

ВИЗНАЧЕННЯ ТИПОВИХ ПОЗДОВЖНІХ ПРОФІЛІВ ШЛЯХУ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ МІСЬКОГО РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ

В. М. Ляшенко, С. І. Яцько

Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

Галузь залізничного транспорту стикається із зростаючим тиском щодо зниження енергоспоживання та мінімізації впливу на навколишнє середовище. У міських системах рейкового транспорту різноманітність елементів поздовжнього профілю перегонів суттєво впливає на споживання енергії рухомим складом.

При моделюванні руху поїздів для з метою дослідження енергоспоживання рухомим складом, особливо з метою вибору його характеристик, важливою є відповідність результатів до реальних умов експлуатації. Реальним профілям перегонів притаманна стохастичність і варіативність; до того ж, інформація щодо них може бути недостатньо достовірною або зовсім відсутньою. Це створює потребу в стандартизованих, «типових» профілях для задач моделювання, які б відображали узагальнені умови експлуатації рухомого складу. Для вирішення цієї задачі пропонується використання кластерного аналізу.

Для виконання кластерного аналізу у рамках даного дослідження були зібрані дані щодо профілів реальних перегонів метрополітенів з відповідними довжинами характерних ділянок та їх приведеними ухилами. При виконанні кластерного аналізу кожний перегон у базі даних характеризувався наступними показниками:

- максимальним значенням ухилу i_{max} , %;
- стандартним відхиленням розподілу значень ухилу для всього перегону σ_i , %;
- середнім значенням ухилу для всього перегону $i_{сер}$, %;
- середньою довжиною сегменту профілю $L_{сер}$, м;
- повною довжиною перегону L , м.

Існує кілька алгоритмів кластерного аналізу. Сюди відносяться кластеризація за методом k -середніх, ієрархічна агломеративна кластеризація, просторова кластеризація на основі щільності з шумом (DBSCAN) та ін. [1].

Для цього дослідження був обраний метод k -середніх. Основними його перевагами є обчислювальна ефективність та простота у реалізації. До того ж, потреба попереднього визначення кількості кластерів для розбивки є корисною, так як дозволяє варіювати комплексність результату.

Метою кластерного аналізу є розбиття набору даних X на k незв'язних кластерів таким чином, щоб мінімізувати наступну цільову функцію:

$$J = \sum_k \sum_{x_i \in C_k} dist(x_i, \mu_k)^2, \quad (1)$$

де: J – цільова функція, яку зазвичай називають «загальною сумою квадратів всередині кластера»; C_k – k -й кластер; x_i – i -й об'єкт з набору даних; μ_k – центроїда k -го кластеру; $dist$ – функція відстані, для якої найчастіше використовуються евклідівська та манхеттенська функції.

Результатом виконання алгоритму є отримання вихідних даних для побудови трьох умовних профілів, що відображають собою типові умови перегонів на метрополітенах:

- I тип профілю – «легкий» - перегон загальною довжиною 1000 м, з найбільшим ухилом 10%;
- II тип профілю – «середній» - перегон загальною довжиною 1300 м, з найбільшим ухилом 30%;
- III тип профілю – «важкий» - перегон загальною довжиною 1700 м, з найбільшим ухилом 40%.

Побудова умовного профілю на основі результатів кластерного аналізу виконувалася за допомогою методу Монте-Карло шляхом випадкової генерації ділянок профілю та їх подальшого припасовування. При цьому параметри згенерованого профілю (максимальний ухил, середня довжина ділянки і т.д.) відповідають параметрам відповідного кластеру.

Список літератури

- [1] Brian S. Everitt, Sabine Landau, Morven Leese, Daniel Stahl. Cluster Analysis. 5th Edition. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. 330 с.
- [2] Ignacio Villalba Sanchis. An Energy-efficient Metro Speed Profiles for Energy Savings: Application to the Valencia Metro. / Ignacio Villalba Sanchis, Pablo Salvador Zuriaga. // Transportation Research Procedia. – 2016. – Т. 18. – С. 226-233. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.12.031
- [3] Ляшенко В. М. Дослідження витрат електроенергії за повторно-короткочасного режиму роботи електрорухомого складу на ділянках різного профілю. / Ляшенко В. М., Устенко О. В., Яцько С. І. // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2025. – №211. – с. 181-195. – DOI: 10.18664/1994-7852.211.2025.327149.