

Roman KONIECZNY, Henryk SŁOTA

INSTYTUT METEOROLOGII
I GOSPODARKI WODNEJ
KRAKÓW

WYKORZYSTANIE FUNKCJI PREFERENCJI DO STEROWANIA ROZRZĄDEM
WODY W WARUNKACH DEFICYTU

Streszczenie. W bieżącej eksploatacji systemów rozrządu wody spotykamy się często z sytuacjami deficytowymi, w których suma zasobów będących do dyspozycji nie wystarcza na zaspokojenie całkowitych potrzeb wszystkich użytkowników. Organy decyzyjne /zarząd systemu/ muszą w takich sytuacjach dysponować modelem decyzyjnym umożliwiającym rozdział wody. Propozycje przedstawione w niniejszej pracy sprowadzają się do uwzględnienia w funkcji celu modelu optymalizacji rozdziału wody zarówno preferencji użytkowników, jak i preferencji zarządu systemu. W artykule proponuje się wyrażenie preferencji użytkownika w formie funkcji nieużyteczności odnoszonej do deficytów wody, a preferencji zarządu systemu w formie współczynników jednej z funkcji zaproponowanej przez Keeney'a [5].

1. WPROWADZENIE

Trudności, jakich przysparza racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi, wynikają z faktu, że mamy zwykle do czynienia z wielozadaniowymi systemami wodno-gospodarczymi. Systemy te działają ponadto w środowisku o charakterze losowym, a w związku z tym nigdy nie możemy powiedzieć, iż spełniają one swoje zadania z prawdopodobieństwem równym 1.0. W konsekwencji należy liczyć się z okresami czasu, w których nie możemy spełnić potrzeb wszystkich użytkowników i konsumentów wody /ludność, przemysł, rolnictwo, ochrona czystości wód, energetyka, żegluga, rekreacja/. W takich sytuacjach sterowanie operacyjne nie może bazować na tradycyjnych kryteriach maksymalizujących dodatkowe efekty sterowania, przy założeniu spełnienia zadań podstawowych, lecz musi wykorzystywać kryteria minimalizujące skutki wynikające z niespełnienia tych zadań podstawowych. Z taką sytuacją mamy do czynienia również w przypadkach,

gdy rozwój gospodarczy regionu jest szybszy od rozwoju gospodarki wodnej, skąd wynikają chwilowe deficyty wody.

Powyższe przyczyną sprawiają, iż nie można traktować sterowania operacyjnego jako zbioru odrębnych działań, lecz jako postępowanie integrujące całokształt powiązanych ze sobą stosunków ekonomiczno-społecznych, odnoszonych zarówno do całego obszaru oddziaływania systemu, jak i do wszystkich użytkowników i konsumentów wody.

Założenia te sprowadza zadanie optymalnego sterowania rozrządem wody w systemie do minimalizacji wektorowej funkcji celu o postaci:

$$K(\bar{x}) = [k_1(d_1), k_2(d_2), \dots, k_i(d_i)] \quad (1)$$

gdzie: \bar{x} - wektor oddziaływań sterujących określający w sposób jednoznaczny alokację zasobów wodnych w czasie i przestrzeni,

$k_i(d_i)$ - składowa funkcja celu oceniająca wektor oddziaływań sterujących z punktu widzenia interesów i -tego użytkownika lub konsumenta wody,

$d_i = d_i(\bar{x})$ - deficyt wody, będący różnicą pomiędzy wymaganą a otrzymaną ilością wody,

i - indeks użytkownika lub konsumenta wody.

W tak sformułowanym problemie pojawiają się dwa istotne pytania:

1/ jaką postać powinny mieć funkcje składowe $k(d_i)$ i jak powinny być identyfikowane?

2/ według jakich zasad należy skalaryzować ten wektorowy problem?

Na te pytania chcemy odpowiedzieć w niniejszym referacie.

Podstawą opisanych poniżej propozycji jest włączenie do prac nad ustalaniem funkcji kryterialnych przedstawicieli wszystkich szczebli decyzyjnych systemu - począwszy od najniższego stopnia, tzn. użytkownika a skończywszy na stopniu najwyższym, tzn. zarządzie systemu. Konsekwencją tego założenia jest przyjęcie, że funkcje składowe $k(d_i)$ są funkcjami celu użytkowników systemu i wyrażają ich indywidualne interesy, natomiast funkcja $K(\bar{x})$ jest funkcją celu zarządu systemu i wyraża interesy ponadindywidualne - interesy systemu. Pociąga to za sobą oczywiście konieczność ustalania funkcji cząstkowych na podstawie konsultacji z użytkownikami z uwzględnieniem ich stosunku do zespołu czynników ekonomicznych

i pozaekonomicznych oraz podobną konieczność ustalania funkcji wielowymiarowej wspólnie z decydentem w oparciu o ogólną informację o systemie i skutkach niepełnego zaspokojenia potrzeb użytkowników.

W dalszej części artykułu proponuje się wyrażenie preferencji użytkownika w formie nieużyteczności odnoszonej do deficytów wody i wykorzystanie do ich identyfikacji metody będącej modyfikacją modelu von Neumanna i Morgensterna. Natomiast funkcja preferencji zarządu systemu zostanie wyrażona w formie nieużyteczności wynikającej z niespełnienia celów i przybierze jedną ze sformułowanych przez Keeney'a [5] postaci funkcji wieloatrybutowych.

2. FUNKCJE CELU UŻYTKOWNIKÓW

Identyfikacja funkcji celu użytkownika jest o tyle niełatwą, że stosunek użytkownika do deficytu wody jest wypadkową przesłanek ekonomicznych i pozaekonomicznych. Jednego jesteśmy jednak pewni, mianowicie tego, że funkcje nieużyteczności użytkowników w przedziale $[0, P]$ /gdzie P oznacza potrzeby użytkowników/ są monotonicznie rosnące. Ich przebieg jest jednak zróżnicowany w zależności od skutków wywołanych deficytem wody.

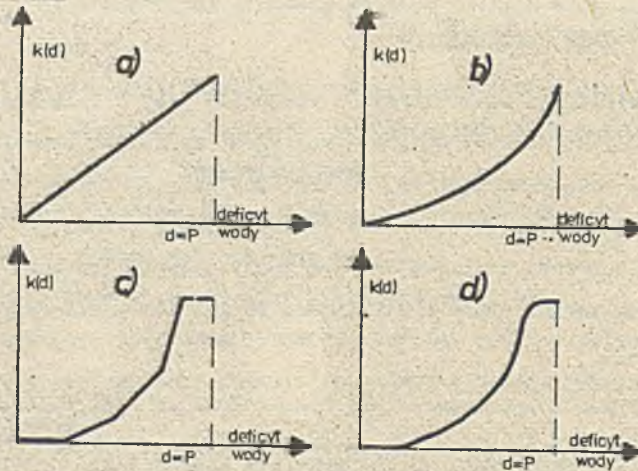
Weźmy pod uwagę najprostszą postać funkcji $k(d)$ mianowicie postać liniową. Oceniając za pomocą tej funkcji decyzje sekwencyjne - a z takimi mamy do czynienia w przypadku systemów retencjonujących wodę - sprowadzamy zadanie do minimalizacji sumy deficytów wody po czasie. Możemy więc stosować tę funkcję jedynie do oceny spełnienia potrzeb użytkowników obojętnych na rozkład deficytów wody w czasie. W rzeczywistości większość użytkowników "reaguje" na deficyt inaczej, tzn. przedkłada sytuację, w której ma do czynienia z deficytami małymi, ale występującymi dość często, nad sytuację, w której sporadycznie pojawiają się deficyty duże. Wymagania te spełnia każda nieliniowa, wypukła funkcja preferencji, np. funkcja paraboliczna:

$$k_1(d_1) = d_1^2 \quad (2)$$

/oznaczenia jak we wzorze (1) /.

wadą funkcji (2) jest to, że odzwierciedla ona preferencje użytkownika w sposób przybliżony, co wynika z arbitralnie przyjętej postaci funkcji - podniesienie do kwadratu wielkości deficytu wody jest tylko mechanicznym sposobem wyrażania stosunku użytkownika do rozkładu deficytów w czasie i nie oddaje reakcji użytkownika na deficyt wody.

Innym kryterium odzwierciedlającym rzeczywiste, choć czysto ekonomiczne preferencje użytkownika jest funkcja strat spowodowanych deficytami wody. Kryterium to jest jednak dość powszechnie krytykowane, ze względu na swój wyłącznie ekonomiczny charakter i poważne wątpliwości, jakie zwykle budzą zasady identyfikacji zależności pomiędzy deficytem wody i stratami.



Rysunek 1. Funkcje preferencji użytkowników

- a/ Liniowa funkcja preferencji
- b/ Nieliniowa funkcja preferencji
- c/ Funkcja strat ekonomicznych spowodowanych deficytem wody jako funkcja preferencji
- d/ Przetransponowana funkcja strat za pomocą funkcji (3).

Jak widać z powyższych rozważań, opisanych szerzej w pracy Koniecznego i Słoty [8], zarówno wybór funkcji celu użytkownika, jak i jej formalizacja stanowią problem tym większy, im mniej precyzyjnie zdefiniowane są następstwa deficytu wody. Chcąc więc, aby optymalizacja prowadzona w oparciu o te funkcje satysfakcjonowała użytkowników, należy ich włączyć do procesu identyfikacji tych funkcji.

Możliwość także stwarza zastosowanie teorii użyteczności von Neumanna i Morgensterna /Luce, Raiffa [10]/, teorii pozwalającej na identy-

fikację funkcji użyteczności poprzez prowadzenie z użytkownikiem rozmowy w oparciu o związek operacyjny:

$$c \sim [a; 0.5; b]$$

używany w celu wyznaczenia następstwa pewnego "c", które dla użytkownika jest indyferentne z loterią uzyskania następstw "b" i "a" z prawdopodobieństwem 0.5. Funkcje te wyrażone są w porównywalnej skali zwanej "skalą odcinkową" lub "skalą interwałową". Przyjęliśmy, że najniższa wartość tej skali równa 0 i odpowiada deficytom najbardziej preferowanym /równym 0/, a najwyższa jest równa 1,0 i odpowiada najmniej preferowanym deficytom /równym zapotrzebowaniu/.

W praktyce przedstawiony wcześniej związek może przyjąć postać pytania stawianego użytkownikowi:

Zarząd systemu zawiadamia cię, że w nadchodzącym przedziale czasu otrzymasz "a" m³/s wody z prawdopodobieństwem 50% lub "b" m³/s wody również z prawdopodobieństwem 50%, przy czym a > b i b < a < P /P- wielkość potrzeb użytkownika/. Jaka ilość wody "c", dostarczonej ze 100% pewnością, otrzymana w zamian tej niepewnej oferty, satysfakcjonowałaby cię w identycznym stopniu?

Rozmowa oparta o kilka sformułowanych podobnie pytań dla różnych wartości "a" i "b" pozwala na skwantyfikowanie całej funkcji użyteczności użytkownika. Oczywiście, nasuwają się wątpliwości, czy można tę rozmowę opisaną tzw. "scenariuszem" oprzeć tylko na tak /lub podobnie/ sformułowanych pytaniach. Wątpliwości te występują również w sytuacji, gdy mamy do czynienia z użytkownikiem reprezentowanym przez osobę lub grupę osób o odpowiednim poziomie wykształcenia i kompetencji /co jest założeniem podstawowym/. Sądząc z prac Kannemana i Tversky'ego [4], dotyczących znaczenia sformułowania problemu /reprezentacji problemu/ w sytuacjach decyzyjnych, jak i sugestii Tyszki [13] forma scenariusza może mieć kluczowe znaczenie w całym procesie decyzyjnym. Eksperymenty Tyszki dotyczące sposobu wykorzystania informacji w procesie decyzyjnym skłaniają do umieszczenia w scenariuszu tych informacji, które stymulują odpowiedzi użytkownika na postawione wcześniej pytania. Oczywiście, mimo iż ilość i charakter tych informacji zależy od konkretnych sytuacji i specyfiki potrzeb użytkownika, można jednak określić kilka naj-

częściej występujących w praktyce elementów. Wg Symonowicza [11] należą do nich: funkcja strat spowodowanych deficytami wody, możliwość zmniejszenia niewielkich deficytów przez wykorzystanie własnych źródeł wody /np. studnie/ oraz możliwość zmniejszenia strat produkcyjnych /przy deficytach krótkotrwałych/ przez manipulowanie technologią produkcji. Najczęściej jednak użytkownik opiera swoje preferencje o analizę krzywej strat lub, mówiąc ogólniej, o analizę skutków ekonomicznych spowodowanych niedoborem wody. W takich sytuacjach jest możliwa transpozycja krzywej strat do skali użyteczności w sposób "mechaniczny"; po przeliczeniu punktów charakterystycznych krzywej do nowej skali wyrównuje się przy pomocy funkcji:

$$y = 1/(1 + ae^{-Bx}) \quad (3)$$

Takie postępowanie, opisane przez Słotę i innych /1979/, daje w efekcie funkcję użyteczności identyczną jak uzyskana przez zastosowanie loterii von Neumanna i Morgensterna.

Interpretacja tej metody postępowania jest następująca: transponując funkcję strat użytkownika do skali użyteczności otrzymujemy funkcję wyabstrahowaną z wartości strat. Nowa funkcja przekazuje tylko informacje o proporcji różnic pomiędzy poszczególnymi stratami, ale nie przekazuje informacji o ich wartościach. Wartość straty maksymalnej zostanie wykorzystana jako element stymulujący wartość współczynnika wagowego w wieloatrybutowej funkcji zarządu systemu integrującej preferencje użytkowników. Metoda ta jest oczywiście przydatna tylko w sytuacji, gdy podstawą decyzji jest funkcja strat ekonomicznych.

Przedstawiona wcześniej metoda von Neumanna i Morgensterna nie jest jedyną możliwą do zastosowania. W praktyce stosować bowiem można metodę zwaną "ordered utility differences", opisaną przez Fishburna [2] lub jej modyfikację przedstawioną przez Keeney'a i Raiffa [6], zwaną "the midvalue splitting technique". Istnieją również operacyjne modyfikacje tych metod, inspirowane chęcią uzyskania funkcji użyteczności o określonej dokładności. Przykłady takich działań można znaleźć w pracach Krzysztofowicza i Ducksteina [9] oraz Browna i innych [1].

3. FUNKCJE CELU ZARZĄDU SYSTEMU

Funkcja celu zarządu systemu (1) winna wyrażać preferencje organu decydującego o rozdziale wody między użytkowników w oparciu o ich preferencje wyrażone ich funkcjami użyteczności. Istnieją różne strategie integracji funkcji użytkowników, z tym, że stosuje się zwykle strategie zaproponowane przez Keeney'a [5] jako najlepiej podbudowane teoretycznie. Keeney proponuje dwa sposoby integracji funkcji jednowymiarowych: pierwszy z nich oparty jest na postaci funkcji zwanej sumacyjną:

$$u(\bar{x}) = \sum_{i=1}^N w_i u_i(x_i) \quad (4)$$

gdzie $\sum_{i=1}^N w_i = 1$

-drugim postaci funkcji zwanej "mnożnikową":

$$1 + w u(\bar{x}) = \prod_{i=1}^N (1 + w w_i u_i(\bar{x}_i)) \quad (5)$$

gdzie $\sum_{i=1}^N w_i \neq 1$; $w > -1$

w_i - wagi odzwierciedlające hierarchię użytkowników,

w - stała skalująca - odzwierciedla stosunek decydenta do ryzyka.

Interpretacja tych dwóch postaci jest o tyle interesująca, że odzwierciedla różne sposoby oceny sytuacji przez zarząd systemu i to oceny zdeterminowanej zarówno przez zasady preferowania użytkowników systemu /ich hierarchizacji/, jak i stosunek decydenta do ryzyka wynikającego z losowego charakteru stanów przyrody. Pierwsza z funkcji (4) w tak sformułowanej postaci analitycznej uosabia strategię aprobującą przyrost użyteczności i-tego użytkownika o wartości u_i kosztem obniżenia użyteczności j-tego użytkownika o wartości $u_j = \frac{w_i}{w_j} u_i$. Mówiąc inaczej, strategia opiera się na założeniu, że spadek użyteczności użytkownika j-tego jest kompensowany przyrostem użyteczności i-tego użytkownika proporcjonalnie do wartości współczynników wagowych. Jednocześnie jest to strategia zakładająca, że zarząd systemu jest obojętny w stosunku do ryzyka.

Strategia wyrażona funkcją (5) stosowana jest w przypadku, gdy zarząd systemu ma określony stosunek do ryzyka. W przypadku pewnej "skłonności do ryzyka" zarządu wartość stałej skalującej "w" mieści się w zakresie $-1 < w < 0$, w przypadku niechęci do ryzyka w zakresie $w > 0$.

Stosując funkcje w postaci (4) i (5) należy mieć na uwadze, że zostały one opracowane przy założeniu maksymalizacji cząstkowych funkcji użyteczności. W naszym przypadku, gdy kryterium podejmowania decyzji jest minimalizacja nieużyteczności, postaci funkcji wieloatributowych (4) i (5) powinny ulec pewnej modyfikacji.

Zarząd systemu podjąć musi w praktyce dwie decyzje: pierwsza - to wybór typu funkcji, a druga - określenie wartości współczynników w_1 i w_2 .

Decyzja pierwsza jest stymulowana przyjęciem określonej strategii działania (4) i (5) przez decydenta - przydatny w tym celu test opisuje w swojej pracy Keeney [5]. Decyzja druga zależy od zaakceptowanej struktury wypracowywania decyzji w systemie. W praktyce możemy mieć bowiem do czynienia z decydem, który:

- 1/ potrafi określić wartości współczynników wagowych
- 2/ potrafi określić tylko kolejność ważności użytkowników /nie zna natomiast ich wartości współczynników/
- 3/ nie potrafi nic powiedzieć o ważności użytkowników systemu /nie zna wartości współczynników ani ich uszeregowania/.

W przypadku pierwszym - najprostszym - metodyka ustalania wartości współczynników w_1 i w_2 nie nastęca większych kłopotów. Jest ona opisana w wielu pracach zastosowawczych, np. u Grossa i Ostroja [3]. Jednakże ze względu na duży stopień złożoności zjawisk hydrologicznych, a w konsekwencji modeli tych zjawisk i modeli sterowania, ze względu na dużą niejednoznaczność skutków niedostarczenia wody /poza stratami bezpośrednimi u użytkowników mogą wystąpić również straty pośrednie, np. u kooperantów/ przyjmujemy, że będziemy w rzeczywistości mieć do czynienia z sytuacją opisaną w dwóch ostatnich punktach. Konieczne jest więc wypracowanie takich technik podejmowania decyzji, które umożliwiają "uczenie się" decydenta w trakcie procesu decyzyjnego na podstawie obserwacji związków pomiędzy wartościami a wynikami sterowania. Techniki takie są wykorzystywane w metodach konwersacyjnych /człowiek-maszyna/, metodach, które uwzględniają niepewność decydenta w stosunku do preferencji użytkownika.

Uogólniona koncepcja tych metod jest następująca:

- decydent określa przybliżone wartości współczynników /wartości inicjujące/. Mogą być one ustalone np. na podstawie maksymalnych wartości strat lub w przypadku znajomości uszeregowania użytkowników na podsta-

wie zaproponowanego przez Fishburna wzoru:

$$w_i = \frac{2(N - n_i + 1)}{N(N + 1)} \quad \text{dla } i = 1, \dots, N \quad (6)$$

gdzie: N - całkowita liczba użytkowników

n_i - numer miejsca użytkownika w szeregu uporządkowanym według malejącej ważności;

- rozrząd wody w systemie podlega optymalizacji dając w efekcie informacje o sposobach zaspokojenia potrzeb użytkowników, skutkach tej decyzji itd,
- na podstawie wyników sterowania decydent kończy procedurę lub zmienia wagi i powtarza procedurę od początku, aż do osiągnięcia zadowalających rezultatów. Sytuacją najkorzystniejszą byłoby określenie algorytmu zmiany współczynników wagowych /Tyszewski, Zieliński [12]/w każdym kroku iteracyjnym.

Decydent w trakcie ustalania wartości współczynników wagowych powinien brać pod uwagę również czynniki nie wpływające bezpośrednio na pracę użytkowników, ale mające wpływ na pracę systemu lub jego otoczenie.

Symonowicz [11] proponuje uwzględnienie takich właśnie aspektów o charakterze społeczno-ekonomicznym, akcentując szczególnie następujące:

- odprowadzenie nadmiernych zanieczyszczeń przez użytkowników, co ma szczególnie istotne znaczenie w sytuacjach niedoboru wody,
- znaczenie produktu użytkownika dla gospodarki, a więc określenie czy są to produkty finalne pierwszo- czy drugoplanowego znaczenia, a w przypadku surowców, czy występują one we względnej obfitości, czy też w niedoborze,
- możliwości substytucyjne, tzn. czy określona produkcja może być zrekomensowana przez inne zakłady albo uzyskana w inny sposób.

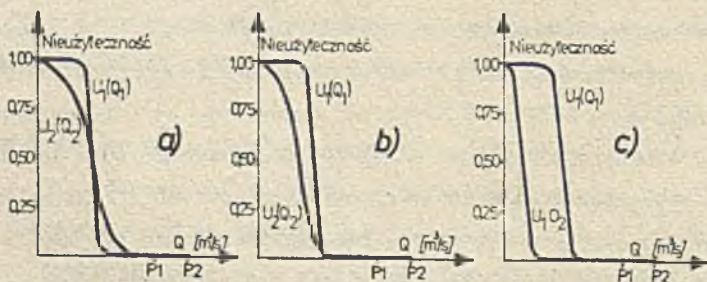
Przyjęcie tzw. "stymulatorów" decyzji powinno być poprzedzone analizą wpływu każdej informacji na decyzję i wyborem informacji istotnych. Konieczność indywidualizowania każdej sytuacji nie pozwala na przedstawienie konkretnych sposobów identyfikowania funkcji celu zarządu systemem. W praktyce korzystać można z całego szeregu istniejących technik opisanych wielokrotnie w literaturze dotyczącej analiz wielokryterialnych, np. w książce Konarzewskiej - Gubały [7].

4. PRZYKŁAD ILUSTRUJĄCY PROBLEMY

Rozważmy proste zadanie optymalizacji rozdziału pewnej, będącej w dyspozycji zarządu systemu, ilości wody Q między dwóch użytkowników, których całkowite potrzeby wynoszą $P_1 = 4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz $P_2 = 6,2 \text{ m}^3/\text{s}$. w sytuacjach gdy $Q \geq (P_1 + P_2)$ rozwiązanie jest jednoznaczne, mianowicie $Q_1 = P_1$, $Q_2 = P_2$, $Q_2 -$ ilości wody dostarczonej użytkownikowi 1 oraz 2/. Sprawa się komplikuje, gdy $Q < (P_1 + P_2)$, czyli w sytuacjach deficytu wody.

Założmy, że zarząd systemu zgodził się na dokonywanie rozdziału wody zgodnie z zasadami proponowanymi w niniejszej pracy. Pragnie jednak wcześniej poznać konsekwencje takiego postępowania, dla różnych wielkości zasobów dyspozycyjnych. Postaramy się zaspokoić jego żądania, ograniczając się do jednoetapowego procesu decyzyjnego, co jest równoznaczne z założeniem braku możliwości retencjonowania zasobów dyspozycyjnych.

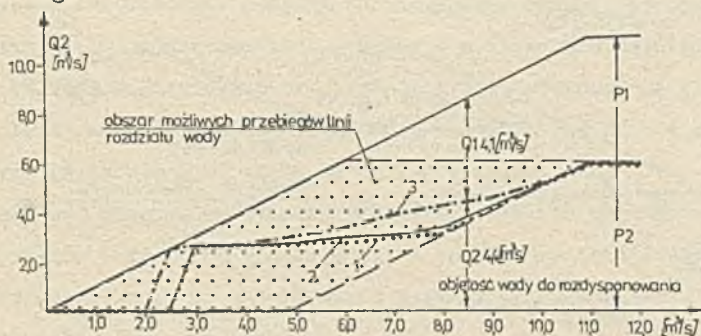
Założmy, że użytkownicy zdefiniowali swoje funkcje celu i wyrazili je za pomocą funkcji nieużyteczności $U_1(Q_1)$ oraz $U_2(Q_2)$ przedstawionych na rysunku 2a. Celem odpowiedzi na pytanie: jak przebiegałby rozdział wody, gdyby zarząd systemu akceptował funkcję nieużyteczności o postaci (4) i nie preferował żadnego użytkownika, czyli przyjmował $w_1 = w_2 = 0,5$, dokonano optymalizacji rozdziału wody dla różnych wielkości Q z przedziału $[0, P_1 + P_2]$. Wyniki tej optymalizacji obrazuje na rys. 3 linia 1.



Rysunek 2. Funkcje nieużyteczności.

Zarząd systemu powinien również interesować przebiegi linii rozdziału wody dla innych funkcji nieużyteczności użytkowników celem zorientowania się co do wpływu tych funkcji na rozdział wody. Zagadnienie to ilustruje rys.3, na którym wykreślono linie rozdziału wody dla funkcji

nieużyteczności przedstawionych na rys.2b i 2c. Wydaje się, że nie ma potrzeby komentowania w tym momencie rys.3, jest to bowiem zadanie dla zarządu systemu, dla którego rysunek ten winien być punktem wyjścia do ustalenia wag.



Rysunek 3. Linie rozdziału wody między użytkowników dla

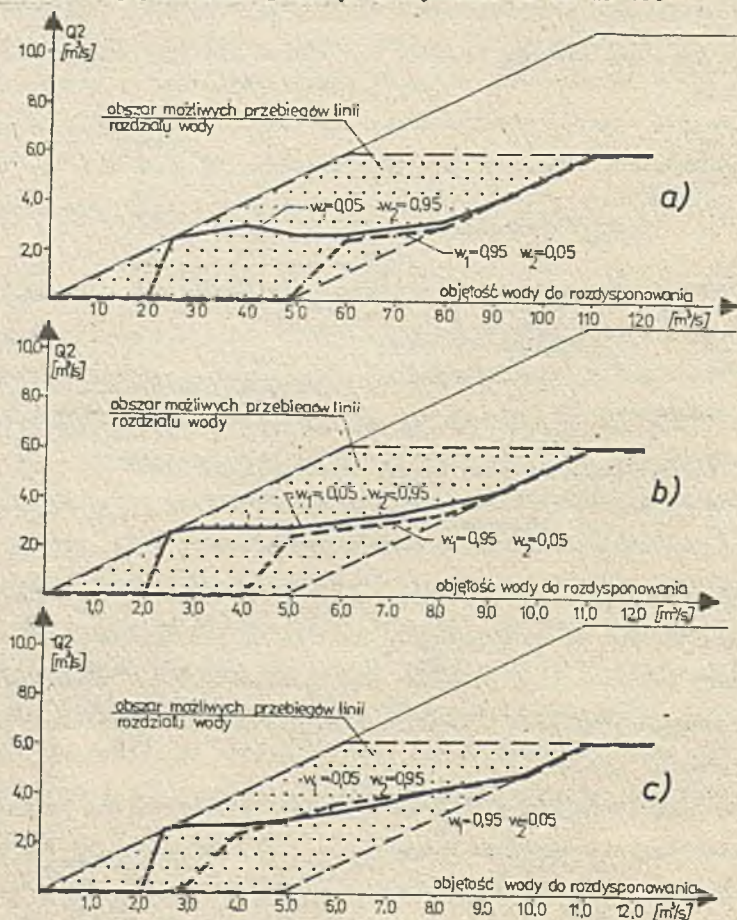
- 1 - funkcji nieużyteczności z rys. 1a
- 2 - funkcji nieużyteczności z rys. 1b
- 3 - funkcji nieużyteczności z rys. 1c

Proces ustalania współczynników wagowych występujących w funkcji celu zarządu systemu warto poprzedzić analizą wpływu wartości tych wag na ostateczny rozdział wody pomiędzy użytkowników. Wyniki takiej analizy dla omawianego przykładu i funkcji nieużyteczności przedstawionych na rys.2a obrazuje rys.4a.

W tym konkretnym przypadku okazało się, że wartości wag przypisywanych użytkownikom nie mają tak dużego - jak należało się spodziewać - wpływu na rozdział wody między użytkowników. Jak widać na rysunku, zmiana wagi dla użytkownika 1 od wartości bliskiej zera do wartości bliskiej jedności zmienia rozdział wody w sposób zasadniczy jedynie w sytuacjach, gdy zasoby dyspozycyjne są w granicach od 2 do 5 m³/s. Przyczyn takiego stanu rzeczy należy się doszukiwać w kształtach funkcji nieużyteczności użytkowników. W naszym przykładzie użytkownik 2 jest bardzo "czuły" na zmniejszenie poboru wody z wielkości około 2,5 m³/s do wielkości około 2,0 m³/s, w którym to przedziale potrzeb gwałtownie wzrasta nieużyteczność dostarczonej mu wody. Ten wzrost nieużyteczności jest tak duży, że trudno go zrekompensować nawet poprzez wagę nieużyteczności użytkownika 1.

Analizowany obszar zmiennego /w zależności od wag/ rozdziału wody

jest uzależniony od kształtów funkcji nieużyteczności użytkowników, o czym można się przekonać patrząc na rysunki od 4a do 4c.



Rysunek 4. Zakres zmienności linii rozdziału wody w zależności od wartości współczynników wagowych dla:

- a/ funkcji nieużyteczności z rys. 1a
- b/ funkcji nieużyteczności z rys. 1b
- c/ funkcji nieużyteczności z rys. 1c

Dla zarządu systemu informacje powyższe mogą być pomocne przy ustalaniu wag, pozwalają bowiem na skoncentrowanie uwagi na ograniczonym zakresie wag i analizie ich skutków tylko w wąskim przedziale zasobów.

Przedstawione powyżej analizy i wnioski nie są oczywiście kompletne - ich celem było jedynie zwrócenie uwagi na możliwość i konieczność wyjaśnienia organom decyzyjnym mechanizmów i skutków proponowanego sposobu optymalizacji rozdziału wody w sytuacjach deficytowych.

5. PODSUMOWANIE

Artykuł nie wyczerpuje poruszonego problemu zastosowania teorii użyteczności do rozrządu wody w systemie - jest raczej sygnalizacją pewnej praktycznej możliwości. Zdajemy sobie sprawę, że jej realizacja wymagać będzie wielu prac związanych głównie z możliwością ustalenia wiarygodnych funkcji nieużyteczności. W pracach tych powinno się głównie położyć nacisk na sposoby prowadzenia rozmów z użytkownikami i zarządem systemu oraz na informacje, które stymulują decyzje.

Należy się również spodziewać kłopotów w trakcie praktycznego wdrażania metody - kłopotów wynikających z oporów psychologicznych decydentów przyzwyczajonych do podejmowania decyzji tylko w oparciu o przesłanki racjonalne ekonomicznie.

LITERATURA

- [1] Brown R.M., McClelland N.I., Deininger R.A., Tozer R.: 'AWater Quality Index - Do We Dare?', water and Sewage Works, Nr 9, pp. 339-343, 1970.
- [2] Fishburn P.C.: Analysis of Decision with Incomplete Knowledge of Probabilities, Operation Research, nr 2, 1968.
- [3] Gross J.G., Ostrom T.R.: Application of Decision Analysis to Pollution Control: The Rhine River Study', ref. "International Seminar an Applications of Systems Analysis in the Management of Water Resources", Jablonna, Poland, 1975.
- [4] Kahneman D., Tversky A.: Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk, Econometrica, nr 47, pp. 263-291, 1979.
- [5] Keeney R.L.: Multiplicative Utility Function', Operation Research nr 22/1/, pp. 22-24, 1974.
- [6] Keeney R.L., Raiffa H.: Decision with Multiple Objectives Preferences and Value Trade-offs, John Wiley and Sons, New York, 1978.
- [7] Konarzewska-Gubała E.: Programowanie przy wielorakości celów', PWN, warszawa, 1980.
- [8] Konieczny R., Słota H.: Funkcje użyteczności jako kryterium optymalnego gospodarowania zasobami wodnymi w warunkach deficytu

- wody . Gospodarka Wodna, nr 12, ss.349-352, 1979.
- [9.] Krzysztofowicz R., Duckstein L.: Preference Criterion of Reservoir Operation Under Uncertainty . Water Resources Research, vol. 15, nr 3, ss.513-520, 1979.
- [10.] Luce R.D., Raiffa H.: Gry i decyzje . PWN, Warszawa , 1964.
- [11.] Symonowicz A.: Kryteria gospodarowania zasobami wodnymi w warunkach deficytu wody . Gospodarka Wodna, nr 1, ss.1-5, 1979.
- [12.] Tyszewski T., Zieliński P.: Wykorzystanie metod optymalizacji wielokryterialnej do bieżącego sterowania obiektami systemów wodno-gospodarczych . Gospodarka Wodna, nr 3 , ss.72-77, 1978.
- [13.] Tyszka T.: Analiza decyzyjna i psychologia decyzji, część II; psychologia decyzji . Prakseologia, nr 2, ss.23-40, 1980.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ПРЕИМУЩЕСТВА В УПРАВЛЕНИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДУ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА

В текущей эксплуатации систем распределения воды часто встречаемся с дефицитными положениями, в которых сумма ресурсов, которые имеем в распоряжении не хватает к удовлетворению всех потребностей водопользователей. Предложения представлены в настоящей работе сводятся к учету в функции цели модели оптимизации распределения воды, так преимущества водопользователей, как и преимущества заведующего системой. В статье предложено изображение преимущества водопользователя в форме функции бесполезности однесенной к дефицитам воды, а преимущества заведующего системой в форме коэффициентов одной из функций предлагаемой Кинеем [5].

UTILIZATION OF PREFERENCE FUNCTIONS IN WATER DISTRIBUTION CONTROL IN DEFICIT CONDITIONS

In the present exploitation of water distribution systems one frequently faces water deficits when the sum of the available resources does not fully satisfy the needs of all users. Solutions proposed in the present paper assume that the objective function takes into account a model of water distribution optimization both from the viewpoint of the preferences of the users and those of the system management. It is postulated to express the user's preferences in the form of disutility function related to water deficits. The preferences of a system management would then be expressed as coefficients of one of the functions proposed by Keeney [5] .