

УДК 656.13.072

А.А.Кашканов, Г.Г.Кашканова, І.Є.Стенжицька
Вінницький національний технічний університет**ОЦІНКА ЯКОСТІ АВТОТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ НЕЧІТКО ВИЗНАЧЕНИХ ОЧІКУВАНЬ СПОЖИВАЧІВ**

Проаналізовано підходи щодо визначення якості перевезень пасажирів. Запропоновано методичку оцінки якості автотранспортного обслуговування пасажирських перевезень в умовах нечітко визначених очікувань споживачів на базі математичного апарату теорії нечітких множин.

Ключові слова: автотранспортне обслуговування, пасажирські перевезення, оцінка якості, теорія нечітких множин.

Вступ

Основною задачею роботи пасажирського транспорту є повне, своєчасне і якісне задоволення потреб населення в перевезеннях. Значне накопичення транспортних засобів на території міста викликає відомі усім наслідки процесу автомобілізації: зниження швидкості руху, збільшення затрат часу на пересування, різке зростання кількості дорожньо-транспортних пригод, порушення екологічного балансу. Це призводить до створення некомфортних умов існування для жителів міста та викликає необхідність більш уважного відношення спеціалістів до транспортних питань. Таким чином, існує необхідність розвитку питань теорії міських пасажирських перевезень та створення таких систем організації руху, які б забезпечували максимальну якість пасажирських перевезень при мінімальних витратах транспортного часу населення та мінімальній собівартості в умовах подальшого розвитку автомобілізації.

Аналіз публікацій

Перспективи стійкого розвитку міст в Європі пов'язують із стимулюванням транспорту загального користування [1-3]. Соціально значимий характер роботи суспільного автомобільного пасажирського транспорту повинен виражатися в гарантованості високої якості перевезень та рівноцінності умов обслуговування різних категорій пасажирів [1, 2]. Активізація перевезень міським пасажирським транспортом полягає у переключенні частини пасажиропотоків з індивідуального на транспорт загального користування і у створенні більш збалансованої транспортної системи, що знижує екологічне навантаження на міське середовище, підвищує швидкість і безпеку поїздок [3]. Підвищення якості автобусного сполучення та загальне удосконалення пасажирських перевезень у різних містах в умовах ринкової економіки є актуальною задачею. Вона потребує нових наукових досліджень та обґрунтованого комплексу заходів для поліпшення всього технічного процесу перевезень [1-3].

Метою даної роботи є формування системи оцінки якості автотранспортного обслуговування пасажирських перевезень в умовах нечітко визначених очікувань споживачів.

Аналіз передумов формування системи оцінки якості перевезень пасажирів

Основною задачею роботи пасажирського транспорту є повне, своєчасне і якісне задоволення потреб населення в перевезеннях шляхом використання необхідного технологічного, економічного, інформаційного, правового і ресурсного забезпечення (рис. 1).



Рис. 1. Методи підвищення якості перевезень

Аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду дозволяє припустити, що найбільш значимими компонентами оцінки якості послуг є:

- середовище (чистота салону транспортного засобу, обладнання його аудіо- і відеотехнікою при міжміських перевезеннях, зовнішній вигляд транспортних засобів та обслуговуючого персоналу і т. д.);
- надійність (відсутність зривів і запізнь рейсів, виконання "точно в строк");
- відповідальність (гарантії виконання послуг, бажання персоналу допомогти споживачу);
- закінченість (наявність необхідних навичок, конкретних знань і компетентність персоналу);
- доступність (легкість встановлення контактів, зручність за часом використання);
- комфортність (обстановка і умови, в яких здійснюється поїздка з точки зору зручності);
- безпека (відсутність ризику та недовіри з боку пасажирів);
- ввічливість (люб'язність, коректність персоналу);
- комунікабельність (здатність персоналу спілкуватися з пасажирями в доступному і зрозумілому їм стилі);
- взаєморозуміння (знання та вивчення інтересів пасажирів, врахування їх вимог при формуванні роботи транспорту).

Обґрунтування вибору математичного апарату

Для формування доцільної системи сервісного обслуговування пасажирів на транспорті необхідно, по-перше, вимірювати і оцінювати параметри якості пасажирського сервісу, а по-друге, звести до мінімуму, а краще ліквідувати невідповідність між очікуваним і фактичним рівнем якості. Складність полягає в тому, що багато параметрів якості послуг транспорту і пасажирського сервісу неможна виміряти кількісно і для них частіше всього приходиться використовувати лінгвістичні вирази типу "краще-гірше", "вище-нижче", "доступніше-недоступніше" і т. д.

Максимальне врахування факторів пасажирського сервісу дозволяє формувати раціональну систему керування транспортом з орієнтацією на умови "ринку продавця і покупця".

Аналіз задач оцінки якості пасажирських перевезень автомобільним транспортом [1-3] показує, що кожна з задач може розглядатися як пошук відображення:

$$X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*) \rightarrow Y_j \in Y = (\underline{y}, \bar{y}), \quad (1)$$

де X^* – множина факторів впливу для конкретної задачі; Y – множина рішень про значення конкретної вихідної величини.

Основні труднощі розв'язування такого роду задач обумовлені наступними причинами:

1. Для прийняття об'єктивного рішення про якість послуг необхідно враховувати дуже велике число факторів впливу. Крім того, в більшості випадків одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв'язків.

2. Відсутні аналітичні залежності між факторами впливу (причинами) і відповідним наслідком або існують великі труднощі при застосуванні відомих, оскільки ці фактори різноманітні за характером: вони можуть бути кількісними і якісними. Та й навіть інформація про кількісні величини часто буває подана в лінгвістичній формі.

Судячи зі спеціальних публікацій [1-3], які є теоретичною основою для оцінювання якості пасажирських перевезень, найбільше розповсюдження отримали: ймовірно-статистичний підхід, регресійний аналіз, метод фазового інтервалу і логічний висновок.

А) Ймовірно-статистичний підхід

Він переважно використовується для оцінки достовірності кількісних показників, значення яких можуть приймати неперервний ряд значень, і найчастіше полягає в розрахунку інтервалу надійності (похибки) при заданій надійній ймовірності.

Нехай за даними вибірки x_1, x_2, \dots, x_n розрахована середня величина:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}. \quad (2)$$

Очевидно, що \bar{x} не обов'язково співпадає з істинним значенням оцінюваного параметра x і в загальному випадку існує відмінна від нуля різниця величин \bar{x} та x : $0 \leq |\bar{x} - x| < \delta$.

Додатне значення δ задає похибку і характеризує достовірність параметра, що вимірюється. Як правило, справедливості нерівності $|\bar{x} - x| < \delta$ стверджується тільки з деякою ймовірністю γ , яка називається "надійною ймовірністю". Звичайно надійну ймовірність задають рівною 0.95, 0.99 або 0.999 і при відомому її значенні обчислюють похибку δ .

Для нормального закону розподілу x_1, x_2, \dots, x_n похибка параметра δ обчислюється за формулою:

$$\delta = t_\gamma (S\sqrt{n}), \quad (3)$$

де n – об'єм вибірки (число вимірювань значення x); $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ – виправлене "середнє квадратичне відхилення"; t_γ – коефіцієнт Стюдента, який знаходять за таблицями.

Інтервал $(\bar{x} - \delta, \bar{x} + \delta)$, який покриває невідоме значення параметра x з ймовірністю γ , називається "надійним інтервалом". Скоротити надійний інтервал можна або збільшуючи число вимірювань n , або зменшуючи надійну ймовірність.

Різним модифікаціям ймовірнісно-статистичного підходу властиві наступні обмеження:

1. Статистична інформація, необхідна для застосування ймовірнісно-статистичних методів, як правило, відсутня. Її збір, обробка і зберігання пов'язані зі значними організаційними та обчислювальними труднощами.

2. Статистичні методи не дозволяють категорично стверджувати, що нерівність $|\bar{x} - x| < \delta$ буде виконуватися у всіх випадках, яким б великим не було значення похибки δ .

3. Значну трудність становить внесення до моделі нової інформації, що зумовлено необхідністю перерахунку всіх статистичних оцінок параметрів.

Б) Регресійний аналіз

Нехай q - деякий вихідний параметр (наприклад, швидкість автомобіля), значення якого необхідно визначити, і q залежить від вектора вхідних параметрів $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$. Тоді, використовуючи методи теорії планування експерименту, можна побудувати рівняння лінійної регресії:

$$q = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_n \cdot x_n, \quad (4)$$

де a_0, a_1, \dots, a_n – невідомі коефіцієнти, які визначаються методом найменших квадратів.

За необхідності врахування парних взаємодій параметрів рівняння регресії ускладнюється і набуває нелінійного характеру.

Основні обмеження такого підходу полягають в наступному:

1. За допомогою регресійного аналізу можуть вирішуватися лише ті задачі, в яких параметри впливу і вихідне рішення (величина) носять кількісний характер.

2. Значення вихідного параметра q , яке вираховується за допомогою регресійної моделі, сильно чутливе до умов експерименту, в яких оцінювались коефіцієнти a_0, a_1, \dots, a_n . Тому регресійні моделі, отримані в одних умовах, не завжди можна переносити на інші умови.

3. Отримання статистично значимих коефіцієнтів в рівняннях регресії потребує обробки великого експериментального матеріалу.

В) Метод фазового інтервалу

В основі різних модифікацій цього методу лежить ідея віднесення певної ситуації до того чи іншого випадку на основі обчислення відстані між двома точками в фазовому просторі. Розглядається n -мірний простір, кожна координата x_i , $i = \overline{1, n}$ якого відповідає одному з факторів впливу. Точка (x_1, x_2, \dots, x_n) фазового простору відповідає деякому випадку d_j , $j = \overline{1, m}$.

На основі вивчення практичних реалізацій та досвіду експертів в фазовому просторі виділяються області (множини точок) D_1, D_2, \dots, D_m , які відповідають випадкам d_1, d_2, \dots, d_m .

Середини цих областей визначаються точками C_1, C_2, \dots, C_m .

Нехай X^* – точка в фазовому просторі, яка відповідає певній ситуації; $R(X^*, C_j)$ – інтервал між точками X^* та C_j , $j = \overline{1, m}$.

Тоді як випадок d_j^* , що відповідає вектору параметрів $X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$, вибирається точка C_j або область D_j , для якої

$$R(X^*, C_j) = \min_{j=1, m} \{R(X^*, C_j)\}. \tag{5}$$

Для обчислення інтервалу $R(A, B)$ між точками $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ та $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ в n-мірному просторі може використовуватися відстань за Хеммінгом:

$$R(A, B) = \sum_{i=1}^n |a_i - b_i| \tag{6}$$

або Евклідова відстань

$$R(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}. \tag{7}$$

Порівняно з ймовірнісно-статистичним підходом та регресійним аналізом, метод фазового інтервалу не потребує накопичення великого статистичного матеріалу та його трудомісткої обробки. Проте застосування цього методу обмежено тільки кількісними або бінарними факторами впливу.

Г) Логічний висновок

Цей метод реалізований в мові логічного програмування Пролог, який зараз знаходить широке застосування в експертних системах. Теоретичною основою мови Пролог являється апарат логіки предикатів, який дозволяє здійснювати автоматичне доведення теорем. Згідно з цією методологією, рішення d_j^* може бути прийняте для ситуації з вектором параметрів $(X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$, якщо в експертній базі знань (правил висновку “ЯКЩО-ТО”) існує ланцюжок міркувань для доказу справедливості твердження:

$$\beta \hat{E} \hat{U} \hat{I} \quad x_1^* \wedge x_2^* \wedge \dots \wedge x_n^*, \quad \hat{O} \hat{I} \quad d_j^*. \tag{8}$$

Пролог зручний для пошуку ланцюга правил, які ведуть від фактів (x_i^*) до цілі (d_j^*) або від цілі до фактів, які вибрані з бази знань. Це дозволяє не тільки приймати рішення, а і пояснювати його причини. Проте існує велика множина знань, які мають нечітку, ймовірнісну природу. Пролог не забезпечує можливості логічного висновку в проміжних точках типу “x є величина близька до A”. Тому в базі знань необхідно зберігати інформацію про всі допустимі значення параметра x. Це призводить до надмірного збільшення затрат машинної пам’яті та часу на логічний висновок.

Обмеження методів, які розглянуті вище, зведені в табл. 1, де А – ймовірнісно-статистичний підхід; Б – регресійний аналіз; В – метод фазового інтервалу; Г – логічне програмування; + (–) – наявність (відсутність) труднощів.

Із табл. 1 видно, що розглянуті методи не пристосовані до роботи з якісними (нечисловими) та нечіткими знаннями, тобто знаннями, які задаються на природній мові. Проте саме такі евристичні або інтуїтивні знання часто використовуються для оцінювання якості пасажирських перевезень.

Таблиця 1

Труднощі застосування традиційних математичних методів

ТРУДНОЩІ	МЕТОДИ			
	А	Б	В	Г
збору та обробки статистичної інформації;	+	+	–	–
поповнення бази знань;	+	+	–	–
забезпечення стійкості моделі до факторів впливу;	+	+	–	–
врахування якісних параметрів;	+	+	+	+
роботи з нечіткими знаннями	+	+	+	+

Формалізація системи оцінки якості автотранспортного обслуговування пасажирських перевезень в умовах нечітко визначених очікувань споживачів

Кожна властивість може бути оцінена показником якості, що виражений в абсолютних або відносних одиницях.

Одиничні, які характеризують одну споживчу властивість, показники якості пасажирських перевезень рекомендується визначати не їх фактичними абсолютними значеннями або різницею між проектним (базисним) і фактичним (звітним) значеннями, а відносною величиною, що розраховується за формулами

$$Q_s = Q_s^a / Q_s^d, \text{ або } Q_s = Q_s^d / Q_s^a, \quad (9)$$

де Q_s – одиничний показник якості, що характеризують і-у властивість; Q_s^d, Q_s^a – базисне і фактичне значення характеристики і-ї властивості автомобільних перевезень.

Аналіз якості можна проводити як за окремими властивостями, так і за групами властивостей та за перевезеннями в цілому.

Показник якості, який характеризує k-у групу властивостей QG_k , слід визначати за формулою

$$QG_k = \left(\prod_{i=1}^n \alpha_i \cdot Q_i \right)^{1/n}, \quad (10)$$

де Q_s – показник якості, що характеризує і-у властивість, що включена в k-у групу властивостей; α_i – вага і-ї властивості в показнику якості, що характеризує k-у групу властивостей; n – число властивостей в k-й групі.

Загальний показник якості пасажирських автомобільних перевезень можна розрахувати аналогічно:

$$QP = \left(\prod_{k=1}^m \beta_k \cdot QG_k \right)^{1/m}, \quad (11)$$

де QG_k – показник якості, що характеризують k-у групу властивостей пасажирських автомобільних перевезень; β_k – вага показника якості, що характеризує k-у групу властивостей в загальному показнику; m – число груп властивостей, за якими оцінюється загальна якість пасажирських автомобільних перевезень.

Методика вимірювання якості при аналізі і виборі системи доставки повинна базуватись на параметрах, які використовуються пасажирами для цих цілей. Оцінка якості пасажиром відбувається шляхом порівняння фактичних параметрів якості з очікуваним їх значенням. Для вимірювання очікувань використовуються різні методи оцінок: анкетні опитування, експертні оцінювання, статистичні методи і т.д. [2-4] Складність полягає в тому, що більшість параметрів неможливо виміряти кількісно, тобто отримати формалізовану оцінку. Інструментом вираження нечітко визначених очікувань споживачів послуг є математичний апарат теорії нечітких множин [5].

Для оцінювання рівня якості доставки при розв'язанні задачі вибору системи пересувань пасажирів пропонується схема (рис. 2).

На даний час є багато методів прогнозування, основними з яких є ймовірнісно-статистичні, методи екстраполяції, методи аналогії, експертні методи і т.д. [6]. Результат прогнозування параметра доставки в загальному випадку можна представити у вигляді графіка розподілення щільності. Якщо сумістити цей графік з графіком функції приналежності оцінки параметра, можна визначити спільну площу. Чим більша ця площа (чим більше співпадають графіки), тим вищий ступінь відповідності прогнозованого параметра з його очікуваннями. Для врахування того, що однакові площі на графіку функції приналежності можуть мати різні значимості, слід визначити коефіцієнт відповідності варіанта доставки вимогам пасажирів за формулою

$$K_B = \int_1^n \mu_c(x_i) p(x_i) dx, \quad (12)$$

де $\mu_c(x_i)$ – функція приналежності показника якості x_i ; $p(x_i)$ – ймовірність того, що параметр x прийме i -те значення; n – кількість можливих значень параметра x .

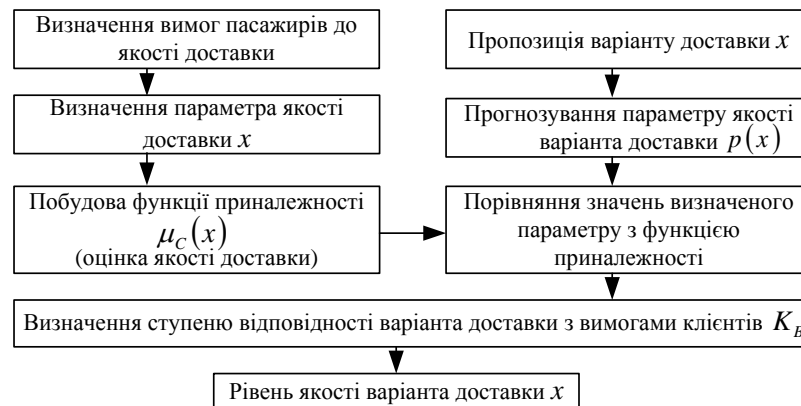


Рис. 2. Схема оцінки якості доставки пасажирів в умовах нечітко визначених очікувань

Висновки

1. Для формування доцільної системи сервісного обслуговування пасажирів необхідно вимірювати і оцінювати параметри якості та ліквідувати невідповідність між очікуваним і фактичним рівнем якості. Робота транспорту повинна базуватись на запитих споживача його послуг. Для виявлення раціонального рівня обслуговування виконують співставлення витрат, доходів і прибутку, реалізуючи принцип компромісного рішення.

2. Для оцінки якості обслуговування доцільно користуватись комплексним, інтегрованим показником якості, який враховує різні фактори сервісного обслуговування пасажирів.

3. Термін "якість" не використовується для кількісної оцінки, на практиці застосовуються якісні характеристики типу "відносна якість", "рівень якості", "міра якості".

4. Використання апарату теорії нечітких множин дозволяє формалізувати параметри нечітко визначених очікувань споживачів послуг пасажирського автотранспорту та зменшити суб'єктивність прийняття рішень при розв'язанні задач підвищення ефективності автобусних перевезень в заданій транспортній системі міста на основі аналізу структури споживчих властивостей і показників якості обслуговування пасажирів.

1. Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки: Учебник для вузов / [В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев] : под ред. В. А. Гудкова. – М. : Горячая линия–Телеком, 2004. - 447 с. - ISBN 5-93517-157-0.
2. Спирин И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом: Учебное пособие / И. В. Спирин. – М. : ИКЦ Академкнига, 2006. – 414 с. – ISBN 5-94628-050-3.
3. Транспортная логистика : Учебник для транспортных вузов [под общей редакцией Л. Б. Миротина]. – М.: Экзамен, 2002. – 400 с. – ISBN 5-94692-036-7.
4. Кашканов А. А. Оптимізація міських пасажирських перевезень на базі використання інформаційно-логістичних технологій / Кашканов А. А., Стенжицька І. Є. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – №6. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – С. 39-42.
5. Зайченко Ю. П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах / Ю. П. Зайченко. – Киев: «Издательський Дом «Слово», 2008. – 344 с. – ISBN 978-966-8407-79-6.
6. Кашканов А. А. Аналіз методів прогнозування пасажирських перевезень / Кашканов А. А., Мришук І. Є. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – №7(125), Частина 2 – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2008. – С. 179-183.