



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI
W NAUCE, TECHNICIE
I ZARZĄDZANIU**

Redakcja:

Jan Studziński
Ludostław Drelichowski
Olgierd Hryniewicz



**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI
W NAUCE, TECHNICE I ZARZĄDZANIU**

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE

Tom 41

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2005

**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI
W NAUCE, TECHNICE
I ZARZĄDZANIU**

Redakcja:

Jan Studziński

Ludosław Drelichowski

Olgierd Hryniewicz

Książka wydana dzięki dotacji KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH

Książka zawiera wybór artykułów poświęconych omówieniu aktualnego stanu badań w kraju, w zakresie rozwoju modeli, technik i systemów informatycznych oraz ich zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki. Kilka artykułów omawia aplikacyjne wyniki projektów badawczych i celowych Ministerstwa Nauki i Informatyzacji.

Recenzenci artykułów:

Dr inż. Lucyna Bogdan
Prof. dr hab. inż. Ludosław Drelichowski
Prof. dr hab. inż. Olgierd Hryniewicz
Dr inż. Edward Michalewski
Dr inż. Grażyna Petriczek
Prof. dr hab. inż. Andrzej Straszak
Dr inż. Jan Studziński

Komputerowa edycja tekstu: Anna Gostyńska

Copyright © Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2005

**Instytut Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa**

**Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw
e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl**

**ISBN 83-89475-03-0
ISSN 0208-8029**



ZADANIA OPTYMALIZACJI W SYSTEMIE WSPOMAGANIA DECYZYJ DLA ELEKTROCIĘPŁOWNI

Małgorzata PELCZAR*, Orest POPOV**

Politechnika Szczecińska, Wydział Informatyki
<*mpelczar@wi.ps.pl; **popov@wi.ps.pl>

W artykule przedstawiony został system informacyjny elektrociepłowni wraz z występującymi w nim problemami decyzyjnymi na tle systemu elektroenergetycznego. Opisana została struktura systemu wspomaganie decyzji dla elektrociepłowni na poziomie zarządzania taktycznego, ze szczególnym wyróżnieniem bazy modeli i modułu wyboru najlepszych modeli. Zostały również przedstawione wyniki optymalizacji parametrów węgla używanego do produkcji przy maksymalizacji dochodu.

Słowa kluczowe: system wspomaganie decyzji, modele matematyczne, optymalizacja.

1. Wprowadzenie

Zadaniem systemu elektroenergetycznego (w skrócie SEE) jest dostawa do odbiorców zarówno energii elektrycznej jak i energii cieplnej wytwarzanej w skojarzeniu. Wielkość produkcji energii w każdej chwili jest równa jej zużyciu, czyli zapotrzebowaniu. Z ekonomicznego punktu widzenia dostawa energii do odbiorców powinna być realizowana przy najmniejszych możliwych kosztach, wśród których wymienia się:

- koszt pierwotnych nośników energii, głównie paliw związany z ich pozyskaniem i transportem do elektrowni,
- koszty wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej,
- koszty przesyłu i rozdziału energii,
- koszty niezawodnej dostawy energii.

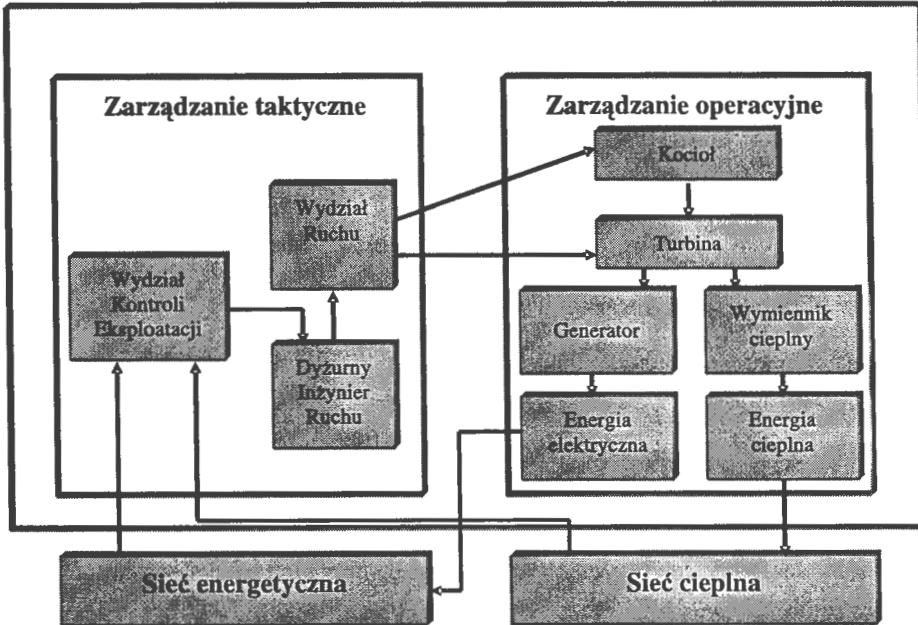
Na poziomie zarządzania strategicznego najczęściej formułowanym zadaniem optymalizacyjnym przy planowaniu pracy i kierowaniu SEE, jest minimalizacja kosztów paliwa zużytego do produkcji energii w określonym przedziale czasu. Ponieważ dla rzeczywistych systemów elektroenergetycznych zadanie to jest praktycznie nierozwiązalne, powszechnie stosuje się dekompozycję tego zadania na prostsze zadania cząstkowe. Rozwiązywane więc są następujące przykładowe zadania suboptymalizacyjne:

- optymalizacja zestawu jednostek wytwórczych,
- ekonomiczny rozdział obciążeń między współpracujące elektrownie cieplne,

- wyznaczanie optymalnych rozpyłów mocy (Poradnik inżyniera, 1977)

2. System informacyjny elektrociepłowni

Elektrociepłownia jest elementem systemu elektroenergetycznego i posiada własny system informacyjny, którego przykładowy schemat przedstawia rys. 2.1.



Rysunek 2.1. Schemat systemu informacyjnego elektrociepłowni. Źródło: opracowanie własne.

Elektrociepłownia ma narzuconą produkcję energii cieplnej i w zależności od niej produkcję energii elektrycznej. Na poziomie zarządzania taktycznego jest Wydział Kontroli Eksploatacji, który przekazuje informacje o wielkości produkcji do Dyżurnego Inżyniera Ruchu, a stąd jest przekazywana do Wydziału Ruchu, który koordynuje prace na poziomie zarządzania operacyjnego. Na poziomie zarządzania taktycznego realizuje się również funkcje dotyczące zaopatrzenia w węgiel niezbędny do produkcji, planuje zapotrzebowanie na energię ciepłą itp. Na tym poziomie również głównym problemem decyzyjnym jest obniżenie kosztów produkcji energii. Po merytorycznej analizie procesu produkcji energii, można wysunąć wnioski, że oprócz doboru urządzeń wytwórczych duży wpływ na koszty mają parametry węgla używanego do produkcji energii.

Przy projektowaniu systemu informacyjnego dla elektrociepłowni należy uwzględnić specyfikę jej produkcji, a także jej powiązania z całym systemem elektroenergetycznym. System ten musi spełniać następujące zadania:

- prognozowanie zapotrzebowania na energię ciepłą i elektryczną w okresach dobowych, dekadowych, miesięcznych i rocznych;
- analiza umów (kontraktowanie) sprzedaży energii ciepłej i elektrycznej;
- analiza umów (kontraktowanie) zakupu energii elektrycznej w okresach remontów urządzeń;
- prognozowanie zużycia paliw w okresach miesięcznych i rocznych;
- analiza umów (kontraktowanie) zakupu paliw niezbędnych do produkcji energii.

Na rynku istnieje wiele systemów informatycznych dla elektrociepłowni, przykładem takiego systemu może być oprogramowanie Energy Optima szwedzkiego producenta Energy Opticon specjalizującego się w systemach informatycznych dla rynku energetycznego. Jest to system z klasy systemów wspomagających kierownictwo (Executive Support Systems-ESS), przy czym zawiera pewne elementy systemu wspomagania decyzji, głównie w zakresie optymalizacji wykorzystania jednostek wytwórczych. Dostarcza on prognozy do aktualnych informacji i bezpośrednich obliczeń dla sprawozdań, jest łatwy w użyciu oraz wsparty grafiką. W systemie tym wykorzystywane są informacje wewnętrzne i zewnętrzne. Z tego względu jest to system bardzo drogi i koszty jego wdrożenia są dla niewielkich elektrociepłowni zbyt duże, w porównaniu do oczekiwanych zysków z jego wprowadzenia. Firma Energy Opticon podaje, że przy zastosowaniu tego systemu redukcja kosztów wytwarzania energii ciepłej i elektrycznej wynosi od 2% do 7%.

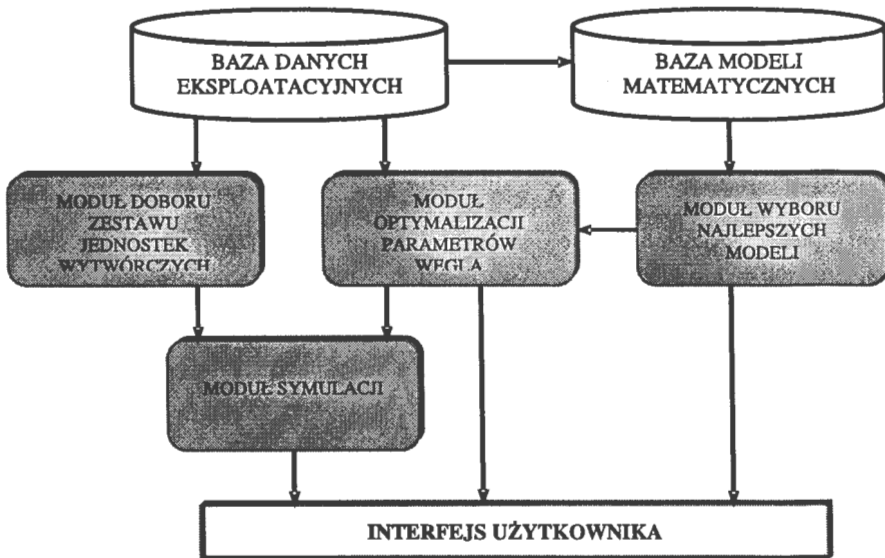
3. System wspomagania decyzji dla elektrociepłowni

System wspomagania decyzji dla elektrociepłowni powinien wspomagać rozwiązywanie problemów decyzyjnych, wynikających ze szczególnych aspektów pracy elektrociepłowni w systemie elektroenergetycznym. Podstawowym problemem decyzyjnym w pracy elektrociepłowni jest obniżenie kosztów produkcji energii. Realizowane to może być poprzez odpowiedni dobór jednostek wytwórczych, ale również przez dobór parametrów węgla używanego do produkcji energii. W związku z tym system wspomagania decyzji dla elektrociepłowni powinien zawierać następujące elementy:

- interfejs użytkownika, który będzie umożliwiał dialog decydenta z programem;
- bazę danych eksploatacyjnych elektrociepłowni, która będzie stanowiła podstawę do identyfikacji modeli matematycznych;
- bazę modeli, gdzie będzie dokonywana identyfikacja modeli matematycznych wraz z ich weryfikacją;
- moduł reguł wyboru najlepszych modeli, w którym przy interaktywnym udziale decydenta będą wybierane najlepsze modele według następujących kryteriów: użyteczności, wiarygodności, skuteczności;

- moduł optymalizacji parametrów węgla używanego do produkcji energii, w którym będzie przeprowadzana optymalizacja, w zależności od przyjętego modelu matematycznego pracy elektrociepłowni;
- moduł doboru jednostek wytwórczych do produkcji energii, w którym będzie przeprowadzana optymalizacja zestawu jednostek wytwórczych, w której za kryterium przyjmuje się minimalizację kosztów produkcji;
- moduł symulacji, w którym w zależności od parametrów węgla używanego do produkcji oraz doboru jednostek wytwórczych będzie obliczana wartość produkcji, koszty tej produkcji, przychód oraz zysk.

Poniższy rysunek 3.1. przedstawia strukturę takiego systemu:



Rysunek 3.1. Schemat systemu wspomaganego decyzyjnego dla elektrociepłowni. Źródło: opracowanie własne.

Tak określony system wspomaganego decyzyjnego może funkcjonować na poziomie zarządzania taktycznego, wspomagając menadżerów tego szczebla w podejmowaniu decyzji dotyczących doboru jednostek wytwórczych oraz wyboru węgla używanego do produkcji energii. Struktura modułowa tego systemu umożliwi modyfikację każdego modułu bez ingerowania w ogólną architekturę tego systemu.

4. Modele matematyczne w systemie wspomaganego decyzyjnego elektrociepłowni

W poprzednim rozdziale została przedstawiona struktura systemu wspomaganego decyzyjnego dla elektrociepłowni. Umieszczona w niej baza modeli matematycznych, musi zawierać zidentyfikowane modele matematyczne.

Na podstawie danych eksploatacyjnych elektrociepłowni za cały okres grzewczy, czyli od września 1997 roku do kwietnia 1998 roku, opracowane zostały modele matematyczne pozwalające uzależnić wielkość produkcji energii, zarówno cieplnej jak i elektrycznej, od parametrów węgla używanego do produkcji.

Zmienne wyjściowe wynikają z asortymentu produkcji elektrociepłowni są następujące:

- y_1 - ciepło zawarte w wodzie sieciowej i uzupełniającej (GJ),
- y_2 - ciepło zawarte w parze technologicznej (GJ),
- y_3 - energia elektryczna (GJ).

Początkowo były brane pod uwagę następujące zmienne wejściowe:

- x_1 – ilość węgla zużytego do produkcji (t),
- x_2 - wartość opałowia węgla (GJ/t),
- x_3 - zawartość popiołu w węglu na wejściu (%),
- x_4 - czas pracy kotłów (h),
- x_5 - zawartość części palnych w żużlu na wyjściu (%),
- x_6 - zawartość części palnych w popiele na wyjściu (%).

Wstępna analiza korelacji wskazała na silną zależność produkcji od ilości węgla i czasu pracy kotłów i bardzo słabą zależność produkcji od zmiennych x_5 - zawartość części palnych w żużlu na wyjściu i x_6 - zawartość części palnych w popiele na wyjściu. W związku z tym, te dwie zmienne x_5 i x_6 zostaną pominięte w identyfikowanych modelach. Widać również silną ujemną korelację pomiędzy zmiennymi x_2 - wartością opałowia węgla i x_3 - zawartością popiołu w węglu, ale ze względu na to, że modele matematyczne mają służyć do optymalizacji parametrów węgla używanego do produkcji energii nie można pominąć żadnej z tych zmiennych.

Następnie zostały obliczone współczynniki 25 modeli matematycznych mających przedstawiać zależność produkcji energii cieplnej i elektrycznej od parametrów węgla używanego do produkcji tej energii. Są to modele zarówno różnej postaci jak i zawierające różne zmienne wejściowe i wyjściowe, otrzymane różnymi metodami identyfikacji, dla różnych kryteriów identyfikacji oraz zawierające wyraz wolny lub nie zawierające wyrazu wolnego. Następnym etapem był wybór modelu, który posłużył do optymalizacji parametrów węgla używanego do produkcji.

Wybór najlepszego modelu został przeprowadzony według takich kategorii jak użyteczność, wiarygodność i skuteczność, które zostały opisane w artykule (Pelczar, 2004). Do dalszej analizy, czyli optymalizacji parametrów węgla używanego do produkcji energii wybrane zostały cztery modele liniowe zidentyfikowane metodą najmniejszych kwadratów z różnymi zestawami zmiennych wejściowych i wyjściowych. Mają one postać $Y=A \cdot X$, gdzie wektor zmiennych wyjściowych Y jest 3-wymiarowy w modelach 1 i 2 traktujących oddzielnie każdy rodzaj produkowanej energii lub 1-wymiarowy dla modeli 3 i 4 gdzie produkowaną

energię traktuje się łącznie, natomiast wektor X ma postać $X = [x_1, x_2, x_3]T$ dla modeli 1 i 3 lub $X = [x_1, x_2, x_3]T$ dla modeli 2 i 4. Macierz A w tym równaniu jest macierzą współczynników modelu o odpowiedniej wymiarowości. W modelach przyjętych do optymalizacji celowo pominięty został wpływ zakłóceń na proces produkcji energii.

5. Optymalizacja parametrów węgla używanego do produkcji energii

Specyfika pracy elektrociepłowni polega na tym, że wielkość produkcji energii cieplnej ustalana jest w zależności od potrzeb, natomiast wielkość produkowanej energii elektrycznej nie jest narzucana z zewnątrz, natomiast jest skojarzona z produkcją energii cieplnej.

Koszty produkcji energii dzielą się na dwie zasadnicze grupy: koszty stałe K_S niezależne od wielkości produkcji oraz koszty zmienne K_Z , które są zależne od wielkości produkcji:

$$K = K_S + K_Z.$$

Ponieważ wielkość kosztów stałych elektrociepłowni nie jest znana i nie zależy ona od zmiennych wejściowych modeli matematycznych, więc funkcją celu F będzie przychód D ze sprzedaży energii cieplnej i elektrycznej pomniejszony o koszty zmienne:

$$F = D - K_Z.$$

Wobec tego funkcja ta będzie osiągać maksimum wtedy, gdy koszty zmienne przedsiębiorstwa będą najmniejsze.

Elektrociepłownia produkuje energię cieplną zawartą w wodzie sieciowej i uzupełniającej – y_1 , energię cieplną zawartą w parze technologicznej – y_2 , oraz energię elektryczną – y_3 i sprzedaje je po cenach odpowiednio c_1, c_2, c_3 . Wobec tego przychód elektrociepłowni będzie się wyrażał wzorem:

$$D = y_1c_1 + y_2c_2 + y_3c_3,$$

przy czym zmienne y_1, y_2, y_3 są zależne od zmiennych wejściowych w sposób opisany modelem matematycznym, czyli można to zapisać przy przyjętych liniowych modelach jako funkcję:

$$D(x_1, x_2, x_3, x_4) = d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 + d_4x_4,$$

Parametry d_1, d_2, d_3, d_4 wynikają z cen c_1, c_2, c_3 oraz z parametrów a_{ij} macierzy A modeli matematycznych przyjętych do optymalizacji.

Na koszty zmienne K_Z składają się trzy grupy kosztów: koszty zakupu węgla K_{Z1} , koszty jego transportu K_{Z2} oraz tzw. koszty korzystania ze środowiska, tj. opłaty, jakie płaci przedsiębiorstwo za emisję pyłu i gazów: dwutlenku siarki, dwutlenku azotu, tlenku węgla, dwutlenku węgla a także za wywóz i składowanie odpadów poprodukcyjnych - K_{Z3} , czyli:

$$K_Z = K_{Z1} + K_{Z2} + K_{Z3}.$$

Wymienione koszty zmienne zależą od ilości spalonego węgla - x_1 , jego wartości opałowej - x_2 i zawartości popiołu w węglu na wyjściu - x_3 oraz od czasu pracy kotłów - x_4 .

I tak koszty zakupu węgla wynikają z liniowego cennika węgla w zależności od jego wartości opałowej i zawartości popiołu i dane są wzorem:

$$K_{Z1} = x_1(z_1 + z_2x_2 + z_3x_3),$$

gdzie z_1, z_2, z_3 są parametrami ustalonymi dla danego cennika.

Koszt transportu jednej tony węgla jest w danym okresie stały równy c , zatem koszt K_{Z2} wyraża się wzorem:

$$K_{Z2} = cx_1.$$

Koszty korzystania ze środowiska oblicza się ze wzorów według Rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie obowiązków sprawozdawczych w zakresie gospodarki paliwowo-energetycznej i tak:

$$K_{Z3} = x_1 \left(k_1x_2 + k_2x_3 + \frac{k_3x_3}{k_4 - x_3} + k_5 \right).$$

Funkcja kosztów zmiennych K_Z wyraża się więc wzorem:

$$K_Z(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \left(m_1x_2 + m_2x_3 + \frac{k_3x_3}{k_4 - x_3} + m_3 \right),$$

gdzie: $m_1 = k_1 + z_2$, $m_2 = k_2 + z_3$, $m_3 = c + z_1 + k_5$.

Można zatem uzależnić funkcję celu F tylko od wielkości wejściowych x_1, x_2, x_3, x_4 i ma ona następującą postać:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 + d_4x_4 - x_1 \left(m_1x_2 + m_2x_3 + \frac{k_3x_3}{k_4 - x_3} + m_3 \right).$$

Ograniczenia w tym zadaniu optymalizacji wynikają z ograniczeń związanych z wielkością produkcji energii w wodzie sieciowej i uzupełniającej oraz w parze technologicznej i mają postać wynikającą również z przyjętego modelu matematycznego, czyli:

$$b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 = Y$$

gdzie Y jest ustaloną wielkością produkcji energii w wodzie sieciowej i uzupełniającej oraz w parze technologicznej, natomiast parametry b_i są współczynnikami wynikającymi z modelu matematycznego przyjętego do optymalizacji.

Zmienne x_2 i x_3 ze względu na właściwości węgla są również ograniczone równaniem:

$$n_2x_2 + n_3x_3 = n.$$

Ponadto ograniczona jest ilość węgla spalana w ciągu jednej godziny, co wyraża się wzorem:

$$n_1x_1 + n_4x_4 \leq 0.$$

Jednocześnie wszystkie zmienne wejściowe są ograniczone z góry i z dołu:

$$\begin{aligned} X_1^D &\leq x_1 \leq X_1^G \\ X_2^D &\leq x_2 \leq X_2^G \\ X_3^D &\leq x_3 \leq X_3^G \\ X_4^D &\leq x_4 \leq X_4^G. \end{aligned}$$

Są to wszystkie ograniczenia na zmienne wejściowe.

Tak określone zadanie optymalizacji jest zadaniem optymalizacji nieliniowej – ze względu na funkcję celu – przy liniowych ograniczeniach, można je rozwiązać różnymi metodami. Do rozwiązania tego zadania może również zostać wykorzystany moduł Optimization Toolbox z pakietu Matlab. Przedstawione poniżej wyniki optymalizacji zostały obliczone właśnie w tym module z wykorzystaniem funkcji „fmincon”, która jest funkcją poszukiwania minimum funkcji nieliniowej:

$$\min_{x \in X_D} f(x),$$

gdzie X_D stanowi zbiór rozwiązań dopuszczalnych spełniający ograniczenia w postaci równości i nierówności. Funkcja „fmincon” wykorzystuje metodę sekwencyjnego programowania kwadratowego, czyli w każdym kroku metody

w celu znalezienia kierunku poprawy rozwiązywane jest zadanie programowania kwadratowego. Zadanie to jest zbudowane tak, aby znaleziony kierunek był możliwie bliski kierunkowi wykorzystywanemu w metodzie Newtona programowania nieliniowego bez ograniczeń i jednocześnie zapewniał utrzymanie się wewnątrz lub powrót do obszaru dopuszczalnego. Hesjan występujący w funkcji celu zadania programowania kwadratowego jest uaktualniany według zasad stosowanych w metodach zmiennej metryki. Po znalezieniu kierunku poprawy dokonywana jest minimalizacja kierunku.

Poniżej przedstawione zostały zadania optymalizacji wraz z rozwiązaniami dla poszczególnych modeli matematycznych.

Dla modelu 1. Funkcja celu ma postać:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \cdot \left(204,632 - 5,484 \cdot x_2 + 1,194x_3 - \frac{0,204 \cdot x_3}{100 - x_3} \right) + \\ + 1310,43 \cdot x_2 - 1515,394 \cdot x_3 + 53,515 \cdot x_4,$$

przy ograniczeniach:

$$\begin{aligned} 18,44 \cdot x_1 + 86,44 \cdot x_2 - 99,96 \cdot x_3 + 3,53 \cdot x_4 &= 10737; \\ 3,3 \cdot x_2 + x_3 &= 94,6; \\ x_1 - 18 \cdot x_4 &\leq 0; \\ 100 \leq x_1 &\leq 1024; \\ 22 \leq x_2 &\leq 26; \\ 12 \leq x_3 &\leq 22; \\ 24 \leq x_4 &\leq 120. \end{aligned}$$

Za przybliżenie początkowe został przyjęty wektor $X_0 = [1000 \ 24 \ 16 \ 100]^T$.

W wyniku optymalizacji otrzymano wektor $X_{\max} = [575,42 \ 22 \ 22 \ 120]^T$, dla którego funkcja celu przyjmuje wartość maksymalną wynoszącą $F_{\max} = 65.321$ zł.

Dla modelu 2. Funkcja celu ma postać:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \cdot \left(207,816 - 5,484 \cdot x_2 + 1,194x_3 - \frac{0,204 \cdot x_3}{100 - x_3} \right) + \\ + 1380,773 \cdot x_2 - 1541,924 \cdot x_3,$$

przy ograniczeniach:

$$\begin{aligned} 18,65 \cdot x_1 + 91,08 \cdot x_2 - 101,71 \cdot x_3 &= 10737; \\ 3,3 \cdot x_2 + x_3 &= 94,6; \\ 100 \leq x_1 &\leq 1024; \\ 22 \leq x_2 &\leq 26; \\ 12 \leq x_3 &\leq 22; \end{aligned}$$

Za przybliżenie początkowe został przyjęty wektor $X_0=[1000 \ 24 \ 16]^T$.

W wyniku optymalizacji otrzymano wektor $X_{\max}=[588,25 \ 22 \ 22]^T$, dla którego funkcja celu przyjmuje wartość maksymalną wynoszącą $F_{\max}=63.150$ zł.

Dla modelu 3. Funkcja celu ma postać:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \cdot \left(208,316 - 5,484 \cdot x_2 + 1,194x_3 - \frac{0,204 \cdot x_3}{100 - x_3} \right) + \\ + 1372,345 \cdot x_2 - 1507,131 \cdot x_3 - 3,467 \cdot x_4,$$

przy ograniczeniach:

$$\begin{aligned} 15,48 \cdot x_1 + 70,2 \cdot x_2 - 85,42 \cdot x_3 + 6,04 \cdot x_4 &= 9103; \\ 3,3 \cdot x_2 + x_3 &= 94,6; \\ x_1 - 18 \cdot x_4 &\leq 0; \\ 100 \leq x_1 &\leq 1024; \\ 22 \leq x_2 &\leq 26; \\ 12 \leq x_3 &\leq 22; \\ 24 \leq x_4 &\leq 120. \end{aligned}$$

Za przybliżenie początkowe został przyjęty wektor $X_0=[1000 \ 24 \ 16 \ 100]^T$.

W wyniku optymalizacji otrzymano wektor $X_{\max}=[596,74 \ 22 \ 22 \ 33,15]^T$, dla którego funkcja celu przyjmuje wartość maksymalną wynoszącą $F_{\max}=64.876$ zł.

Dla modelu 4. Funkcja celu ma postać:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \cdot \left(208,097 - 5,484 \cdot x_2 + 1,194x_3 - \frac{0,204 \cdot x_3}{100 - x_3} \right) + \\ + 1367,962 \cdot x_2 - 1505,306 \cdot x_3,$$

przy ograniczeniach:

$$\begin{aligned} 15,84 \cdot x_1 + 78,13 \cdot x_2 - 88,42 \cdot x_3 &= 9103; \\ 3,3 \cdot x_2 + x_3 &= 94,6; \\ 100 \leq x_1 &\leq 1024; \\ 22 \leq x_2 &\leq 26; \\ 12 \leq x_3 &\leq 22; \end{aligned}$$

Za przybliżenie początkowe został przyjęty wektor $X_0=[1000 \ 24 \ 16]^T$.

W wyniku optymalizacji otrzymano wektor $X_{\max}=[588,98 \ 22 \ 22]^T$, dla którego funkcja celu przyjmuje wartość maksymalną wynoszącą $F_{\max}=63.921$ zł.

Podsumowując wyniki optymalizacji można stwierdzić, że ponieważ parametry otrzymanych modeli były zbliżone, więc funkcje celu różniły się nieznacznie i dlatego wyniki optymalizacji parametrów węgla używanego do

produkcji energii są takie same dla każdego modelu i wynoszą - wartość opałowa węgla $x_2 = 22$ GJ/t oraz zawartość popiołu w węglu $x_3 = 22\%$. Wynika z tego, że bez względu na przyjęty model najkorzystniej jest używać do produkcji węgiel, którego wartość opałowa wynosi 22GJ/t i zawartość popiołu 22%. Jest to zgodne z wiedzą ekspertów w tej dziedzinie nabytą w wyniku doświadczenia.

6. Wnioski

Oczywistym jest, że na podstawie zmieniających się danych w systemie wyniki identyfikacji, a zatem i optymalizacji mogą się różnić od przedstawionych w tym artykule, niemniej jednak zaproponowany system wspomaganie decyzji umożliwia rozwiązanie zadań identyfikacji modeli matematycznych, wybór najlepszych modeli, a także optymalizację parametrów węgla używanego do produkcji energii, tak, aby koszt produkcji energii był jak najmniejszy, a tym samym umożliwia efektywniejsze zarządzanie elektrociepłownią na poziomie taktycznym.

Literatura

- Brandt S. (1998) *Analiza danych*. PWN, Warszawa.
- Drelichowski L. (2000) *Elementy teorii i praktyki zarządzania z technikami informacyjnymi w przedsiębiorstwie*. Wydawnictwa Uczelniane ATR w Bydgoszczy, Bydgoszcz.
- Findeisen W., Szymanowski J., Wierzbicki A. (1980) *Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji*. PWN, Warszawa.
- Głądys H., Malta R. (1990) *Praca elektrowni w systemie elektroenergetycznym*. WNT, Warszawa.
- Gutenbaum J. (2003) *Modelowanie matematyczne systemów*. EXIT, Warszawa.
- Pelczar M. (2004) *Reguły wyboru modeli matematycznych w systemach wspomaganie decyzji. Efektywność zastosowań systemów informatycznych*. WNT, Warszawa – Szczyrk.
- Popov O. (2003) *Metody numeryczne i optymalizacja*. Informa, Szczecin.
- Poradnik inżyniera elektryka*, t.3. WNT, Warszawa 1997.
- Radosiński E. (2001) *Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej*. PWN, Warszawa – Wrocław.
- Shim J.K., Siegel J.G., Chi R. (1999) *Technologia informacyjna*. Dom Wydawniczy ABC, Warszawa.
- Soderstrom T., Stoica P. (1997) *Identyfikacja systemów*. PWN, Warszawa.
- Zalewski A., Cegięła R. (2000) *Matlab – obliczenia numeryczne i ich zastosowania*. Wydaw. Nakom, Poznań.
- Zieliński J.S., red. (2000) *Inteligentne systemy w zarządzaniu*. PWN, Warszawa.

TASKS OF OPTYMIZATION IN DECISION SUPPORT SYSTEM FOR A HEAT AND POWER STATION

In the paper the information system of the power station with the decision problems is described on the background of the electroenergetic system. The structure of the decision support system for the power station is considered on the lever of tactical management with particular preference for the base of models and the module for selection the best models. Likewise the results for maximization the profit of the energy production are described.

Keywords: Decision Support System DSS, mathematical model, optimization.

**Jan Studziński, Ludosław Drelichowski, Olgierd Hryniewicz
(Redakcja)**

**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI
W NAUCE, TECHNICE I ZARZĄDZANIU**

Monografia zawiera wybór artykułów dotyczących informatyzacji procesów zarządzania, prezentując bieżący stan rozwoju informatyki stosowanej w Polsce i na świecie. Zamieszczone artykuły opisują metody, algorytmy i techniki obliczeniowe stosowane do rozwiązywania złożonych problemów zarządzania, a także omawiają konkretne zastosowania informatyki w różnych sektorach gospodarki. Kilka prac przedstawia wyniki projektów badawczych Ministerstwa Nauki i Informatyzacji, dotyczących rozwoju metod informatycznych i ich zastosowań.

ISBN 83-89475-03-0

ISSN 0208-8029

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl**