POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
ODDZIAŁ W SZCZECINIE
URZĄD MIEJSKI W SZCZECINIE
SZKOŁY WYŻSZE W SZCZECINIE

# SYSTEMY INFORMATYCZNE W ZARZĄDZANIU AGLOMERACJAMI MIEJSKIMI

Warszawa-Szczecin 1995

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
ODDZIAŁ W SZCZECINIE
URZĄD MIEJSKI W SZCZECINIE
SZKOŁY WYŻSZE W SZCZECINIE

# SYSTEMY INFORMATYCZNE W ZARZĄDZANIU AGLOMERACJAMI MIEJSKIMI

**Praca pod redakcją:**
**prof. dr hab. Ryszarda Budzińskiego**

**Warszawa-Szczecin 1995**

– aglomeracje miejskie
– systemy informac[illegible] w Zarz[illegible]

Publikacja zawiera referaty przygotowane na ogólnopolską konferencję w Szczecinie, w dniach 6-7 grudnia 1995 r.

Recenzent
**Prof. dr hab. Zenon Głodek**

**Wykonano z oryginałów tekstowych dostarczonych przez autorów referatów**

Skład tekstu: Marlena Prochorowicz

**Wydanie publikacji dofinansowane przez**
**Komitet Badań Naukowych**



**ISBN 83-85847-16-2**

# KOMITET HONOROWY

Prof. dr hab. **TADEUSZ BILIŃSKI**
Przewodniczący Sejmowej Komisji Polityki Przestrzennej, Budowlanej i Mieszkaniowej

Prof. dr hab. **ELŻBIETA CHOJNA-DUCH**
Instytut Prawno-Administracyjny
Uniwersytet Warszawski

Dr **JAN MACIEJ CZAJKOWSKI**
Prezydent Miasta Zgierza
Wiceprezydent Związku Miast Polskich

Prof. dr hab. **RYSZARD DOMAŃSKI**
Członek Korespondent Polskiej Akademii Nauk
Komitet Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa

Prof. dr hab. **ROMAN KULIKOWSKI**
Członek Rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk
Dyrektor Instytutu Badań Systemowych PAN, Warszawa

Prof. dr hab. **ANTONI NOWAKOWSKI**
Zespół ds. Infrastruktury Informatycznej Komitetu Badań Naukowych
Uniwersytet Gdański

Mgr **BARTŁOMIEJ SOCHAŃSKI** - ***przewodniczący***
Prezydent Miasta Szczecina

Minister **ANDRZEJ URBAN**
Ministerstwo Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa

Prof. dr hab. **ALEKSANDER WALCZAK**
Rektor Wyższej Szkoły Morskiej
Przewodniczący Kolegium Rektorów Szkół Wyższych Szczecina

Prof. dr hab. **JAN WĘGLARZ**
Instytut Informatyki, Automatyki i Robotyki
Politechnika Poznańska

# KOMITET ORGANIZACYJNY

Prof. dr hab. **ZYGMUNT DOWGIAŁŁO** - *przewodniczący*
Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk
Oddział w Szczecinie

Prof. dr hab. **TADEUSZ WIERZBICKI**
Uniwersytet Szczeciński

Prof. dr hab. **RYSZARD BUDZIŃSKI**
Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk
Kierownik Oddziału w Szczecinie

Mgr inż. **GRZEGORZ FIUK**
Naczelnik Wydziału Informatyki
Urzędu Miejskiego w Szczecinie

Mgr **JAN ŻYŁKA**
Główny Specjalista ds. Zarządzania Miastem
Ministerstwo Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa , Warszawa

Mgr inż. **ALFREDA WINNICKA** - *sekretarz organizacyjny*
Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk
Oddział w Szczecinie

SUCHNOWICZ [illegible]

[illegible] in the Example of [illegible]

TADEUSZ MADEJ [illegible]

(on choosen [illegible]

11. [illegible]

# WIELOETAPOWA OPTYMALIZACJA STRATEGII ROZWOJU SIECI DROGOWEJ W AGLOMERACJI

*Stanisław Łukasik*
Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa

## 1. Wstęp

W pracy przedstawiono model matematyczny oraz algorytm wyznaczania strategii rozwoju sieci drogowej.

Bazę wyjściową modelu stanowi standardowy graf sieci:

$$\Gamma = (I, E, D),$$

gdzie: I - zbiór węzłów, E - zbiór łuków, D - długości łuków,

oraz zbiór ukierunkowanych wskaźników natężenia ruchu q+, q- ;

$$Q = [Q^+, Q^-], Q^{+(-)} = [q_e^{+(-)}], e \in E.$$

Zagadnienie sformułowano jako zadanie wieloetapowej optymalizacji wektorowej (dwukryterialnej), na horyzoncie czasowym $T = [t_0, t_k]$. Zmienne decyzyjne tego zadania należą do przestrzeni dyskretnych.

Założono niepełną znajomość środków finansowych na horyzoncie planowania T.

Pierwsza składowa funkcji celu - $f^1(..)$, reprezentuje koszty przeciążenia sieci, natomiast druga $(f^2(..))$ - koszty inwestycji.

Schemat decyzyjny, modelowany w zadaniu, odnosi się do następujących operacji inwestycyjnych:

- modernizacji istniejącej sieci dróg (z zachowaniem wyjściowego grafu sieci),
- finalizowania rozpoczętych inwestycji,
- realizacji projektów zatwierdzonych,

- kreowania nowych projektów.

Istotnym uzupełnieniem powyższego zestawu są operacje remontowe, których planowaniu poświęcono pracę [3].

## 2. Model matematyczny

Zmienne i parametry modelu:

$-\Phi_{min}(t), \Phi_{max}(t), t \in T$ - dolne i górne oszacowanie środków finansowych,

$-u_e(t) \in \{0,1,2,..\}, e \in E, t \in T$ - dyskretna zmienna decyzyjna, opisująca modernizację sieci,

$v_e(t) \in \{0,1\}, e \in E^1, t \in T, \text{gdzie} E^1$ - *zbiór inwestycji rozpocz. i zatwierdzonych* - binarna zmienna decyzyjna odnosząca się do kończenia inwestycji rozpoczętych,

$-w_e(t) \in \{0,1\}$ – " - odnosi się do realizacji inwestycji zatwierdzonych,

$-x_e(t) \in \{0,1\}, e \in E^2, t \in T, \text{gdzie} E^2$ - *zbiór wariantów* - zmienna decyzyjna dotycząca nowych projektów,

$-A(t) = A(u(t), v(t), w(t), x(t))$ - macierz tranzycji potoków q(t) w wyniku decyzji

$-\varphi(u(t)), \varphi(v(t)),$ - jednostkowe koszty odpowiednich operacji,

$-\alpha \in [0, \alpha_{max}]$ - współczynnik skalaryzacji wektorowej funkcji celu,

$-\Pi \in R_2^+$ - zbiór dopuszczalnych rozwiązań Pareto w przestrzeni kryteriów.

Pozostałe parametry modelu przedstawiono w p.1.

Zadanie wyboru strategii rozwoju sieci drogowej formułujemy następująco

$$\min_{u,v,w,x} \sum_{t \in T} \left| \begin{matrix} f^1(q(t)) \\ f^2(u(t),v(t),w(t),x(t)) \end{matrix} \right| \qquad (1)$$

przy warunkach:

$$Q(t+1) = A(u(t), v(t), ..)Q(t) \tag{2}$$

$$\sum_{e \in E} u_e(t)\varphi(u_e)d_e + \sum_{e \in E^1} (v_e(t)\varphi(v_e) + w_e(t)\varphi(w_e))d_e + \sum_{e \in E^2} x_e(t)\varphi(x_e)d_e \le Q(t), t \in T \tag{3}$$

$$\sum_{t \in T} u_e(t) \le 1, e \in E, \sum_{t \in T} v_e(t) \le 1, \quad \sum_{t \in T} u_e(t) \le 1, e \in E^1, \sum_{t \in T} x_e(t) \le 1, e \in E^2 \tag{4}$$

gdzie:

$$f^1(..) = \sum_{e \in E} \| (q_e^+(t) - \hat{q}_e)^{K^+}) \|_D + \| (q_e^-(t) - \hat{q}_e)^{K^+} \| \tag{5}$$

$$f^2(..) = \sum_{e \in E \oplus E^1 \oplus E^2} y_e(t)\varphi_e(y) \quad \text{gdzie } y(t) = (u(t)v(t)w(t)x(t)) \tag{6}$$

$q^e$ - normatywne natężenie ruchu na łuku e,

$\| (.)^{K^+} \|_D$ - norma rzutu na stożek dodatni $K^+$.

$d_e \in D$ - długość e-tego łuku.

Należy podkreślić, że elementy macierzy tranzycyjnej A(..) nie są znane w postaci jawnej. Są one wyznaczane dla każdego kroku przez procedurę zewnętrzną, określającą m.in. przepływy po najkrótszych drogach.

Podobnie, przez procedurę zewnętrzną, będzie określany zbiór racjonalnych propozycji nowych elementów sieci $E^2$. Będzie to złożona procedura eksperc-ko-komputerowa.

Proponowany poniżej algorytm rozwiązania zadania (1)-(6), wykorzystuje jako pomocnicze zadanie optymalizacji skalarnej.

$$\min_{u,v,w,x} \sum_{t \in T} \alpha f^1(t) + f^2(t) \mid \quad \text{przy warunkach (2)-(6)} \qquad (7)$$

Zadanie to rozwiązywane jest dla różnych wartości współczynnika $\alpha \in R_1^+$.

## 3. Algorytm

Przyjęto następujące założenia, determinujące główne cechy algorytmu:

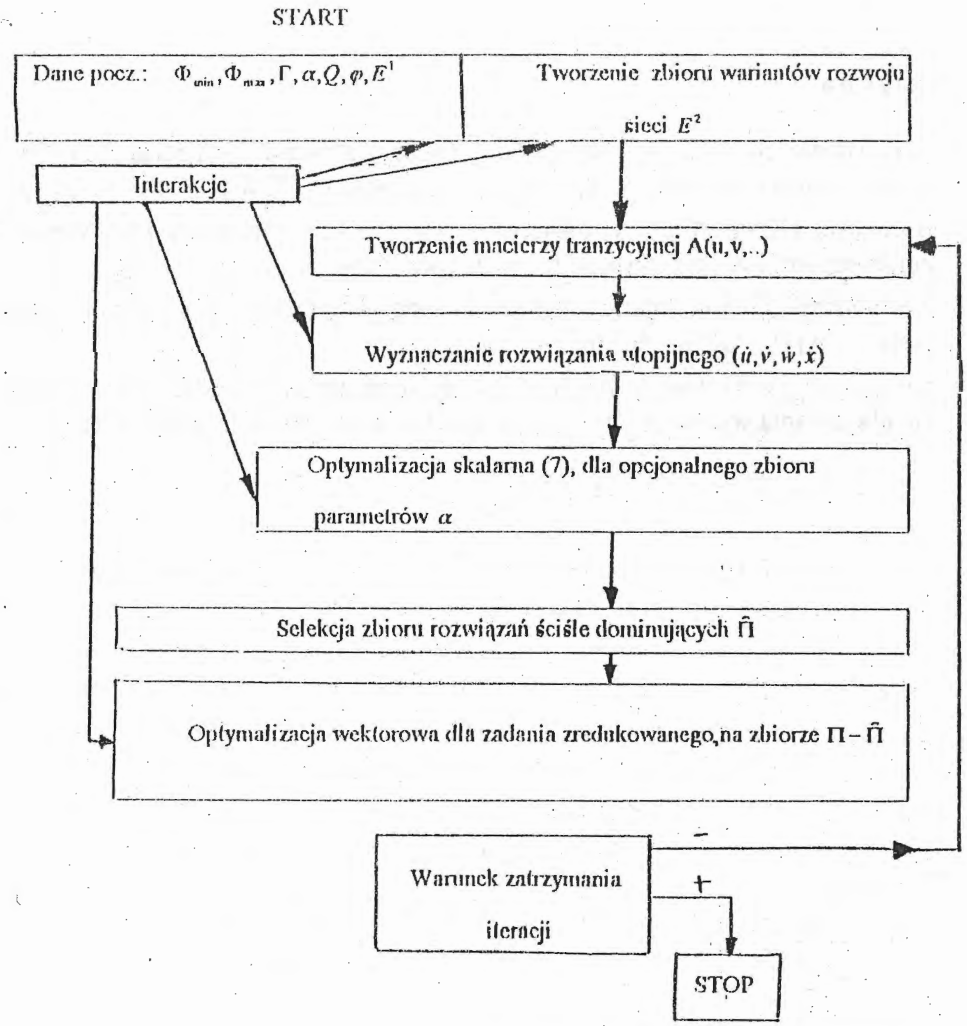
- niektóre parametry modelu (np. współczynnik $\alpha$ ) są ustalane w reżimie interaktywnym,
- jako wystarczająco dobre rozwiązanie zadania (7) przyjęto rozwiązanie typu greedy, spełniające lokalnie warunek optymalności w sensie gradientu dyskretnego,
- system wyznacza trzy charakterystyczne rozwiązania; pesymistyczne
- (dla $\Phi = \Phi_{min}$ ), optymistyczne (dla $\Phi = \Phi_{max}$) oraz zrównoważone, leżące pomiędzy powyższymi,
- optymalizacja wektorowa odbywa się dwuetapowo; w pierwszym etapie wyznaczane są elementy $\hat{\Pi}$ - ściśle dominujące w sensie Pareto, natomiast w drugim dokonuje się wyboru elementów rozwiązania z podzbioru słabo uporządkowanego $\bar{\Pi}$ ;

$$\Pi = \hat{\Pi} \oplus \bar{\Pi}.$$

- analityczne własności zadania uniemożliwiają wykorzystanie atrakcyjnych obliczeniowo procedur opartych na zmiennych dualnych.

Prezentowane podejście określić można jako kombinację procedur programowania dynamicznego, metody punktu utopijnego oraz wieloetapowego algorytmu załadunku z wyborem. Osiągane rozwiązanie spełnia lokalnie warunek greedy. W sensie formalnym proponowany algorytm należy do klasy heurystycznych.

Ogólny schemat algorytmu jest następujący:



Poszukiwanie rozwiązania rozpoczynamy od punktu startowego u(0)={0},v(0)={0},w(0)={0},x(0)={0}, a następnie nadajemy odpowiednim zmiennym wartości znaczące, aż do napięcia ograniczeń (3). Algorytm posiada własność monotoniczności, w tym sensie, że raz wyznaczone wartości niezerowe nie są zmieniane w dalszych iteracjach.

## Literatura

1. A.Lewandowski, A.Wierzbicki, [1988]: Theory, software and testing examples in decision support systems. IIASA A-2361, Laxemburg, Austria 1988.
2. S.Łukasik, [1995]: Algorytm planowania remontów sieci drogowej, [W:] Wspomaganie decyzji, systemy eksperckie. wyd. IBS PAN.
3. J.Majchrzak, [1988]: Interactive decision support system for discrete multicriteria systems. w[1] - IIASA A-2361.
4. J.Sikorski, [1995]: Ogólny schemat metody zachłannej i jego szczegółowe realizacje dla zadania wielowymiarowego załadunku. Konf. BOS'95, Gdynia 1995.

ISBN 83-85847-16-2

SYSTEMY INFORMATYCZNE W ZARZĄDZANIU... Warszawa-Szczecin 1995