

## Визначення кількості контейнерів для твердих побутових відходів на основі динамічних демографічних даних

Ю. М. Молодожон, аспірант

ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-1881-9498>; e-mail: [4852185@stud.op.edu.ua](mailto:4852185@stud.op.edu.ua)

Національний університет «Одеська політехніка»

**Анотація.** У статті у межах систем оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ розглянуто проблему визначення кількості контейнерів для твердих побутових відходів в умовах динамічних демографічних змін. Показано, що використання традиційних статичних підходів до планування контейнерного господарства, які ґрунтуються на застарілих або несинхронізованих даних про чисельність населення, призводить до дисбалансу між фактичними обсягами утворення відходів та параметрами їх збирання і вивезення.

Метою дослідження є розроблення та обґрунтування підходу до інтеграції динамічних демографічних даних в організаційно-інформаційний контур керування з метою підвищення точності планування та адаптивності систем збирання і транспортування відходів. Для досягнення поставленої мети у роботі використано системний підхід, метод нормативного моделювання, елементи процесного опису та метод динамічного перерахунку параметрів керування.

Запропоновано динамічну модель інтеграції та оновлення демографічної інформації з офіційних державних і муніципальних цифрових реєстрів, яка забезпечує автоматизований перерахунок кількості контейнерів, графіків вивезення та вхідних параметрів для формування завдань оперативного управління мобільними платформами. Модель розглядається як елемент організаційно-інформаційного контуру управління та належить до класу систем підтримки прийняття рішень.

Показано, що використання актуалізованих демографічних даних дозволяє підвищити точність планування контейнерного забезпечення, виявляти причини відхилень від нормативного рівня заповнення контейнерів, оптимізувати маршрути руху мобільних платформ, зменшити експлуатаційні витрати та забезпечити адаптивність системи в умовах демографічних коливань. Отримані результати можуть бути використані для підвищення якості надання послуг у сфері поводження з побутовими відходами та подальшого розвитку інтелектуальних систем оперативного керування.

**Ключові слова:** мобільні платформи, маршрутизація, цифрові реєстри, оперативне керування, тверді побутові відходи, чисельність населення.

*Цитування статті:* Молодожон Ю. М. (2026). Визначення кількості контейнерів для твердих побутових відходів на основі динамічних демографічних даних. *Електротехнічні та комп'ютерні системи*, 45(121), с.61-70. doi:<https://doi.org/10.15276/eltecs.45.121.2026.6>

### Вступ

Сучасні системи управління твердими побутовими відходами (ТПВ) функціонують в умовах динамічного міського середовища, обмежених ресурсів та підвищених вимог до екологічної ефективності. У цьому контексті особливого значення набуває застосування моделей оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ, які забезпечують збір, транспортування та обробку відходів.

Одним із ключових параметрів, що безпосередньо впливає на ефективність таких систем, є

кількість контейнерів для ТПВ, яка визначає навантаження на мобільні платформи, графіки вивезення та маршрути руху. Водночас у більшості практичних реалізацій цей параметр розраховується статично - на основі нормативів і застарілих даних про чисельність населення.

В статті наведений опис динамічної моделі визначення кількості контейнерів для ТПВ, інтегрованої в систему оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ, що враховує актуальні демографічні дані з офіційних джерел та інші впливові фактори [1-4].

© Молодожон Ю. М., 2026

Ця стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.uk>)

Наукова новизна роботи полягає у запропонованні моделі інтеграції та актуалізації даних про чисельність населення як елемента інформаційного забезпечення оперативного керування мобільними платформами, що дозволяє адаптивно коригувати кількість контейнерів, графіки та маршрути вивезення ТПВ в умовах динамічних демографічних змін.

## 1 Мета дослідження

Метою дослідження є розроблення та обґрунтування підходу до інтеграції динамічних демографічних даних в організаційно-інформаційний контур керування систем оперативного керування і віддаленого контролю мобільних платформ з метою підвищення точності планування, адаптивності та ефективності процесів збирання і вивезення ТПВ, зокрема шляхом визначення обґрунтованої кількості контейнерів.

## 2 Задачі дослідження

Для досягнення поставленої мети у статті вирішуються такі задачі:

1. Проаналізувати існуючі підходи до визначення кількості контейнерів для ТПВ на основі нормативів накопичення та статичних даних про чисельність населення.
2. Обґрунтувати доцільність використання актуалізованих демографічних даних як вхідного параметра задач оперативного керування мобільними платформами.
3. Запропонувати динамічну модель інтеграції та актуалізації демографічної інформації з офіційних державних і муніципальних цифрових реєстрів.
4. Визначити місце запропонованої моделі в контурі оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ як елемента системи підтримки прийняття рішень.
5. Оцінити вплив використання актуалізованих демографічних даних на планування контейнерного забезпечення, коригування маршрутів та адаптивність системи в умовах демографічних змін.

## 3 Теоретичні засади

У межах концепції **моделей і методів оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ**, одним із ключових елементів є формування параметрів керування на основі змін зовнішнього середовища [1,10]. Загальні підходи до побудови систем оперативного керування та віддаленого контролю мобільних

платформ, вимоги до інформаційного забезпечення таких систем детально розглянуті в роботі.

Для комунальної сфери таким ключовим фактором виступає **чисельність населення**, від якої безпосередньо залежить обсяг ТПВ та потреба в контейнерному забезпеченні.

Водночас в сучасних умовах державної політики України, спрямованої на цифровізацію та диджиталізацію управлінських процесів [9, 13], особливого значення набуває оцифрування й електронний облік даних про чисельність населення, місце проживання та реєстрацію громадян, а також формування й узгодження єдиних державних реєстрів. Загальнодержавне прагнення до © інтеграції таких інформаційних ресурсів зумовлює необхідність налагодження міжсистемної взаємодії для надання якісних комунальних послуг з урахуванням усієї наявної інформації, включаючи дані про внутрішньо переміщених осіб, тимчасово відсутніх та сезонних мешканців. За відсутності регулярного оновлення й синхронізації цих даних у практичній діяльності операторів може виникати суттєвий дисбаланс, за якого в одних районах спостерігається надлишок контейнерів з низьким рівнем заповнення, тоді як в інших їх дефіцит і систематичне переповнення.

Так у межах населених пунктів кількість контейнерів для збирання ТПВ традиційно визначається за нормативами накопичення відходів на одну особу, які затверджуються органами місцевого самоврядування. Ці нормативи [11, 12] встановлюють розрахункові обсяги утворення відходів і використовуються для планування контейнерного господарства та графіків вивезення. Проте фактичні дані щодо кількості мешканців у населеному пункті нерідко відрізняються від офіційних через несинхронність джерел інформації: адміністративних реєстрів, даних державної статистики, відомостей ОСББ, баз житлово-комунальних підприємств тощо.

На практиці точність таких розрахунків значною мірою залежить від достовірності даних про чисельність населення. Проте реальні значення часто не відповідають офіційним через несинхронність джерел інформації: адміністративних реєстрів територіальних громад, даних державної статистики, відомостей ОСББ, баз житлово-комунальних підприємств тощо. У результаті виникає дисбаланс між фактичним обсягом накопичення відходів і можливостями системи їх збирання [3].

Для підвищення точності планування запропоновано створення динамічної моделі інтеграції

демографічних даних, яка забезпечуватиме автоматичне оновлення розрахункової кількості контейнерів для ТПВ та графіків їх вивезення залежно від змін чисельності населення [2, 4, 6]. Ключовою особливістю моделі є використання офіційних уповноважених джерел інформації, таких як Державна служба статистики України, реєстри територіальних громад, а також державні цифрові платформи (наприклад, "Дія"). Дані мають оновлюватися з визначеною періодичністю, а система – здійснювати автоматичну верифікацію отриманих відомостей.

В основі моделі передбачено можливість адаптивного реагування на демографічні зміни, що дозволить оптимізувати структуру контейнерного господарства, зменшити транспортні витрати та підвищити рівень екологічної безпеки міського середовища [7, 8]. Такий підхід створює передумови для переходу від статичного планування, яке базується на разових розрахунках, до динамічного управління інфраструктурою збору відходів у режимі реального часу.

Таким чином, теоретичні засади моделі враховують взаємозв'язок між демографічними показниками, нормативами накопичення відходів і параметрами контейнерного забезпечення. Її реалізація відкриває можливість інтеграції з інформаційними системами оперативного керування, що стане основою для побудови сучасних цифрових екосистем у сфері комунальних послуг.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано **створення динамічної моделі інтеграції даних**, яка в автоматизованому режимі оновлює розрахункову кількість контейнерів і графіки вивезення відходів відповідно до актуальної чисельності населення, отриманої з уповноважених джерел. Така модель розглядається як складова системи оперативного керування мобільними платформами (зокрема, сміттєвозами), що виконують функції збирання та транспортування ТПВ.

#### 4 Методологічні підходи

У межах даної роботи використано комплекс взаємопов'язаних моделей та методів, що відповідають концепції оперативного керування мобільними платформами. Методологічною основою дослідження є системний підхід, який дозволяє розглядати процес надання послуг з вивезення твердих побутових відходів як складну динамічну систему з множиною взаємопов'язаних елементів, інформаційних потоків та зворотних зв'язків.

Опис взаємодії суб'єктів, джерел даних та послідовності управлінських дій ґрунтується на процесній моделі, що може бути формалізована

засобами BPMN або UML-діаграм активностей. При цьому модель актуалізації чисельності населення розглядається як окремий інформаційний підпроцес у загальному контурі керування.

З точки зору логістичного забезпечення, запропонований підхід містить елементи динамічних моделей типу Vehicle Routing Problem (VRP), оскільки зміна кількості контейнерів та рівня їх наповнення безпосередньо впливає на структуру маршрутів, частоту обслуговування та навантаження на мобільні платформи.

Крім того, модель може бути віднесена до класу систем підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems), оскільки забезпечує формування аналітичної інформації та рекомендацій для оператора щодо коригування кількості контейнерів, графіків і маршрутів без повної автоматизації управлінських рішень.

Розрахунок необхідної кількості контейнерів для твердих побутових відходів повинен ґрунтуватися на поєднанні демографічних, нормативних та технічних параметрів. У традиційній практиці ці показники визначаються вручну, на основі статистичних даних і встановлених норм. Проте в умовах цифрової трансформації комунального господарства доцільним є формування **автоматизованої розрахункової моделі**, яка динамічно реагує на зміни чисельності населення та обсягів відходів.

Для визначення обсягів накопичення ТПВ на основі затверджених нормативів на одну особу та формування базових розрахункових залежностей використовується **метод нормативного моделювання**.

Основою методології є залежність кількості контейнерів  $K$  від кількох ключових параметрів:

- чисельності населення  $P$ ,
- норми накопичення відходів на одну особу  $N_p$ ,
- місткості одного контейнера  $V_s$ ,
- частоти вивезення (кількості спорощень на добу або тиждень,  $F$ ).

Загальна формула розрахунку має вигляд:

$$K = \frac{P \cdot N_p}{V_s \cdot F}$$

де  $K$  - розрахункова кількість контейнерів, необхідних для обслуговування певної території;

$P$  - чисельність населення, що проживає в межах відповідного району або об'єкта обслуговування;

$N_p$  - норма накопичення ТПВ на одну особу ( $\text{м}^3/\text{добу}$ );

$V_s$  - об'єм контейнера ( $\text{м}^3$ );

$F$  - кількість циклів вивезення за одиницю часу (наприклад, разів на добу).

Залежно від одиниць вимірювання може вводитися коефіцієнт перерахунку  $k_1$ , що забезпечує узгодження між масовими та об'ємними показниками.

У разі наявності оперативного доступу до офіційних демографічних даних ( $P$ ) модель може виконувати автоматичний перерахунок кількості контейнерів з певною періодичністю - наприклад, раз на квартал або після кожного оновлення реєстрових даних. Це дозволяє своєчасно реагувати на демографічні зміни: міграційні потоки, появу нової житлової забудови, зміну кількості зареєстрованих мешканців.

Додатково в модель можуть бути включені коригувальні коефіцієнти:

- $k_2$  - коефіцієнт сезонних коливань (наприклад, у курортних або студентських містах);
- $k_3$  - коефіцієнт щільності забудови (для відображення різниці між приватним сектором і багатоповерховими районами);
- $k_4$  - коефіцієнт похибки у випадку неповних або неточних даних.

Тоді розширена формула набуває вигляду:

$$K = \frac{P \cdot N_p \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4}{V_s \cdot F}$$

Для автоматичного оновлення кількості контейнерів і пов'язаних параметрів у разі зміни чисельності населення або періодичності вивезення застосовується **метод динамічного перерахунку параметрів**.

Розроблена модель передбачає створення **модуля автоматичного оновлення даних**, який взаємодіє з базами демографічної інформації через API-інтерфейси або офіційні відкриті дані. Оновлення відбувається у визначений проміжок часу, після чого система виконує автоматичний перерахунок кількості контейнерів і формує аналітичний звіт для диспетчерського центру або відповідального оператора.

Застосування такої методики дозволяє мінімізувати вплив людського фактору, забезпечити узгодженість показників, а також досягти **адаптивного планування контейнерного господарства** відповідно до реальної демографічної ситуації [3, 5, 6].

Для оцінювання впливу можливих змін чисельності населення (міграція, сезонні коливання, тимчасове переміщення осіб) на параметри контейнерного забезпечення та навантаження на мобільні платформи застосовується **метод сценарного аналізу**.

## 5 Модель оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ

### 5.1 Загальна характеристика моделі

Запропонована модель описує процес оперативного керування мобільними платформами, що виконують завдання у сфері поведінки з ТПВ, з урахуванням динамічних змін умов середовища, обмеженості ресурсів та вимог до екологічної ефективності. Основна мета моделі - забезпечення адаптивного розподілу маршрутів руху мобільних об'єктів (сміттєвозів) і своєчасного збору даних із сенсорних пристроїв, встановлених у контейнерах для відходів.

Модель базується на поєднанні **бізнес-процесного підходу (BPMN)** для опису логіки взаємодії елементів системи, **динамічної моделі маршрутизації (DVRP)** для оптимізації руху мобільних платформ та **агентно-орієнтованої структури** для моделювання поведінки окремих компонентів системи (контейнерів, транспортних засобів, диспетчерського центру).

### 5.2 Структура моделі

Модель складається з таких основних підсистем:

- Підсистема збору даних - сенсори рівня заповнення контейнерів, GPS-модулі та RFID-зчитувачі, розташовані на транспортних засобах.
- Підсистема передачі даних - використання каналів мобільного зв'язку для передавання телеметрії у диспетчерський центр у режимі реального часу.
- Підсистема обробки даних - сервер аналітики, який виконує агрегацію даних, розрахунок станів заповнення контейнерів, формування пріоритетів обслуговування.
- Підсистема прийняття рішень - алгоритми оптимізації маршрутів на основі DVRP-моделі з урахуванням поточних станів контейнерів, відстаней, часу доби та транспортної ситуації.
- Інтерфейс управління - візуалізація стану системи для диспетчерів та операторів.

### 5.3 Формалізація моделі

Процес оперативного керування можна представити як задачу динамічної маршрутизації транспортних засобів:

$$\min \sum_{i=1}^n C_i(R_i, t)$$

де  $C_i$  - витрати на виконання маршруту  $R_i$  у момент часу  $t$ ;

$R_i$  - множина точок обслуговування (контей-

нерів), що входять до маршруту  $i$ -го транспортного засобу;

$t$  - момент часу, коли здійснюється оптимізація. Додатково враховується обмеження:

$$V_i(t) \leq V_{max}, \quad S_i(t) \leq S_{limit},$$

де  $V_i(t)$  - поточний обсяг зібраних відходів,  
 $S_i(t)$  - запас пального/наповненість бункеру або ресурс часу.

#### 5.4 Взаємодія агентів

У моделі виділяються три типи агентів: **Контейнер-агент** - генерує сигнали про стан заповнення.

- **Мобільна платформа-агент** - приймає завдання, рухається по маршруту, передає дані про місцезнаходження.

- **Диспетчер-агент** - координує взаємодію, виконує оптимізацію та реагує на зміни середовища.

Агентно-орієнтована структура дозволяє врахувати непередбачувані події (зміна трафіку, несправність, нові запити), забезпечуючи адаптивність системи.

#### 5.5 Візуалізація процесів

Для формалізації взаємодії між підсистемами та підтримки процесів прийняття управлінських рішень у системах оперативного керування мобільними платформами доцільно використовувати поєднання процесних і функціональних моделей.

Зокрема, застосовуються:

- UML-діаграми активностей - для відображення логіки обробки та трансформації демографічних, нормативних і телеметричних даних у межах окремих функціональних модулів;

- BPMN-модель бізнес-процесу - для представлення узагальненого циклу функціонування системи «збір даних → аналіз → формування управлінських альтернатив → прийняття рішення → виконання → контроль результатів».

У межах запропонованого підходу зазначені процесні моделі доповнюються елементами системи підтримки прийняття рішень (Decision Support System, DSS), яка забезпечує інтеграцію даних з різномірних джерел, виконання аналітичних розрахунків та формування рекомендацій для оператора. DSS не здійснює автоматичного керування мобільними платформами, а виконує функцію інтелектуальної підтримки, надаючи обґрунтовані варіанти коригування параметрів контейнерного забезпечення, графіків вивезення та маршрутів обслуговування.

Таким чином, візуалізація процесів охоплює не лише послідовність дій, а й функціональну структуру DSS, взаємодію її аналітичних, інформаційних та інтерфейсних компонентів з оператором і системою оперативного керування. Узагальнену логіку функціонування системи підтримки прийняття рішень у контурі оперативного керування мобільними платформами наведено на рис. 1.

На функціональній схемі системи підтримки прийняття рішень зображено логіку аналітичної обробки демографічних та експлуатаційних даних у процесі формування управлінських рішень щодо контейнерного забезпечення та режимів роботи мобільних платформ.



Рис. 1 - Функціональна схема системи підтримки прийняття рішень (DSS)

Схема відображає послідовність функціональних етапів, починаючи з надходження актуалізованих демографічних даних з уповноважених державних і муніципальних реєстрів, їх верифікації та узгодження, після чого здійснюється аналітична обробка відповідно до чинних нормативів накопичення відходів.

У межах аналітичного модуля виконується розрахунок необхідної кількості контейнерів, оцінювання відхилень між розрахунковими та фактичними параметрами експлуатації, а також формування рекомендацій щодо коригування кількості контейнерів, графіків вивезення та навантаження на мобільні платформи.

Окремо на схемі виділено роль оператора (диспетчера), який здійснює розгляд сформованих рекомендацій та приймає остаточне управлінське рішення. Прийняті рішення передаються до системи оперативного керування мобільними платформами для їх практичної реалізації.

Таким чином, схема відображає функціональну структуру DSS як інструмента підтримки прийняття рішень у контурі оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ без деталізації конкретних алгоритмів оптимізації.

### 5.6 Практичне значення моделі

Реалізація такої моделі дозволяє:

- зменшити витрати часу та пального завдяки оптимізації маршрутів;
- забезпечити прозорість контролю процесів збору ТПВ;
- створити базу для впровадження інтелектуальних сервісів і прогнозування навантаження;
- підвищити екологічну результативність міських систем управління відходами.

### 6 Інтеграція моделі в систему оперативного керування мобільними платформами

Динамічна розрахункова модель визначення кількості контейнерів використовується для формалізованого опису залежності між чисельністю населення, нормативами накопичення відходів і параметрами контейнерного господарства. Модель має часову залежність та дозволяє автоматично оновлювати результати розрахунків у разі зміни вхідних параметрів.

Запропонована модель не є ізольованою, а інтегрується в загальну систему оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ (сміттєвозів).

Запропонована модель розглядається не як самостійний інструмент планування, а як джере-

ло актуалізованих вхідних параметрів для моделей оперативного керування мобільними платформами, що визначають режими роботи, маршрути та навантаження транспортних засобів.

Зміна кількості контейнерів безпосередньо впливає на:

- графіки виїздів транспортних засобів;
- кількість контейнерів на маршрутах;
- періодичність вивозу;
- маршрути руху;
- навантаження на кожну мобільну платформу;
- витрати часу та пального.

На рис. 2 представлено узагальнену структурну схему визначення та періодичної актуалізації кількості контейнерів для твердих побутових відходів як елемента організаційного контуру оперативного керування мобільними платформами. Процес ініціюється отриманням демографічних даних з державних і муніципальних цифрових реєстрів, після чого здійснюється їх верифікація та агрегування з метою усунення неузгодженостей між різними джерелами інформації [14, 15].

На основі актуалізованих даних виконується розрахунок необхідної кількості контейнерів відповідно до чинних нормативів накопичення відходів, а також аналіз відхилень фактичного рівня заповнення контейнерів від нормативних значень. За результатами аналізу формується управлінське рішення щодо коригування параметрів обслуговування, зокрема графіків вивезення та маршрутів руху мобільних платформ.

Подальше виконання рішень супроводжується віддаленим контролем із використанням даних GPS-моніторингу та телеметрії, а також інформації від сенсорів заповнення контейнерів. Отримані зворотні дані використовуються для оцінки ефективності прийнятих рішень, накопичення статистики та подальшої актуалізації параметрів моделі, що забезпечує адаптивність системи оперативного керування в умовах змінної чисельності населення та нерівномірного утворення відходів.

Модель інтеграції даних з уповноважених джерел надає можливість взаємодії між демографічними реєстрами, інформаційними системами оператора та диспетчерським центром у межах єдиного інформаційного контуру управління.

Зміна параметрів контейнерного забезпечення формує нові вхідні умови для задач маршрутизації мобільних платформ, у тому числі їх динамічних варіантів, що розглядаються в межах систем оперативного керування.



Рис. 2 - Структурна схема інтеграції демографічних даних у систему оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ.

Система віддаленого контролю, що використовує GPS-моніторинг і телеметричні дані, забезпечує зворотний зв'язок між фактичним станом контейнерів і результатами розрахунків моделі [1, 3, 6]. Таким чином реалізується **адаптивний контур керування**, характерний для сучасних моделей оперативного управління.

Запропонована модель розглядається не як самостійний інструмент планування, а як джерело актуалізованих вхідних параметрів для моделей оперативного керування мобільними платформами, що визначають режими роботи, маршрути та навантаження транспортних засобів.

Запропонований підхід може використовуватися як інструмент контролю відповідності фактичних умов нормативним показникам надання послуги.

## 7 Формалізація процесу управління

Організаційно-функціональна модель оперативного керування мобільними платформами застосовується для опису процесів прийняття рішень щодо коригування кількості контейнерів, графіків вивезення та навантаження на мобільні платформи на основі актуальних даних про чисельність населення.

Оперативність запропонованого підходу полягає не лише у зміні кількості контейнерів як фізичних об'єктів, а й у можливості швидкого коригування режимів обслуговування без втручання в інфраструктуру.

Модель відображає взаємозв'язок між демографічними показниками, контейнерною інфраструктурою та транспортними ресурсами без деталізації конкретних алгоритмів оптимізації.

Процес функціонування моделі може бути представлений у вигляді BPMN- або UML-діаграми активностей і включає такі етапи:

1. Отримання актуальних демографічних даних.
2. Верифікація та агрегування інформації.
3. Розрахунок кількості контейнерів.
4. Аналіз відхилень від поточних параметрів.
5. Формування управлінських рішень щодо графіків і маршрутів мобільних платформ.
6. Контроль виконання та накопичення статистики.

У контексті дисертаційного дослідження модель відноситься до **організаційних моделей оперативного керування**, що описують процеси прийняття рішень без деталізації конкретних алгоритмів оптимізації.

## Висновки

Використання актуалізованої та інтегрованої інформації про чисельність і структуру населення, у тому числі з урахуванням тимчасово переміщених осіб та тимчасово відсутніх громадян, дає змогу пояснити причини відхилень від нормативного рівня заповнення контейнерів у окремих локаціях. Зокрема, відсутність або надлишок фактичного навантаження на контейнери не завжди свідчить про помилки в організації вивезення відходів, а може бути наслідком використання застарілих або неповних демографічних даних. Застосування такої інформації в межах запропонованої моделі дозволяє не лише отримати більш глибоке розуміння процесів надання послуги з управління побутовими відходами в цілому, але й забезпечує можливість оперативного коригу-

вання маршрутів збирання, оптимізації графіків обслуговування контейнерних майданчиків та прогнозування подальших коливань обсягів накопичення відходів. У свою чергу, це створює підґрунтя для підвищення якості послуги та використання моделі як інструменту контролю відповідності фактичних показників нормативним вимогам і прийнятим управлінським рішенням.

У статті запропоновано модель визначення кількості контейнерів для ТПВ на основі динамічних демографічних даних, враховуючи коефіцієнт сезонності, інтегровану в систему оперативного керування та віддаленого контролю мобільних платформ.

Показано, що використання актуальних даних про чисельність населення дозволяє підвищити точність планування контейнерного господарства, оптимізувати роботу мобільних платформ та зменшити експлуатаційні витрати.

Запропонований підхід створює методологічну основу для подальших досліджень у напрямі інтеграції прогнозних моделей, сенсорних систем та інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень у комунальній сфері для забезпечення надання якісної послуги населенню, враховуючи державну політику України, спрямовану на цифровізацію та оцифрування управлінських процесів.

Наукова новизна роботи полягає у формалізації динамічної моделі визначення кількості контейнерів для ТПВ як елемента організаційного контуру оперативного керування мобільними платформами, що базується на інтеграції та періодичній актуалізації демографічних даних з державних і муніципальних цифрових реєстрів та забезпечує адаптацію параметрів системи без зміни її фізичної структури.

### Конфлікт інтересів

Автор цієї статті заявляє про відсутність конфлікту інтересів щодо цього дослідження, включаючи фінансові, особисті, авторські чи будь-які інші, які могли б вплинути на дослідження, а також на результати, представлені в цій статті.

### Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

### Наявність даних

Усі дані доступні в числовій або графічній формі в основному тексті дослідження.

### Використання штучного інтелекту

Автор підтверджує, що він використовував технології штучного інтелекту для пошуку та огляду загальнодоступної інформації. Під час підготовки статті використовувалися цифрові інструменти для мовностилістичного редагування та структуризації тексту. Науковий зміст, модель, методологія та висновки є результатом авторського дослідження.

### Внесок автора

Автором самостійно сформульовано наукову ідею дослідження, розроблено концепцію та структуру статті, визначено та застосовано методи дослідження, виконано формалізацію моделі інтеграції динамічних демографічних даних у систему оперативного керування мобільними платформами та сформульовано висновки.

### References

1. Molodozhon, Y., Sytnikov, V. and Vodichev, V. (2025). Models and Methods of Operational Control and Remote Monitoring of Mobile Platforms. *Electrical and Computer Systems*, 44(120), pp.29–41. doi:<https://doi.org/10.15276/eltecs.44.120.2025.4>.
2. Ferrer, J. and Alba, E. (2019). BIN-CT: Urban waste collection based on predicting the container fill level. *Biosystems*, 186(10), p.103962. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2019.04.006>.
3. Ghahramani, M., Zhou, M., Molter, A. and Pilla, F. (2022). IoT-based Route Recommendation for an Intelligent Waste Management System. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(14), pp. 11883 - 11892. doi:<https://doi.org/10.1109/jiot.2021.3132126>.
4. Nesmachnow, S., Rossit, D. and Moreno-Bernal, P. (2025). A Literature Review of Recent Advances on Innovative Computational Tools for Waste Management in Smart Cities. *Urban Science*, 9(1), 16. doi:<https://doi.org/10.3390/urbansci9010016>.
5. Likotiko, E.D., Nyambo, D. and Mwangoka, J. (2017). Multi-Agent Based IoT Smart Waste Monitoring and Collection Architecture. *International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology*, 7(5), pp.01-14. doi:<https://doi.org/10.5121/ijcseit.2017.7501>.

6. Maciel, R. R., de Souza, A. D., Almeida, R. M. A. and Leite, J. P. R. R. (2025). The impact of IoT-enabled routing optimization on waste collection distance: A systematic review. *Logistics*, 9(4), 161. doi:<https://doi.org/10.3390/logistics9040161>
7. Ferronato, N. and Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, [online] 16(6), p.1060. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>.
8. Batty, M. (2018). *Inventing future cities*. Cambridge, Massachusetts: The Mit Press. ISBN 9780262038959.
9. European Commission. (2020). *A European strategy for data. A European strategy for data*. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0066> [Accessed 27 Mar. 2026].
10. Kitchenham (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. [online] Available at: [https://www.elsevier.com/\\_data/promis\\_misc/525444systematicreviewsguide.pdf](https://www.elsevier.com/_data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf) [Accessed 27 Mar. 2026].
11. Kitsoft (2024). *Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine (Міністерство розвитку громад та територій України)*. [online] Mindev.gov.ua. Available at: <https://mindev.gov.ua/diialnist/napriamy/sfera-komunalnykh-posluh/upravlinnia-pobutovymy-vidkhodamy> [Accessed 27 Mar. 2026].
12. Stat.gov.ua. (2024). *Search results | State Statistics Service of Ukraine: Demographic statistics and population registers. (Результати пошуку | Державна служба статистики України: Демографічна статистика та реєстри населення)*. [online] Available at: <https://stat.gov.ua/uk/search?query=%D0%94%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0+%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0+%D1%82%D0%B0+%D1%80%D0%B5%D1%94%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B8+%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%282024%29> [Accessed 27 Mar. 2026].
13. OECD (2019). *The Path to Becoming a Data-Driven Public Sector. OECD Digital Government Studies*. OECD. doi:<https://doi.org/10.1787/059814a7-en>.
14. Hyman, M., Turner, B. and Carpintero, A. (2015). *Guidelines for National Waste Management Strategies*. [online] UN. Available at: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8669>. [Accessed 27 Mar. 2026].
15. Iso.org. (2024). *ISO 37120:2018. Sustainable cities and communities - Indicators for city services and quality of life*. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:37120:ed-2:v1:en>. [Accessed 27 Mar. 2026].
16. Wikipedia Contributors (2019). *Smart city*. [online] Wikipedia. Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Smart\\_city](https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_city). [Accessed 27 Mar. 2026].
17. Wikipedia (2024). *Internet of things*. [online] Wikipedia. Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_Things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things). [Accessed 27 Mar. 2026].

Отримано (Received) 23.12.2025

Отримано після доопрацювання (Received after revision) 26.02.2026

Прийнято (Accepted) 27.03.2026

Опубліковано (Published) 23.04.2026

## Determining the Number of Solid Waste Containers Based on Dynamic Demographic Data

Yurii Molodozhon, postgraduate student

ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-1881-9498>; e-mail: [4852185@stud.op.edu.ua](mailto:4852185@stud.op.edu.ua)  
Odesa Polytechnic National University

**Abstract.** The article, within the framework of operational management systems and remote control of mobile platforms, considers the problem of determining the number of containers for solid household waste in conditions of dynamic demographic changes. It is shown that the use of traditional static approaches to planning a container economy, which are based on outdated or unsynchronized data on the population, leads to an imbalance between the actual volumes of waste generation and the parameters of their collection and removal.

The purpose of the study is to develop and substantiate an approach to integrating dynamic demographic data into the organizational and information management circuit in order to increase the accuracy of planning and adaptability of waste collection and transportation systems. To achieve this goal, the work uses a systems approach, a normative modeling method, elements of process description, and a method of dynamic recalculation of control parameters.

A dynamic model of integration and updating of demographic information from official state and municipal digital registers is proposed, which provides automated recalculation of the number of containers, removal schedules and input parameters for the formation of tasks for the operational management of mobile platforms. The model is considered as an element of the organizational and informational control circuit and belongs to the class of decision support systems.

It is shown that the use of updated demographic data allows to increase the accuracy of container supply planning, to identify the causes of deviations from the normative level of container filling, to optimize the routes of mobile platforms, to reduce operating costs and to ensure the adaptability of the system in conditions of demographic fluctuations. The results obtained can be used to improve the quality of service provision in the field of household waste management and the further development of intelligent operational management systems.

**Keywords:** mobile platforms, routing, digital registers, operational management, solid household waste, population.

Article citation: Molodozhon Yu. M., (2026). Determining the number of solid waste containers based on dynamic demographic data. *Electrotechnic and Computer Systems*, 45(121), pp.61-70. doi:<https://doi.org/10.15276/eltecs.45.121.2026.6>

Про автора (About the author)



**Молодожон Юрій Михайлович**, аспірант кафедри комп'ютерних систем, Національний університет «Одеська політехніка»; просп. Шевченка, 1, м. Одеса, 65044, Україна.  
E-mail: [4852185@stud.op.edu.ua](mailto:4852185@stud.op.edu.ua); 0674852185

**Yurii Molodozhon**, postgraduate student of the Department of Computer Systems, Odesa Polytechnic National University; 1, Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine.  
E-mail: [4852185@stud.op.edu.ua](mailto:4852185@stud.op.edu.ua); 0674852185

**ORCID:** <http://orcid.org/0009-0002-1881-9498>