

7. EVT – Electric Vehicle Transportation Center. Electric Vehicle Life Cycle Cost Assessment, Sept. 2014
8. <http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-40518293>
9. <http://www.bbc.co.uk/news/uk-40723581>
10. <https://www.forbes.com/sites/frankahrens/2017/12/22/2017-the-year-europe-got-serious-about-killing-the-internal-combustion-engine/#1323223b2ff0>
11. <http://fortune.com/2016/06/04/norway-banning-gas-cars-2025/>
12. Does a Hydrogen Economy Make Sense?. Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 10, October 2006.
13. <https://hev cars.com.ua/reviews/nazvano-tochnoe-kolichestvo-elektromobilej-po-regionam-ukrainy>

УДК 629.3.082.3

## ОСНОВНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

**А.В. Малієнко<sup>1</sup>, І.М. Луценко<sup>2</sup>, С.О. Федоряченко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу і управління, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [andrei.malienko@gmail.com](mailto:andrei.malienko@gmail.com)

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, професор кафедри електроенергетики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [lutsenkoin@gmail.com](mailto:lutsenkoin@gmail.com)

<sup>3</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [serg.fedoryachenko@gmail.com](mailto:serg.fedoryachenko@gmail.com)

**Анотація:** В даній роботі представлені основні методи багатократного покриття множин для моделювання і розв'язання задач оптимального розміщення ЗСЕ (зарядних станцій електромобілів).

*Ключові слова:* зарядна станція, математична модель, методи оптимізації.

## GENERAL METHODS AND MODELS OF EV CHARGING STATIONS OPTIMAL LOCATIONS

**A. Malienko<sup>1</sup>, I. Lutsenko<sup>2</sup>, S. Fedoriachenko<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D., Associate Professor of the Department of System Analysis and Control, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine e-mail: [andrei.malienko@gmail.com](mailto:andrei.malienko@gmail.com)

<sup>2</sup>Ph.D., Professor of the Power Engineering Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine e-mail: [lutsenkoin@gmail.com](mailto:lutsenkoin@gmail.com)

<sup>3</sup> Ph.D., Department of Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine e-mail: [serg.fedoryachenko@gmail.com](mailto:serg.fedoryachenko@gmail.com)

**Abstract.** This paper presents the main methods of multiple set coverage for modeling and solving problems of optimal placement of charging stations of electric vehicles.

*Keywords: charging station, mathematical model, optimization methods.*

**Вступ.** Оптимальне розташування станцій надання послуг зарядки електромобілів є актуальним та потребує сучасних методів розрахунку та оптимізації за допомогою новітнього математичного апарату. Існує багато моделей задач оптимального покриття множин та не менша кількість методів їх розв'язку. Аналіз їх використання та вибір оптимальних дуже актуально в сучасному світі економічних відносин.

**Мета роботи.** Аналіз основних методів та алгоритмів знаходження оптимального радіуса для багатократного покриття обмеженої області обслуговування зарядної станції електромобілів.

**Основний матеріал.** Задачі  $k$ -кратного покриття виникають при розміщенні об'єкт, зоною обслуговування яких виступає «коло». При цьому відстань від центру «кола» до споживача вимірюється по існуючих дорогах, а не як довжина відрізка, що з'єднує їх. Як приклади таких задач оптимального покриття можуть виступати:

- Задача розміщення центрів служб надзвичайних ситуацій;
- Задача розміщення пунктів зберігання нафто-або газовидобутку, в якій важливо розмістити ці пункти так, щоб якомога швидше доставляти речовину в потрібну точку. Істотним у цій задачі є умова, що якщо в найближчому пункті необхідної речовини не опиниться в наявності, то бажано, щоб інший пункт знаходився в межах швидкої доставки. У результаті задача полягає в дворазовому покритті заданої множини споживачів зонами обслуговування окремими центрами зберігання сировини;
- Задача розміщення банкоматів, які бажано розташувати так, щоб клієнт міг дістатися до найближчого з них якомога швидше. Аналогічно умові попередньої задачі, якщо у найближчому банкоматі немає в наявності необхідної суми, або він не працює з технічних причин, то бажано, щоб інший банкомат розташовувався не надто далеко.
- Задача триразового оптимального покриття, що виникає при плануванні розміщення станцій стільникового зв'язку стандарту GSM. При цьому передбачається, що кожен абонент повинен знаходитися в зоні обслуговування, принаймні, трьох базових станцій. Хоча абонента і забезпечує зв'язком найближча до нього станція, в разі її перевантаження обслуговування передається іншій, менш завантаженою станції.

Розглядаючи актуальну задачу розміщення пунктів обслуговування та розміщення ЗСЕ (зарядних станцій електромобілів) [1] теж віднесемо до за-

дачі  $k$ -кратного  $s$ -кульового покриття обмеженої області і задачі про мінімальне  $k$ -кратне  $s$ -кульове покриття континуальної множини з розміщенням центрів кіл[2].

Проведемо аналіз та наведемо математичні формулювання задач багатократного покриття обмеженою в  $E_n$  області колами мінімального радіуса, використовуючи математичний апарат теорії неперервних задач оптимального покриття множин при визначенні мережі доріг і кінцеву множину пунктів розміщення ЗСЕ.

Зауважимо, що при визначенні відстаней між конкретними об'єктами ЗСЕ використовуємо матриці відстаней, геоінформаційні системи або функції оцінки відстані. Матриці відстаней і геоінформаційні системи складно використовувати для якісного аналізу областей обслуговування окремих станцій - осередків діаграм Діріхле-Вороного. Тому доцільніше для неперервних задач багаторазового покриття множини, до яких віднесемо і задачу розміщення ЗСЕ, використовувати функції для оцінки відстані, які є деякими метриками в просторі  $E_n$ , якому належить множина. Найбільш часто використовуються наступні метрики: Евклидова, Манхеттенська, метрика Чебишева, зважена  $1p$ -метрика, зважена  $1p$ -метрика з можливим поворотом осей координат та інші. Вибір метрики залежить від властивостей множини і від існуючих зв'язків центру з клієнтами.

Існує багато моделей задач оптимального покриття множин та не менша кількість методів їх розв'язку.

Аналіз сучасних робіт показав що сформульована задача Z1 для розміщення ЗСЕ буде звучати таким чином: вибрати розташування  $N$  кіл  $K_j$ ,  $1 \leq j \leq N$ , однакового радіуса  $r$ , що утворюють  $k$ -кратне ( $1 \leq k \leq N$ ) покриття множини  $G$  таким чином, щоб їх радіус  $r$  досягав найменшого можливого значення  $r_{min}$ .

Відомі задачі 0-1 мінімального покриття і багатократного покриття як задача Z2 цілочисельного лінійного програмування буде мати вигляд:

$$\min \{ cz : Az \geq q, z \in \{0,1\}^n \text{ або } z \in Z^+ \};$$

тут  $cz$  – скалярний добуток векторів  $c$  і  $z$ ,  $A \in m \times n$  – матриця, елементами якої 0 або 1,  $q$  - заданий  $m$ -мірний вектор,  $Z^+$  – множина цілих невід'ємних чисел.

Неперервна задача  $k$ -кратного ( $k \geq 1$ ) покриття площини,  $n$ -мірного простору або поверхні сфери колами, сферами або сферичними сегментами відповідно досліджується давно. Важливі результати і докладні огляди по покриттях містяться в. Для покриття окремих фігур (квадрата, трикутника, кола) встановлені екстремальні або передбачувані розташування  $N$  кіл, що забезпечують одноразове покриття.

Для одного типу задач при різних метриках запропоновані різні евристичні алгоритми та алгоритми з використанням областей Вороного. Цікавий "інженерний" підхід, заснований на теорії стрижневих структур і температурних розширень і стиснень, запропонований для задачі покриття «В». В деяких роботах було запропоновано максимізувати площу частини області  $G$  (- обмежена множина на площині  $P$ ), що покривається  $N$  колами фіксованого радіуса.

Всі зазначені вище алгоритми дозволяють знаходити покриття, в яких радіус  $r$ , можливо, досягає локального мінімуму, тобто  $r \geq r_{min}$ . Є багато методів по покриттях сфери сферичними сегментами найменших радіусів. Деякі з методів покриття сфери можна перенести на випадки покриття частини площини і навпаки.

Багатократні покриття не менш цікаві й важливі, ніж однократні. Для багатократного покриття обмежених множин алгоритми не настільки численні. Алгоритми, що використовують області Вороного, як правило, можна поширити і для  $k$ -кратних ( $k \geq 1$ ) покриттів. Задача 0-1 мінімального покриття почала досліджуватися пізніше неперервної задачі, але вже є дуже велика кількість робіт з нею. Серед наближених алгоритмів можна виділити жадібні алгоритм, різні евристичні алгоритми, як правило, теж використовують жадібні процедури, алгоритми ЛП-релаксації та округлення, комбінаторні методи, а також багато інших алгоритмів. У більшості із зазначених методів для вирішення задачі 0-1 мінімального покриття великих розмірностей спочатку вирішується релаксувати задачу, далі будь-яким чином будується задача меншої розмірності, яка вважається ядерною задачею, і остання вирішується точним методом.

**Висновки:** Математичний апарат та постановка задач теорії оптимального розбиття множин, а також методи їх вирішення які будуть побудовані відповідно за цими методами та алгоритмами можливо використовувати для розрахунку кола розташування ЗСЕ. Розвиток теоретичних та практичних завдань з встановлення ЗСЕ є актуальним для сучасного ринку та економічної складової сучасного ринку електромобільності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Киселева Е.М. , Коряшкина Л.С., Ус С.А. Теория оптимального разбиения множеств в задачах распознавания образов, анализа и идентификации систем М-во образования и науки Украины; Нац. Горн.ун-т. –Д.:НГУ, 2015. –270 с.
2. Малієнко А.В. Математичні моделі задач оптимального розміщення зарядних станцій електромобілів і визначення зон їх обслуговування. Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ITMM'2021: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 16 – 18 березня 2021 р.) / Міністерство освіти і науки України,

Національна металургійна академія України, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та ін. – Дніпро: НМетАУ, 2021. стр. 253-256 DOI:10.34185/1991-7848.itmm.2021.01.031

УДК 621.316.99

## О РАЗМЕРАХ ЗАЕМЛИТЕЛЯ НА КАТЕРЕ

**М.Ю. Пустоветов**

кандидат технических наук, инженер кафедры технологии машиностроения, Технологический институт (филиал) Донского государственного технического университета, г. Азов Россия, e-mail: [mgsn2006@yandex.ru](mailto:mgsn2006@yandex.ru)

**Аннотация.** Нормативные документы, которыми следует руководствоваться инженерно-техническим работникам при реализации того или иного технического решения, содержат директивы, наставления или рекомендации без подробного пояснения причин и механизмов их формирования. Тем не менее, содержание нормативных документов имеет под собой техническую, физическую основу. Автор предлагает пояснения к выбору размеров заземлителя на катере, основанные на расчете сопротивления растеканию тока листового заземлителя.

*Ключевые слова:* маломерное судно, токонепроводящий корпус, заземлитель, система с изолированной нейтралью.

## ABOUT THE SIZE OF THE GROUNDING DEVICE ON THE BOAT

**Mikhail Pustovetov**

Ph.D., Engineer of Engineering Technology Department, Technological Institute (Branch) of Don State Technical University, Azov, Russia, e-mail: [mgsn2006@yandex.ru](mailto:mgsn2006@yandex.ru)

**Abstract.** Regulatory documents that should guide engineering and technical workers in the implementation of a technical solution contain directives, instructions or recommendations without a detailed explanation of the reasons and mechanisms for their formation. Nevertheless, the content of the normative documents has a technical, physical basis. The author offers explanations for the choice of the size of the grounding device on the boat, based on the calculation of the current spreading resistance of the sheet grounding conductor.

*Keywords:* small vessel, current-insulating hull, earthing device, system with insulated neutral.

**Введение.** В наши дни широкое распространение получила технология судостроения из пластика. В особенности часто пластиковые корпуса встречаются на маломерных судах (длина не превышает 20 м), в том числе катерах. Как указано в разделе 2.1 [1]: «Защитное заземление — электрическое подсо-