

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ЗБОРУ ВІДХОДІВ В ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Досліджується проблема створення інформаційної технології для оптимізації процесу збору відходів у територіальних громадах.*

**Ключові слова:** вантажівки, контейнери, збір відходів, маршрут, нечітка логіка

### **Abstract**

*The problem of information technology optimization of trash collection process in territorial community is exploring.*

**Keywords:** trucks, bins, trash collection, route, fuzzy logic

### **Вступ**

Щороку, за офіційними даними, українці продукують 11 млн тонн сміття, це десь 300 кг на людину, з яких переробляють лише 3%. Згідно даних Мінрегіонбуду об'єм усього нашого сміття 1267 млн — це 506 пірамід [1]. Гора сміття висотою у 20-поверховий будинок на площі у 50 футбольних полів — це вже не уявний, а реально існуючий і один з найбільших у Європі полігон для відходів у Грибовичах під Львовом [2].

Актуальним на сьогодні є питання збору побутових відходів в межах територіальної громади. Нові методи управління відходами повинні мати високотехнологічний характер, що охоплює не тільки збір відходів біля інфраструктур та житлових масивів, а й управлінську, фінансову та соціально-культурну складові [3]. Вони мають бути надійними, гнучкими, економічно ефективними та, звичайно, екологічно чистими. Важливою складовою задачі збору побутових відходів є динамічне формування оптимальних маршрутів сміттевозів [4-7].

Під час збору відходів необхідно враховувати типи смітєвих контейнерів, які знаходяться у громадах. Обласні центри активно впроваджують новий підхід підземних контейнерів з використанням датчиків наповненості рівня сміття. В цей же час у маленьких містечках та селах продовжують використовувати звичайні баки нерідко навіть без сортування.

Така невизначеність поточного стану контейнерів у громаді впливає на прокладання маршрутів для вантажівок та часу, який витрачається на цей процес. Для вирішення цієї проблеми доцільним є використання нечіткої логіки [8-11].

*Метою роботи є оптимізація формування маршрутів збору відходів*

*Об'єктом дослідження є процеси управління збором відходів.*

*Предметом дослідження є елементи нечіткої логіки для оптимізації маршруту збору відходів.*

### **Результати досліджень**

Нечітка задача визначення маршруту виникає щоразу, коли дані розпливчасті або неоднозначні. Наприклад, коли час у дорозі можна описати як «близько півгодини», «між 15 та 20 хвилинами» тощо. Часто такі нечіткі елементи можуть краще показувати реальність. На практиці буває важко отримати точні значення часу, шляху, меж тимчасових вікон та інших величин, якщо вони підпорядковуються ймовірнісним законам [12].

Задачу збору відходів у територіальній громаді можна порівняти із нечіткою задачею планування процесів в IT-проектах. Таким чином контейнери у різних районах громади будуть виконувати роль аналогічних задачам проекту, вантажівки – виконавці задач, а час, витрачений на дорогу, показує час

переходу від однієї задачі до іншої. Тривалість вивантаження сміття до вантажівки, простою на точці та затримка в дорозі будемо вважати за часові вікна, які в IT-проектах позначаються як резервний. Загальний час на проходження маршруту визначається аналогічно як критичний шлях проекту.

Нехай територіальна громада складається з  $n$  міст/селищ і її маршрут можна представити як мережеву модель  $G = \langle R, A, T \rangle$ , де  $R = \{1, 2, \dots, n\}$  – множина точок (контейнерів), які необхідно об'їхати,  $A = R \times R$  – набір дуг  $G$ . В класичній (чіткій) мережевій моделі часові параметри задають як  $T: R \rightarrow \{T_r\}$ , де  $T_r$  – тривалість маршруту  $r \in R$ . В нечіткій моделі вони задаються як  $T: R \rightarrow \{\check{T}_r\}$ , де  $\check{T}_r = (t, (\mu_{\check{T}_r}(t) | t \in R))$  – нечітка тривалість операцій з функцією належності  $\mu_{\check{T}_r}$ , яка приймає значення на відрізьку  $[0, 1]$  [13].

Маршрут  $r$  в мережі  $G$  – це можлива послідовність баків  $r$ . Вона представлена впорядкованим набором  $p = \{r\}$ . Введемо позначення:  $P = \{p\}$  – множина маршрутів в  $G$ ,  $L_p$  – нечітка довжина маршруту.  $ES_r$  – ранній початок, тобто час, коли вантажівка має виїхати з початкової точки без затримок,  $EF_r$  – ранній кінець, тобто найменший час, який може витратити вантажівка.  $LS_r$  – пізній початок, що означає виїзд із затримкою із затримкою по ряду причин.  $LF_r$  – пізнє закінчення, тобто найпізніший час прибуття вантажівки в кінцеву точку. При цьому  $R(i) = LS_r(i) - ES_r(i)$  – резерв часу (часове вікно) [14].

Максимальна довжина маршруту, тобто критичний шлях, означає проїзд усіх ділянок та виїзд до станції утилізації, позначимо цей час  $T_{max}$ . При цьому алгоритм визначення часу проїзду буде наступним:

1. Визначити правильну послідовність контейнерів для об'їзду, при цьому перша ділянка отримає номер 0, а кінцева –  $n$ .
2. Обчислення раннього часу виїзду: рухаючись в порядку зростання по пронумерованих місцях громади для кожної вершини  $j$  визначити

$$ES_r(j) = \max_{i \in \Gamma^{-1}(j)} \{ES_r(i) + t_{ij}\},$$

де  $\Gamma^{-1}(j) = \{i: i \rightarrow j\}$  множина баків, дуги графу яких ведуть до  $j$

3. Визначення критичного шляху:  $T_{max} = t_{ES}(n)$ , де  $n$  кінцеві баки для об'їзду. Необхідно виділити ті дуги графа  $(i, j)$ , котрі задовольняють умову  $t_{ES}(j) - t_{ES}(i) = t_{ij}$

Введено наступні входні логістичні змінні: наповненість контейнера {мала, середня, висока}, наповненість кузова вантажівки {пустий, напівзаповнений, повний}, пріоритет ділянки об'їзду {незначний, терміновий, критичний}. Наведемо декілька з набору існуючих правил:

- ЯКЩО наповненість контейнера *мала* І наповненість кузова *напівзаповнений*, ТО пріоритет *незначний*.
- ЯКЩО наповненість контейнера *середня* І наповненість кузова *повний*, ТО пріоритет *терміновий*.
- ЯКЩО наповненість контейнера *висока* І наповненість кузова *пустий*, ТО пріоритет *критичний*.

У листопаді 2021р дану технологію було представлено на в рамках проекту «SkillsUP» як розробку іноваційного рішення для Куяльницької територіальної громади на тему «Запровадження переробки та зменшення засмічення громади» [15]. На рисунку 1 показано запропоновану карту збору сміття у громаді.

### Висновки

1. У територіальних громадах щорічно генеруються тонни промислових і побутових відходів, які потребують постійного контролю, своєчасного вивезення, правильної утилізації та переробки.
2. В багатьох міста актуальним є питання про незадовільну якість збору і вивезення відходів, вирішити яке можна з використанням датчиків наповненості сміття та оновленням графіків збору відходів у житлово-комунальних підприємствах.
3. Обробка невизначених з наповненості ділянок збору сміття допомагає оптимізувати маршрути вантажівок.
4. Дана інформаційна технологія допомагає скоротити час об'їзду сміттєвих ділянок у територіальній громаді.

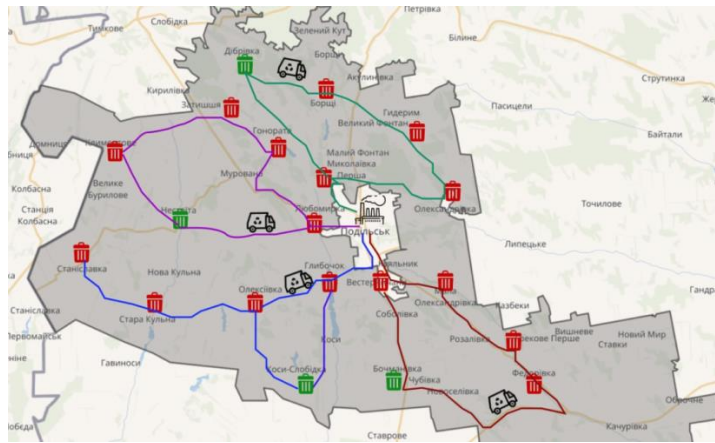


Рисунок 1 – Карта збору сміття у Куяльницькій територіальній громаді

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хазівалієва І.І., Месюра В.І. Інтелектуальна система збору міських відходів. *Л Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ - 2021)*. Вінниця: ВНТУ, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2021/paper/view/11450>
2. Скільки сміття є в Україні. URL: <http://argumentua.com/stati/sk-lki-sm-ttya-v-ukra-n/>
3. Управління вивозом відходів. URL: <https://www.umt.ua/solutions/upravlinnya-vyvozem-vidhodiv/>
4. Корчиста О.В., Месюра В. І. Інтелектуальний модуль планування шляху мобільного робота. *XLVI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ - 2017)*. Вінниця: ВНТУ, 2017. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2017/paper/view/2026/1890>.
5. Корчиста О.В., Месюра В. І. Навігація мобільного робота у динамічному середовищі. *XLVII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ - 2018)*. Вінниця: ВНТУ, 2018. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2018/paper/view/4894/4277>.
6. Месюра В. І., Продан В.О, Арсенюк І.Р. Маршрутизація доставки вантажів на основі мурашкового алгоритму. *Л Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ - 2021)*. Вінниця: ВНТУ, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2021/paper/view/12671/10607>
7. Донець В.В. Аналіз задачі маршрутизації транспортних засобів для перевезення товарів. *Л Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ - 2021)*. Вінниця: ВНТУ, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2021/paper/view/12847/10772>
8. Корчиста О.В., Месюра В.І. Гібридний модуль планування шляху мобільного робота у динамічному середовищі. *ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2018 : зб. праць XI міжнародної наук.-практ. конф. ІОН-2018*. Вінниця : ВНТУ, 2018. С.26-27.
9. Корчиста О., Месюра В. Розробка нечіткої бази знань гібридного модулю планування шляху. *Контроль і управління в складних системах (КУСС-2018) : тези доп. XIV міжнар. конф.* Вінниця: ВНТУ. 2018. С.138.
10. Mesyura V. I., Sharygin O. A. Improvement of fuzzy values ranking indexes for automation of man-caused swift-flowing emergencies liquidation. *Nauka i studia*. 2013. Vol. 85, No 17. P. 11 - 16.
11. Месюра В. І. Шаригін О. А. Модель прийняття рішень для задач ліквідації швидкоплинних надзвичайних ситуацій . *Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) : матеріали 1-ої міжнар. наук.-техн. конф.* Черкаси, 2011. С. 454.

12. Г.В Данциг, Дж. Рамсер. Диспетчерна проблема вантажівок. URL: <https://pubsonline.informs.org/doi/epdf/10.1287/mnsc.6.1.80>
13. А.Н. Шушура, Ю.А. Якімова«Метод нечіткого критичного шляху для управління проектами на основі нечітких інтервальних оцінок» [Електронний ресурс] – Режим доступу:<http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/57191/36-Shushura.pdf?sequence=1>
14. Вахід Махдаві Асл, Сейед Амір Садегі, Сохейл Фаті. Математична модель та метод вирішення для мультидепо та багаторівневої проблемлеми маршрутизації транспортного засобу з нечіткими часовими вікнами. URL: [https://www.researchgate.net/publication/268435368\\_A\\_mathematical\\_Model\\_and\\_Solving\\_Method\\_for\\_Multi-Depot\\_and\\_Multi-level\\_Vehicle\\_Routing\\_Problem\\_with\\_Fuzzy\\_Time\\_Windows](https://www.researchgate.net/publication/268435368_A_mathematical_Model_and_Solving_Method_for_Multi-Depot_and_Multi-level_Vehicle_Routing_Problem_with_Fuzzy_Time_Windows)
15. SkillsUp: 5 кейсів від громад України. URL: <https://casers.org/myCases/skillsup-5-keys-v-v-d-gromad-ukra-ni/info>

**Хазівалієва Ірина Ігорівна**— студентка групи 2КН-21м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: [hazivira@gmail.com](mailto:hazivira@gmail.com)

**Месюра Володимир Іванович** — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Khazivalieva I. Iryna** – student of Intelligent Information Technologies andAutomation Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [hazivira@gmail.com](mailto:hazivira@gmail.com)

**Volodymyr I.Mesyura**– Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Professor of the Computer Science Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.