemu

Założmy, że dla wielozbiornikowego i wielopunktowego systemu opracowano algorytm sterowania będący zbiorem reguł decyzyjnych, charakteryzowany wektorem parametrów  $\bar{p}$ . Istotą jego jest :

a/ ocena aktualnego stanu zasobów systemu za pomocą wskaźnika zasobów:<sup>1/</sup>

$$VZ = \sum_{j=1}^m (v^j + q^j) \quad (1)$$

gdzie:  $v^j$  - aktualne napełnienie zbiornika,

$q^j$  - objętość miesięcznego dopływu wody do zbiornika,

$m$  - ilość zbiorników w systemie.

b/ wyznaczenie odpływów ze zbiorników i przerzutów rurociągami oraz rozdział wody pomiędzy użytkowników w zależności od ocenionego w punkcie a/ stanu systemu.

Przyjmijmy, że podstawowym zadaniem systemu jest bezwzględne zaspokojenie potrzeb użytkowników na poziomie  $\overline{PMIN}$ , natomiast zapewnienie poborów na wyższym poziomie uważane jest za zadanie dodatkowe. Parametry algorytmu  $\bar{p}$  zoptymalizowane na wieloletniej realizacji historycznej, pozwoliły na osiągnięcie na tej próbie 100 % gwarancji spełnienia potrzeb  $\overline{PMIN}$ , zaś potrzeb wyższych /w tym również  $\overline{PMAX}$ / z gwarancją odpowiednio niższą.

Chcąc powyższy algorytm wykorzystać w bieżącej eksploatacji do wyznaczania polityki retencji z krokiem miesięcznym, musimy we wzorze /1/ zastąpić zdeterminowane dopływy  $Q^j$  odpowiednimi oszacowaniami prognozy stycznymi  $\tilde{Q}^j$ . Zakładając, że istnieje kilka możliwych oszacowań /modeli

1/ Wskaźnik taki stosowane w pracach dotyczących systemu wodno - gospodarczego Śląska [5,6] .

prognostycznych/ postawiony problem dotyczył będnie wyboru strategii 2/ sterowania długoterminowego na wyższym poziomie struktury przedstawionej we wstępie.

Ponieważ mamy do czynienia z problemem wyboru decyzji w warunkach niepewności należy bliżej sprecyzować kolejne elementy procesu decyzyjnego.

Podmiot podejmujący decyzje. Zakładamy, że istnieje jednostka /zarząd/ zainteresowana prowadzeniem eksploatacji systemu w sposób gwarantujący spełnienie podstawowych celów jego działania określonych na etapie projektowania i maksymalizację dodatkowych efektów eksploatacyjnych.

Zbiór decyzji dopuszczalnych. Zbiór modeli prognostycznych pozwalających na wyznaczenie współrzędnych wektora  $\vec{Q}$  o liczbie  $m$  elementów.

Zbiór stanów systemu. Obejmuje zbiór stanów normalnych  $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$  wyznaczanych w oparciu o formułę /1/ według następującego schematu :

	wskaźnik zasobów		stan systemu		prydział zasobów 3/
	$VZ > P_1$	$\longrightarrow$	$N_1$	$\longrightarrow$	$PM = PM(N_1) = PMAX$
$P_1 \geq$	$VZ > P_2$	$\longrightarrow$	$N_2$	$\longrightarrow$	$PM = PM(N_2) < PMAX$
	.		.		.
	.		.		.
	.		.		.
$P_{n-2} \geq$	$VZ > P_{n-1}$	$\longrightarrow$	$N_{n-1}$	$\longrightarrow$	$PM = PM(N_{n-1}) < PM(N_{n-2})$
$R_{n-1} \geq$	$VZ$	$\longrightarrow$	$N_n$	$\longrightarrow$	$PM = PM(N_n) = PMIN$

/  $P_1, P_2, \dots, P_{n-1}$  - pierwsze współrzędne wektora  $\vec{p}$  /

oraz zbiór stanów awaryjnych /deficytu/  $F = \{F_1, F_2, \dots, F_f\}$

Tak więc zbiór możliwych stanów systemu  $Z = N \cup F$  jest zbiorem

$z = n + f$  - elementowym.

Funkcja korzyści. Zgodnie z założeniami eksploatacyjnymi uwzględnić winna trzy elementy : korzyści płynące z zaspokajania zadań dodatkowych /pobory ponad  $PMIN$ /, kary za niespełnienie zadań podstawowych

2/ Przez strategię rozumiemy mechanizm współpracy reguł decyzyjnych i odpowiedniego modelu prognostycznego.

3/ Jak widać w zależności od bieżącej wartości wskaźnika  $VZ$  ogłaszany jest odpowiedni stan systemu. Jest to polityka analogiczna do wprowadzonych w energetyce stopni zasilania.

/pobory poniżej  $\overline{PMIN}$ / i konsekwencje błędów prognozy /wszystkich możliwych sytuacji prognoza stanu - stan rzeczywisty/. Własności te spełnia kwadratowa macierz  $U_{ij}$ , /gdzie  $i, j = 1, \dots, z$ / będąca obrazem preferencji użytkowników względem różnych sytuacji w systemie. Powinna być ona formułowana przez podmiot podejmujący decyzje.

Niepewność do do stanu systemu. Wynika z wykorzystania niepewnej prognozy dopływu  $\overline{Q}$  do prognozowania tego stanu. Zatem każdą strategię możemy scharakteryzować za pomocą macierzy trafności prognozy stanu, czyli tablicy prawdopodobieństw warunkowych przepowiedzenia, że zaistnieje stan  $Z_j$  pod warunkiem, że powiolen być ogłoszony stan  $Z_i$ , o postaci :

$$\alpha_{ji} = G(Y = Z_i | Z_j) \quad \text{dla } i, j = 1, \dots, z \quad (2)$$

gdzie:  $G$  - operator prawdopodobieństwa,

$Y$  - operator prognozy.

Ostatecznie, dla rozwiązania postawionego problemu proponuje się następującą postać funkcji kryterialnej :

$$E(S_k) = \sum_{j=1}^z G_j^k \cdot E(S_k | Z_j), \quad (3)$$

gdzie:  $E(S_k)$  - oczekiwane korzyści z zastosowania strategii  $S_k$   
 $k = 1, \dots, m,$

$G_j^k$  - prawdopodobieństwo wystąpienia stanu  $Z_j$  w wyniku zastosowania strategii  $S_k$ ,

$$E(S_k | Z_j) = \sum_{i=1}^z u_{ij} \cdot \alpha_{ji}^k - \text{warunkowe oczekiwane korzyści zastosowania strategii } S_k, \text{ pod warunkiem wystąpienia } Z_j,$$

/pozostałe oznaczenia w tekście/.

### 3. Metoda rozwiązania

Aby dokonać wyboru decyzji, określone muszą być dla każdej strategii /co wynika ze wzoru /3// tablice trafności oraz oszacowane prawdopodobieństwa stanów systemu. Prawdopodobieństwa  $G_j^k$  trudna są do oszacowania, gdyż bieżący stan systemu zależy nie tylko od stanu natury /do-

plywu do systemu/, ale również od decyzji podjętych w okresach poprzednich, co praktycznie wyklucza możliwość wyznaczenia tych prawdopodobieństw na drodze analitycznej. Z kolei dla wyznaczenia prawdopodobieństw  $G^k(Y = Z_1 | Z_j)$  należałoby najpierw określać stan systemu, który w danym miesiącu powinien się zrealizować, mając na uwadze "racjonalną" politykę sterowania.

Proponowana w niniejszej pracy metodyka oceny prawdopodobieństw  $G_j^k$  i  $G^k(Y = Z_1 | Z_j)$  opiera się na metodzie symulacyjnej.

Dysponując wiarygodnym modelem zasilania dla systemu wodno-gospodarczego, możemy dokonać wygenerowania odpowiednio długiej, sztucznej realizacji procesu zasilania. Próba ta stanowi materiał niezależny w stosunku do realizacji będącej podstawą identyfikacji parametrów algorytmu. Znamy w ten sposób dokładne wartości rzeczywiste wektora  $\bar{p}$  w każdym miesiącu, możemy więc zbiór analizowanych strategii poszerzyć o strategię sterowania z użyciem hipotetycznego, idealnego modelu prognostycznego. Taką strategię uznamy za najbardziej "racjonalną" /oznaczamy ją  $S^{RM}$ /. W konsekwencji, symulując sterowanie według tej strategii, uzyskamy hipotetyczną najbardziej "racjonalną" trajektorię stanów, jaka może być na tym ciągu osiągnięta przy danym zestawie parametrów wektora  $\bar{p}$ . Uzyskane z eksperymentu częstotliwości stanów systemu mogą być oszacowaniem bezwarunkowych prawdopodobieństw ich wystąpienia  $G_j^k$ , natomiast macierz trafności jest w tym przypadku macierzą jednostkową,  $\alpha = I$ . Można zatem obliczyć  $E(S^{RM})$  według wzoru /3/.

W podobny, symulacyjny sposób wyznaczyć można wartości  $E(S_k)$  dla pozostałych strategii dopuszczalnych, wykorzystując przy symulacji sterowań dane uzyskiwane z odpowiedniego modelu prognostycznego. W odróżnieniu jednak od symulacji dla  $S^{RM}$ , obecnie istnieje konieczność skorygowania w każdym kroku końcowych napełnień zbiorników z uwagi na rozbieżności pomiędzy prognozowanymi a rzeczywistymi wielkościami dopływu wody do systemu. Dodatkowo należy też określić macierz trafności, która obecnie nie będzie macierzą jednostkową. Wyznaczyć ją można z porównania "racjonalnej" trajektorii stanów systemu z trajektorią stanów uzyskaną przy danej strategii  $S_k$ . Przyjmując, że proces zasilania podzielono na  $T$  okresów miesięcznych, w każdym z nich znamy 2 stany systemu: ten, który usualizmy

za "racjonalny"  $Z^{r^M}$  oraz ten wyznaczony przez aktualnie rozpatrywaną strategię  $Z^k$ . Para  $(Z^{r^M}, Z^k)$  odpowiada jednej z możliwych do wystąpienia sytuacji stan rzeczywisty - stan prognozowany. Jak wiadomo ilość takich różnych zdarzeń wynosi  $z \times x$ . Przyjmijmy, że częstotliwości tych zdarzeń podzielone przez  $T$ , dają nam oszacowanie poszczególnych prawdopodobieństw, a więc w rezultacie poszukiwaną macierz trafności  $\alpha^k$ .

Uzyskany tą drogą zbiór wartości  $E(S_k)$ , dla  $k = 1, \dots, m$ , stanowi podstawę do wyboru strategii najlepszej  $S^M$ , która jest rozwiązaniem postawionego na wstępie problemu.

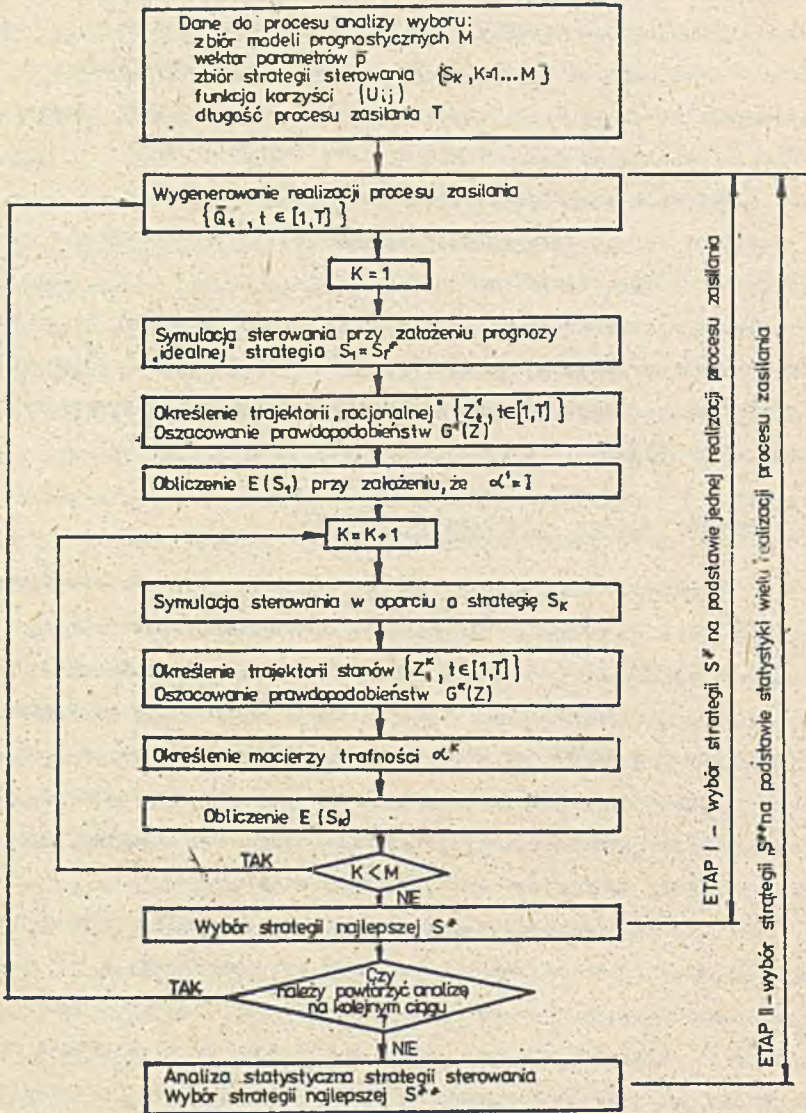
Można oczywiście prowadzić eksperymenty symulacyjne na kolejnych ciągach wygenerowanych, dążąc do znalezienia strategii  $S^{M^M}$  w oparciu o uzyskane na zbiorze ciągów statystyki. Schemat organizacyjny takiego procesu decyzyjnego przedstawia rys.1.

#### 4. Przykład wyboru strategii sterowania

Zaproponowaną metodykę doboru reguł decyzyjnych dla sterowania operacyjnego zastosowano przykładowo dla systemu wodno - gospodarczego Śląska o konfiguracji obiektów przedstawionej na rys.2. Algorytm sterowania dla tego systemu będący zbiorem reguł decyzyjnych opracowano w IMGW O/Kraków i przedstawiono m.in. w pracy [6]. Bazuje on na formule wskaźnika zasobów /1/ o interpretacji graficznej zilustrowanej na rys.3. Ponieważ algorytm tworzono dla potrzeb projektowania, zakłada on znajomość dopływów wody do systemu na najbliższy miesiąc.

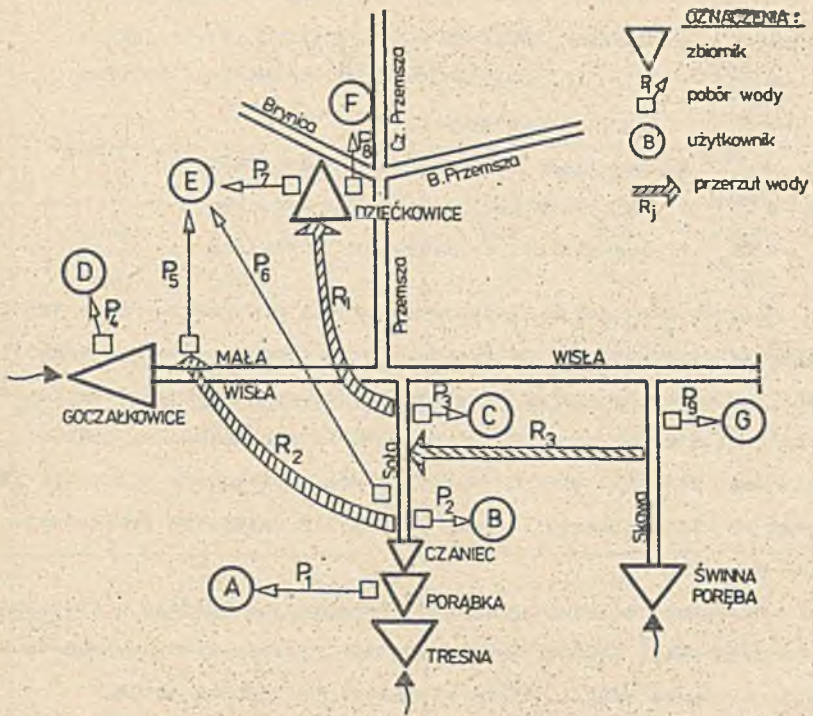
Dla przedmiotowego systemu brak jest modeli prognostycznych, możliwych do wykorzystania w badaniach symulacyjnych, z konieczności więc posłużono się zbiorem charakterystyk klimatologicznych, opracowanych na podstawie materiału historycznego, zakładając że w warunkach operacyjnych mogą one pełnić rolę "prognozy". Ogółem rozważano 10 potencjalnych "prognoz" przypisanych następująco poszczególnym strategiom:

- $S_1 \rightarrow \overline{QR}_{t-1}$  - rzeczywiste dopływy w poprzednim miesiącu /pr. inercjalna/
- $S_2 \rightarrow \overline{Q}_t^{10}$  - miesięczne dopływy takie, że w ciągu historycznym zaobserwowano 10 % dopływów niższych,
- $S_3 \rightarrow \overline{Q}_t^{25}$  - " " ale 25 %

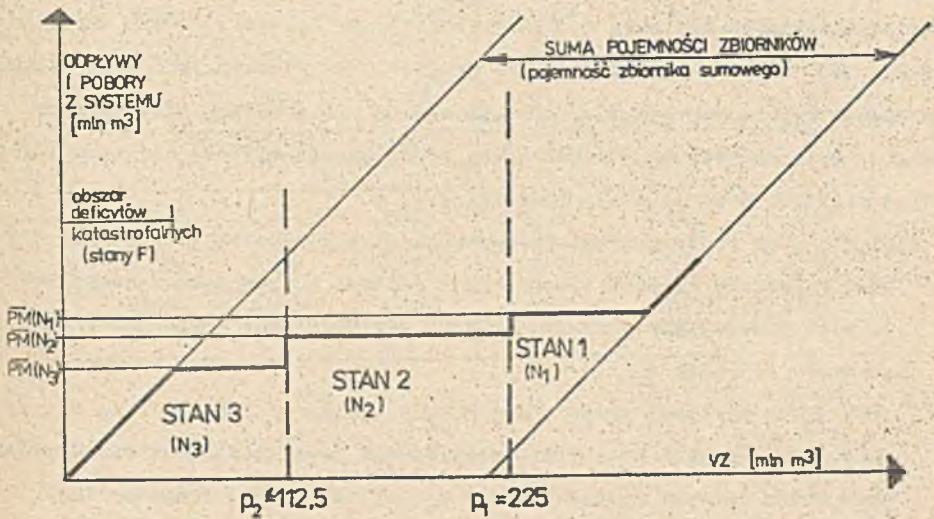


Rys.1 Organizacja procesu wyboru strategii sterowania





Rys.2 Schemat analizowanego systemu wodno-gospodarczego



Rys.3 Zasady wyznaczania stanu systemu w zależności od wskaźnika VZ

- $S_4 \rightarrow \bar{Q}_t^{50}$  - miesięczne dopływy takie, że w ciągu historycznym  
zaobserwowano 50 % dopływów niższych,  
 $S_5 \rightarrow \bar{Q}_t^{75}$  - jw. | ale 75 %,
- $S_6 \rightarrow \bar{Q}_t^{90}$  - jw. | ale 90 %,
- $S_7 \rightarrow \bar{SQ}_t$  - średnie miesięczne,
- $S_8 \rightarrow \bar{Q}_t^{\text{MIN}}$  - najniższe zaobserwowane miesięczne,
- $S_9 \rightarrow \bar{Q}_t^{\text{MAX}}$  - najwyższe zaobserwowane miesięczne,
- $S_{10} \rightarrow \bar{QR}_t$  - rzeczywiste dopływy /pr. idealne/.

Badania symulacyjne przeprowadzono na 5 wygenerowanych 100-letnich ciągach dopływów wody do systemu. Chcąc sprawdzić wpływ funkcji korzyści na wybór strategii sterowania, przeanalizowano 10 wariantów macierzy  $U_{ij}$ , których elementy przypisane stanom normalnym podano w tab.1. Przyjęta też, że każdy miesiąc deficytu przynosi karę w wysokości 120000 jednostek /a więc kilkanaście razy więcej niż najwyższe preferencje w macierzach  $U_{ij}$ /.

Przeprowadzając eksperymenty symulacyjne zgodnie z omówioną poprzednio metodyką i schematem organizacji procesu wyboru przedstawionym na rys.1, uzyskano wyniki, które syntetycznie ujęto w tab.2.

Przechodząc do krótkiego omówienia rezultatów zauważmy, że praktycznie możemy poszukiwać ostatecznego rozwiązania jedynie w obrębie strategii  $S_1 - S_9$ , gdyż strategia  $S_{10}$  jest dla nas nieosiągalna, a obserwacja uzyskanych dla niej statystyk pozwala co najwyżej ocenić czy opłacalne jest dążenie do doskonalenia prognoz. Nie wyczerpując pełnej interpretacji uzyskanych wyników, sformułować by można następujące wnioski, mogące być podstawą przedyskutowania przez zarząd systemu najkorzystniejszej polityki w okresie eksploatacji :

- przy silnym zróżnicowaniu preferencji stanów systemu /  $W_1 - W_5$  / nie jest opłacalne dążenie do prognozy idealnej ; przy takich funkcjach podmiot podejmujący decyzję powinien wykorzystywać prognozy "optymistyczne" /  $S_6$  lub  $S_9$  /,
- przy braku wyraźnej preferencji stanów systemu / funkcje  $W_6 - W_{10}$  /, dążenie do poprawy modelu prognostycznego jest działaniem uzasadnionym; przy braku takiego modelu powinno się wykorzystywać prognozy typu "pesymistycznego" /  $S_2$  lub  $S_8$  /.

Tabela 1

WARIANTY PRZYJĘTYCH FUNKCJI KORZYŚCI W ZAKRESIE  
DOTYCZĄCYM NORMALNYCH STANÓW SYSTEMU

Wariant $W_1$			Wariant $W_2$		
1000	0	0	10000	-1000	-5000
680	680	0	0	680	-1000
2	2	2	0	0	2
Wariant $W_3$			Wariant $W_4$		
10000	-9320	-9998	10000	-5000	-7500
680	680	-678	340	680	-340
2	2	2	0.5	1	2
Wariant $W_5$			Wariant $W_6$		
9800	0	0	8000	0	0
980	980	0	4000	4000	0
98	98	98	2000	2000	2000
Wariant $W_7$			Wariant $W_8$		
6000	0	0	6000	-600	-3000
6000	6000	0	0	6000	-600
6000	6000	6000	0	0	6000
Wariant $W_9$			Wariant $W_{10}$		
6000	-6000	-6000	6000	-3000	-4500
6000	6000	-6000	3000	6000	-3000
6000	6000	6000	1500	3000	6000

Tabela 2

## ZESTAWIENIE SYNTETYCZNYCH WYNIKÓW EKSPERYMENTÓW SYMULACYJNYCH

Strategia sterowania $S_k$	Ilość deficytów zaobserwowana dla ciągów hydrologicznych $H_i$ /w miesiącach/					Statystyka strategii najlepszych $S^*$ dla różnych wariantów funkcji korzyści $U_{ij}$									
	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$	$W_7$	$W_8$	$W_9$	$W_{10}$
$S_1$	16	18	9	9	-										
$S_2$	16	18	11	12	-							3		4	2
$S_3$	16	17	11	10	-								1		
$S_4$	22	21	8	7	-							1			1
$S_5$	23	22	13	11	1					1	1				
$S_6$	36	27	14	13	2	3	3	2	3	2	2		1		
$S_7$	22	22	10	7	-								1		
$S_8$	23	21	13	14	1							1	1	1	2
$S_9$	60	49	17	28	10	2	2	3	2	2	2		1		
$S_{10}$	12	16	9	6	-	1	1	1	1	1	2	8	5	5	5

- silne zróżnicowanie preferencji stanów systemu sprawia, że zróżnicowanie błędów prognozy nie wpływa w istotny sposób na wybór strategii najlepszej, natomiast brak preferencji stanów powoduje, że wpływ preferencji błędów prognozy jest wyraźny /większy rozrzut strategii  $S^E$  dla grupy  $W_7 - W_{10}$  niż  $W_1 - W_4$ /,
- niektóre postacie funkcji kryterialnej uniemożliwiają wybór strategii na tak niewielkiej liczbie próbie losowej.

Z powyższego przykładu nie wynika oczywiście, że możliwe jest na tej podstawie podjęcie ostatecznej decyzji o wyborze strategii  $S^{MM}$ . Nie było też celem niniejszego przykładu przedstawienie ostatecznego, konkretnego rozwiązania dla systemu wodno - gospodarczego Śląska. Nie jest to obecnie możliwe, gdyż nieznanne są rzeczywiste preferencje użytkowników i decydenta, będące parametrami funkcji wyboru strategii. W tym przykładzie posłużono się jedynie pewnymi hipotezami, co do struktury tych preferencji. Rozwiązany przykład jest natomiast dobrą ilustracją zaproponowanej metodyki formułowania i rozwiązywania pewnej klasy problemów decyzyjnych w gospodarce wodnej.

## 5. Podsumowanie

Proponowana w niniejszym artykule metodyka wyboru strategii sterowania długoterminowego omówiona została na przykładzie problemu wyboru modelu prognostycznego dla zoptymalizowanych uprzednio reguł decyzyjnych, stanowiących algorytm sterowania dla systemu zbiorników retencyjnych. Nie wyczerpuje to oczywiście wszystkich możliwych przypadków analiz postoptymalizacyjnych, w których można tę metodykę wykorzystać. Sposoby modyfikacji zadania w przypadkach wyboru pomiędzy kilkoma algorytmami budowanymi na różnych założeniach /w tym algorytmami ignorującymi prognozę, np. [5]/ i konieczności uwzględniania kosztów sporządzania prognozy omówiono szerzej w pracy [7] .

Warunkiem właściwego wyboru strategii sterowania długoterminowego jest sformułowanie i rozwiązanie procesu decyzyjnego rozważanego w kategoriach teorii podejmowania decyzji w warunkach niepewności. Główne założenia proponowanej metodyki bazują na propozycjach Sadowskiego [8] z modyfikacjami wynikającymi z rozważania problemów decyzyjnych, w których

podmiot podejmujący decyzje kształtuje pośrednio prawdopodobieństwa przyszłych stanów systemu. Może być stosowane dla systemów o dyskretnej przestrzeni stanów.

Opracowana metodyka stanowić może pomocne narzędzie uzupełniające dotychczas stosowane metody badawcze - projektowe. W szczególności może pomóc w rozwiązywaniu problemów związanych z celowością wykorzystania prognozy długoterminowej. Elementy tej metodyki spełniają wysuwane ostatnio postulaty szerszego uwzględniania "sprawności eksploatacyjnej" proponowanych koncepcji sterowania systemami wodnymi.

## 6. Literatura

- [1] Eisel L.M.: Chance Constrained Reservoir Model. Water Resource Research, vol 8, No 2, 1972.
- [2] Nayak S.C., Arora S.R.: Optimal Capacities for a Multireservoir System Using the Linear Decision Rule. Water Resources Research, vol 7, No 3, 1971.
- [3] Revelle C. et al.: The Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design. Water Resources Research, vol 5, No 4, 1969.
- [4] Gabrys T., Leski A.: Propozycje organizacji systemu wodno - gospodarczego na obszarze aglomeracji katowickiej i bielskiej. Hydroprojekt, Warszawa 1982 /maszynopis/.
- [5] Gabrys T.: Instrukcja gospodarki wodą w normalnych warunkach eksploatacji dla kaskady Soły i dla zbiornika w Goczałkowicach. Hydroprojekt, Kraków 1981 /maszynopis/.
- [6] Grela J., Słota H.: Optymalne zasady eksploatacji systemu zbiorników dorzecza górnej Wisły dla najbliższych etapów jego rozbudowy. ZN Pol. Śląskiej, Automatyka : z.48, 1979.
- [7] Grela J.: Metodyka oceny przydatności parametrycznych algorytmów eksploatacyjnych dla sterowania systemami wodno - gospodarczymi na przykładzie systemu górnej Wisły. IMGW, 1984. / rozprawa doktorska /.
- [8] Sadowski W.: Decyzje i prognozy. PWE, Warszawa 1981.

## УЧЁТ ПРОГНОЗА ПРИ ОТБОРЕ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВОДОХРАНИЛИЩ

## Р е з ю м е

В статье представлена методика отбора решающих правил, используемых для устанавливания политики хранения воды на вышнем уровне управления в водохозяйственной системе. Методика учитывает меткость прогностической модели, подготавливающей прогнозы для алгоритма управления, и использует элементы теории принятия решений. Представлен пример, иллюстрирующий применение метода в водохозяйственной системе Силезии.

## REGARD TO THE PROGNOSIS IN THE SELECTION OF DECISION RULES FOR OPERATIONAL CONTROLLING OF A SYSTEM OF RETENTION RESERVOIRS

## Summary

The author presents methods of selection of decision rules utilized within a water-economy system for establishing retention policies on upper control levels. The said methods take into consideration the validity of a prognostic model generating prognoses for a control algorithm and is based on the elements of the decision-making theory. The presented example illustrates the utilization of the method in the Silesia water-economy system.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Janusz PIOTROWSKI

Wpłynęło do Redakcji 21.06.1987 r.