

УДК 656:519.8

Кузькін О.Ф.¹, Райда І.М.², Харитонов О.В.³

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Т-312_2 НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРАХУНОК ІМОВІРНОСТІ КОНТАКТІВ ПАСАЖИРІВ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Міський громадський транспорт (МГТ) є основою забезпечення сталого розвитку сучасних міст і мобільності їх мешканців. Завдяки широкому діапазону пасажиромісткостей транспортних засобів (ТЗ), що можуть бути використані на маршрутах, можливостям організації

комбінованих режимів руху та руху виділеними смугами на вулично-дорожніх мережах міст, розташування зупиночних пунктів у осередках зародження та погашення пасажиропотоків, МГТ здатний забезпечити задоволення змінного у часі попиту на масові пасажирські перевезення з мінімальними витратами часу пасажирів на пересування в умовах достатньої щільності населення обслуговуваних територій (3750 чол./км² та більше). Втім, зважаючи на масовість користування МГТ мешканцями, він є і одним з основних чинників, що сприяють поширенню інфекційних захворювань [1].

Внаслідок здійснення поїздок пасажиром у замкненому просторі ТЗ, МГТ створюються умови швидкого поширення інфекції внаслідок контактів пасажирів між собою та спільного використання ними контактних поверхонь (поручнів, сидінь, перил, полиць, ручок тощо). При цьому ризик захворювання окремого здорового пасажирів, серед іншого, потенційно збільшується зі збільшенням кількості його контактів з іншими пасажиром під час поїздки. Таким чином, при прийнятті рішення про режими роботи МГТ під час поширення інфекційних захворювань (пандемій) необхідно оцінювати ступінь впливу можливих організаційно-технічних заходів на потенційний ризик захворювання пасажирів під час поїздки. Цей ризик, у свою чергу, залежить від потенційної кількості контактів пасажирів між собою у салоні ТЗ.

Зрозуміло, що будь-який пасажир, що зайшов у складі групи пасажирів у транспортний засіб на зупинці, контактує під час поїздки з кожним пасажиром цієї групи. Крім того, такий пасажир контактує і з усіма іншими пасажиром, що протягом його поїздки входять до ТЗ виключно до зупинки, на якій цей пасажир залишає ТЗ. Визначимо імовірність P_{ij} того, що випадковий пасажир, який увійшов до ТЗ на зупинці i , контактуватиме під час поїздки з випадковим пасажиром, що увійшов до ТЗ на зупинці j . Для цього використаємо міжзупинкову матрицю пасажирських кореспонденцій (ММПК), яка може бути отримана на маршрутах табличним або талонним методом обстеження пасажирських потоків [2].

ММПК представляє собою квадратну матрицю розміром $n \times n$ ($i, j = \overline{0, n}$), елементами якої є невід'ємні значення x_{ij} ($i \leq j$), що відповідають кількості пасажирів, що проїхали на маршруті від зупинки i до зупинки j з усіх пасажирів, що увійшли до ТЗ на зупинці i . Підсумки значень елементів ММПК по рядках a_i дорівнюють сумарній кількості пасажирів, що увійшли до ТЗ на зупинці i , а підсумки значень елементів ММПК по стовпчиках b_j – сумарній кількості пасажирів, що вийшли з ТЗ

на зупинці j , тобто $\sum_{i=0}^n a_{ij} = \sum_{j=1}^n b_j$ ($i, j = \overline{0, n}$); $\sum_{j=i}^n x_{ij} = a_i$ ($i = \overline{0, n}$, $i \leq j$); $\sum_{i=0}^j x_{ij} = b_j$ ($j = \overline{0, n}$, $i \leq j$).

Позначимо як p_{ij} імовірність того, що пасажир, який увійшов до ТЗ на зупинці i , залишить ТЗ на зупинці j . Тоді ця імовірність може бути розрахована як $p_{ij} = \frac{x_{ij}}{a_i}$ ($i = \overline{0, n}$, $i \leq j$). Очевидно, імовірність того, що випадковий пасажир А, який увійшов до ТЗ на зупинці i буде мати контакт з випадковим пасажиром Б, який увійшов до ТЗ на зупинці j (що означає, що вони проїдуть у салоні ТЗ спільно бодай один перегін маршруту) P_{ij} дорівнює імовірності події, за якої пасажир А вийде на будь-якій зупинці, що розташована на маршруті *після* зупинки j . Оскільки події виходу одного й того ж пасажирів на декількох зупинках одночасно є несумісними, відповідна імовірність такої події дорівнює

$$P_{ij} = \sum_{j=i+1}^n p_{ij} = \sum_{j=i+1}^n \frac{x_{ij}}{a_i} = \sum_{j=i+1}^n \frac{x_{ij}}{\sum_{j=i}^n x_{ij}}, \quad i, j = \overline{0, n}. \quad (1)$$

Таким чином, якщо відомі елементи ММПК та статистичні характеристики розподілу кількості пасажирів, що входять до ТЗ на кожній зупинці маршруту, з використанням формули (1) можна виконувати статистичне моделювання кількості контактів під час поїздки як окремих пасажирів, що входять до ТЗ на кожній зупинці маршруту, так і кількість контактів пасажирів протягом рейсу для маршруту в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kumar, P., Khani, A., Lind, E., & Levin, J. (2021). Estimation and mitigation of epidemic risk on a public transit route using automatic passenger count data. *Transportation Research Record*, 2675(5), 94-106.
2. Cui, A. (2006). Bus passenger origin-destination matrix estimation using automated data collection systems (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).