

## МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ШТУЧНИХ ВОДОЙМИЩ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Соболь Олександр Миколайович<sup>1</sup>, д.т.н., професор,

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна.

Мацулевич Олександр Євгенович<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,

Щербина Віктор Михайлович<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,

<sup>2</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного м. Мелітополь, Україна.

**Анотація.** В роботі наведено постановку задачі та розроблено модель визначення оптимальної кількості та місць розташування водоймищ багатофункціонального призначення. Показано підхід до формалізації обмежень задачі.

**Ключові слова:** постановка задачі та модель, оптимальна кількість, штучне водоймище.

**Постановка проблеми.** На даний час для збільшення обсягів випуску сільськогосподарської продукції велику роль відіграють методики та засоби забезпечення своєчасного поливу с.-г. культур при їхньому визріванні. Особливо це стосується регіонів ризикованого землеробства, коли продуктивність напряду залежить від кліматичних умов даного регіону.

Характерною особливістю степової зони, до якої належить територія мелітопольщини, є висока випаровуваність.

Виходячи з цього виникає необхідність застосування технологій штучного зрошування.

Відомо, що в степовій зоні спостерігається недостатня кількість природних водоймищ, які можна було б задіювати для зрошення сільськогосподарських культур.

Створення штучних водоймищ для зрошування сільськогосподарських культур, на наш погляд, може вирішити проблему невиваженості природних водоймищ.

Однак, під створення штучних водоймищ необхідно виділення корисних площ сільськогосподарських угідь. До того ж, у степових зонах дуже часто виникають поже-небезпечні ситуації на цих угіддях і пожежні водоймища, розташовані поблизу, будуть на зайвими.

**Виклад основних матеріалів дослідження.** Виходячи із попереднього аналізу виникає необхідність побудови моделі оптимізації розміщення штучних водоймищ багатофункціонального призначення, які б, водночас, задовольняли вимогам зрошування сільськогосподарських угідь та забезпечення безперебійного постачання води для гасіння пожеж.

Постановка даної задачі має вигляд: Задано область  $S_0$ , в якій знаходяться об'єкти (зрошувані сільськогосподарські угіддя та потенційно небезпечні об'єкти)  $S_d$ ,  $d = 1, \dots, D$ . Область  $S_0$  може бути задана у вигляді багатокутника у власній системі координат. Піддослідні об'єкти являють собою точки, положення яких

визначаються в системі координат об'єкта  $S_0$ . Область  $S_0$  має об'єкти заборони  $L_\xi$ ,  $\xi=1, \dots, L$ , в яких неприпустимо розміщувати штучні водоймища [3]. Необхідно покрити область  $S_0$  мінімальною кількістю районів функціонування штучних водоймищ  $P_i$ ,  $i=1, \dots, N$  (дані райони являють собою багатокутники зі змінними метричними характеристиками), так, щоб виконувались наступні обмеження:

- мінімум площі перетину районів функціонування штучних водоймищ;
- належність районів функціонування штучних водоймищ області  $S_0$ ;
- мінімум площі перетину районів функціонування штучних водоймищ з областями заборони  $L_\xi$ ,  $\xi=1, \dots, L$ ;
- належність зрошувальних сільськогосподарських угідь  $S_d$ ,  $d=1, \dots, D$ , області перетину  $M_d$  районів функціонування штучних водоймищ, що забезпечують своєчасний полив рослин;
- час початку зрошувальних робіт на сільськогосподарських угіддях, найвіддаленіше розташованих від водоймища  $P_i$ ,  $i=1, \dots, N$ , має не перевищувати заданого  $T^*$ ;

Дана задача являє собою задачу оптимального покриття області  $S_0$  геометричними об'єктами зі змінними метричними характеристиками  $P_i$ ,  $i=1, \dots, N$ , з урахуванням «центрів тяжіння»  $S_d$ ,  $d=1, \dots, D$ .

Модель оптимізації розміщення штучних водоймищ для забезпечення безперебійності меліоративних робіт може бути записана за допомогою модифікованої  $\omega$ -функції покриття:

$$u^* = \arg \min_{u \in W} N(u); u = \{m_i; v_i\}; i=1, \dots, N; \quad (1)$$

де  $W$  :

$$\omega \left( \begin{matrix} m_N, m_0, v_N, v_0 \\ \bigcup_{i=1}^N P_i, \bigcup_{i=1}^N P_i \end{matrix} \right) = S^0; \quad (2)$$

$$\omega(m_i, m_j, v_i, v_j) \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$i=1, \dots, N; j=i+1, \dots, N;$$

$$\omega(m_i, m_{cS_0}, v_i, v_{cS_0}) \rightarrow \min; \quad (4)$$

$$i=1, \dots, N; S_0 \cup cS_0 = R^2;$$

$$\omega(m_i, m_\xi, v_i, v_\xi) \rightarrow \min; \quad (5)$$

$$i=1, \dots, N; \xi=1, \dots, L;$$

$$S_d \in \bigcap_{k=1}^{M_d} P_k'; \quad d=1, \dots, D; \quad P_k' \in \{P_i\}, \quad i=1, \dots, N; \quad (6)$$

$$T(P_i) \leq T^*; \quad i=1, \dots, N. \quad (7)$$

В моделі (1)÷(7) вираз (1) являє собою цільову функцію задачі, при цьому  $m_i$  - метричні характеристики об'єктів  $P_i$ ,  $i=1, \dots, N$  (наприклад, координати вершин багатокутників в локальній системі координат),  $v_i$  - параметри розміщення об'єктів  $P_i$  (положення локальної системи координат  $i$ -го об'єкта в глобальній системі координат) [1,4]; вираз (2) являє собою умову покриття всієї області  $S_0$ ,

відповідно, метричні характеристики та параметри розміщення об'єкта  $\bigcup_{i=1}^N P_i$ ,  $m_0$  і  $v_0$

- метричні характеристики і параметри розміщення області  $S_0$ ,  $S^0$  - площа об'єкта  $S_0$ ; вираз (3) – умова мінімуму взаємного перетину об'єктів  $P_i$  та  $P_j$ ; вираз (4) – умова мінімуму перетину об'єктів  $P_i$  з доповненням області  $S_0$  до евклідового простору  $R^2$ ; вираз (5) – умова мінімуму взаємного перетину об'єктів  $P_i$  з областями заборони  $L_\xi$ ,  $\xi=1, \dots, L$ ; вираз (6) – умова належності об'єктів  $S_d$ ,  $d=1, \dots, D$ , області перетину об'єктів  $P_k'$ , що належать множині об'єктів  $P_i$ ; вираз (7) – умова щодо припустимого часу початку зрошувальних робіт на сільськогосподарських угіддях, найвіддаленіше розташованих від водоймища.

Слід відзначити, що аналіз об'єкту захисту  $S_0$  разом з об'єктами  $S_d$ ,  $d=1, \dots, D$ , дозволить конкретизувати модель (1)÷(8). Дослідження особливостей зазначеної математичної моделі дозволить побудувати область припустимих розв'язків задачі оптимізації розміщення водоймищ багатofункціонального призначення, а також розробити обґрунтований метод розв'язання даної задачі.

Що стосується аналітичного подання обмежень (2)÷(5), то воно може бути здійснено за допомогою наступної функції [2,5]:

$$\omega_\Omega = \begin{cases} \frac{1}{2} \left[ x_{2,1} \cdot (y_{2,n} - y_{2,2}) + \sum_{i=2}^{n-1} x_{2,i} \cdot (y_{2,i-1} - y_{2,i+1}) + x_{2,n} \cdot (y_{2,n-1} - y_{2,1}) \right], & \text{при } S_1 \cap S_2 = S_2; \\ \frac{1}{2} \left[ x_{A_1} \cdot \left( y_{n_{A_p}}^{A_p} - y_1^{A_1} \right) + \dots + x_{n_{A_1}}^{A_1} \cdot \left( y_{n_{A_1}-1}^{A_1} - y_{A_2} \right) + x_{A_2} \cdot \left( y_{n_{A_1}}^{A_1} - y_1^{A_2} \right) + \dots + x_{n_{A_p}}^{A_p} \cdot \left( y_{n_{A_p}-1}^{A_p} - y_{A_1} \right) \right], & \text{при } S_1 \cap S_2 \neq \emptyset; \\ 0, & \text{при } S_1 \cap S_2 = \emptyset. \end{cases} \quad (8)$$

Геометрична інтерпретація виразу (8) наведена на рис. 1.

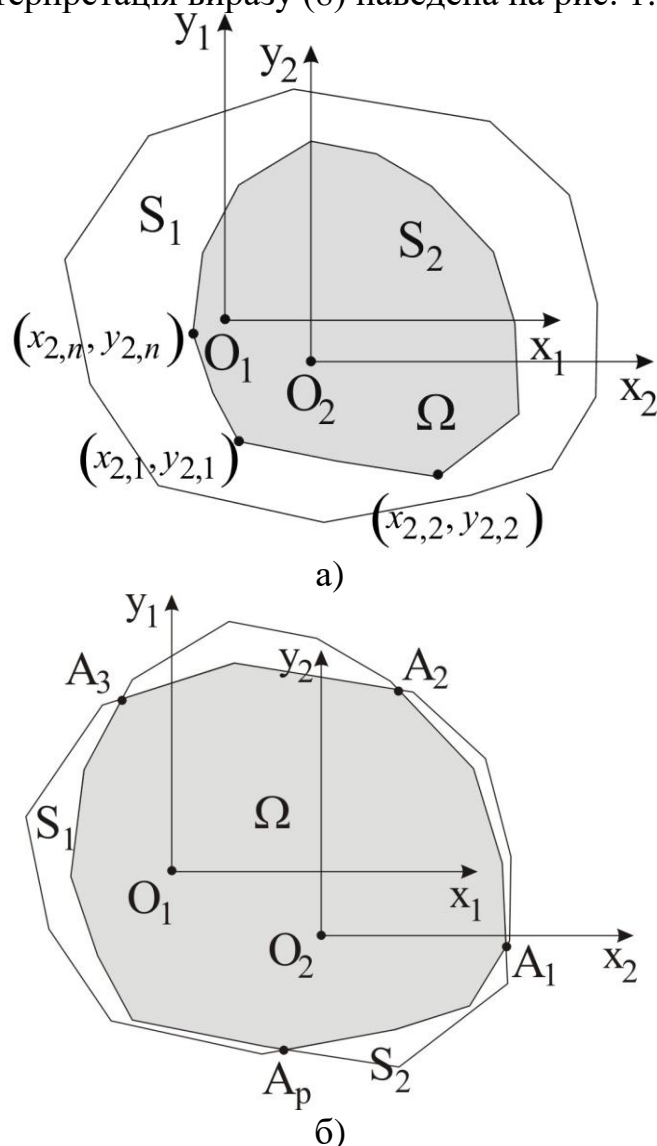


Рис. 1. Геометрична інтерпретація  $\omega$ -функції покриття:  
 а) Положення вершин багатокутників в локальній системі координат; б) Положення локальної системи координат  $i$ -го об'єкта в глобальній системі координат.

**Висновки.** В даній роботі здійснено постановку та розроблено модель оптимізації розміщення водоймищ багатofункціонального призначення які б, водночас, задовольняли вимогам зрошування сільськогосподарських угідь та забезпечення безперервного постачання води для гасіння пожеж. Показано, що дана задача відноситься до класу задач оптимізаційного геометричного проектування, а саме, до задач оптимального покриття заданих об'єктів з урахуванням «центрів тяжіння». Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз області припустимих розв'язків та розробку метода розв'язання даної задачі.

#### Література

1. Стоян Ю.Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. – К.: Наукова думка, 1986. – 268 с.
2. Собина В.О. Рациональне покриття заданих областей геометричними об'єктами зі змінними метричними характеристиками: автореф. дис. на здобуття

наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / В.О. Собина. – Мелітополь, 2012. – 22 с.

3. Соболев О.М. Модель оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів // О.М. Соболев, О.Є. Мацулевич // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2016. - Вип. 6, Т. 1, С. 263-268.

4. Modeling and simulation of coverage problem in geometric design systems / [Yakovlev S, Kartashov O., Komyak V., Shekhovtsov S., Sobol O., Yakovleva I.] // 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM). – Polyana, Ukraine: IEEE, 2019. – P. 20-23.

5. Optimization of partitioning the domain into subdomains according to given limitation of space / [Komyak, V.M., Sobol, A.N., Danilin, A.N., Komyak, V.V., Kyazimov, K.T.] // Journal of Automation and Information Sciences, 2020, 52(2), P. 13–26.

6. Мацулевич О.Є. Автоматизація процесу геометричного моделювання робочих поверхонь насадок для фонтанів /О.Є.Мацулевич, В.М.Щербина, С.В.Залевський // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 8, том 1. С. 55-68.

7. Івженко О.В. Методика складання та розв'язання задач з нарисної геометрії / О.В.Івженко, І.В.Пихтеєва, Г.В.Антонова // Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матер. Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (Мелітополь, 27-29 травня 2020 р.) / ред. кол. : В.М. Кюрчев, В.Т. Надикто, Н.Л. Сосницька, М.І. Шут та ін. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – С.287-291.

8. Гавриленко Е.А. Назначение характеристик в точках обвода с монотонным изменением кривизны / Е.А.Гавриленко, Ю.В.Холодняк, А.В.Ивженко, А.В.Найдыш //Сучасні проблеми моделювання: наукове фахове видання. Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2019. Вып.16. С. 91-97.

**УДК 004.925.8**

## **МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ДЛЯ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Дереза О.О., к.т.н., доцент,

Мовчан С.І., к.т.н., доцент,

Дереза С.В., ст. викладач,

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

***Анотація.** В статті розглянуто основні інструменти та можливості моделювання інженерних споруд в дво- і тривимірних системах автоматизованого проектування.*

***Ключові слова:** інженерні споруди і об'єкти, тривимірні системи, спеціалізовані додатки, об'ємне проектування.*