

УДК 656

В. Б. Мокін, д-р. техн. наук, проф.;**В. Г. Сторчак**;**О. В. Гавенко**, асп.;**І. О. Медведєв**, студ.

МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛІВ БІЛЯ СУПЕРМАРКЕТА ЯК ЦЕНТРА ТЯЖІННЯ АВТОТРАНСПОРТУ МІСТА

Запропоновано метод моделювання та модель інтенсивності руху транспортних потоків біля супермаркетів як центрів тяжіння автотранспорту міста. Запропонований метод дає змогу передбачити та оцінити додаткове транспортне навантаження, яке виникає через роботу супермаркетів. Проведено серію спостережень, які підтвердили працездатність запропонованого методу.

1. Постановка задачі

Для прогнозування та оптимізації розподілу транспортних потоків у будь-якому місті треба, перш за все, визначити основні закономірності та структуру цих потоків. Відомим є твердження, що частина цих потоків утворюється транспортними засобами, якими громадяни рухаються від одних центрів тяжіння (місце проживання, навчання тощо) до інших (місце роботи, обіду, розваги тощо). Причому, зранку може переважати рух від місць проживання до інших, а ввечері — навпаки [1].

Одним із найтипівіших центрів тяжіння, які впливають на характер транспортного потоку у сторону його збільшення, є супермаркети. Особливо, це відчутно в періоди обідньої перерви та «одразу після роботи», які для переважної кількості громадян відбуваються з 12.00 до 14.00 та з 17.00 до 19.00, відповідно. Зрозуміло, що відчутний вплив можуть здійснювати тільки великі, порівняно великі та середні супермаркети, які мають власний паркувальний майданчик з кількістю місць, не менше 10. Якщо б вдалось побудувати адекватну математичну модель інтенсивності руху автомобілів біля довільного супермаркету, тоді це, по-перше, дозволило б оцінити динаміку завантаженості та частину закономірностей руху транспорту вулицями міста у години «пік» (в обідню перерву та у період «одразу після роботи»); по-друге, дало б можливість прогнозувати ці ж параметри у разі побудови нового супермаркету; втретє, дозволило б комплексно систему комплекс заходів з оптимізації дорожньо-вуличної мережі біля цих супермаркетів.

Отже, актуальною є розробка методу ідентифікації математичної моделі інтенсивності руху автотранспорту біля заданого супермаркету на основі типової математичної моделі для супермаркету з усередненими характеристиками та алгоритму її адаптування для заданого супермаркета.

2. Розв'язання задачі

Поставлену задачу пропонуємо розв'язувати у такі етапи:

1. За даними натурних досліджень (пасивний експеримент) збирається статистика та будується модель інтенсивності руху автотранспорту біля типового супермаркету.

2. Розробляється методика визначення коефіцієнта подібності k супермаркету відносно типового за експертними оцінками за багатьма критеріями.

3. Проводиться адаптація моделі типового супермаркету до заданого шляхом помноження усіх значень інтенсивності руху автотранспорту на визначений у п. 2 коефіцієнт подібності k .

Для того, щоб правильно вибрати параметри функцій належності для визначення коефіцієнта подібності k на основі теорії нечітких множин, варто обстежити ще 1—2 супермаркети та, за цими натурними даними провести ідентифікацію параметрів цих функцій.

Типова схема експерименту для одного супермаркету наведена на рис. 1. Відповідно до цієї схеми проводиться спостереження значення X_2 .

Оптимальним є використання засобів відеоспостереження з автоматичним фіксуванням кількості транспортних засобів та подальшим визначенням інтенсивності руху, наприклад, кількість автомобілів, що заїжджає на паркувальний майданчик, за певний проміжок часу t . За відсутності засобів відеоспостережень (для наближених розрахунків) можна проводити вибіркове спостереження у певні регулярні проміжки часу, наприклад, кожні 3 години ($t_1 = 3, t_2 = 6, t_3 = 9, \dots$) по 30 хвилин підряд з подальшим значенням інтенсивності $X_2(t)$, тобто кількості транспортних засобів за ці 30 хвилин. Такі дані, зібрані за 30-хвилинні проміжки часу, які починаються у певні моменти часу t_0 з певною регулярністю, дають можливість усунути випадкові флуктуації, пов'язані з порівняно малою інтенсивністю потоку біля супермаркетів, та висвітити основні закономірності зміни руху X_2 протягом доби. Натурні спостереження, проведені авторами роботи, показали, що побудовані у такий спосіб залежності все одно мають значні відмінності для різних діб ($X_2^I, X_2^{II}, X_2^{III}, \dots$) та супермаркетів ($X_2^A, X_2^B, X_2^C, \dots$). Однак, якщо знайти максимальні значення інтенсивності у кожний проміжок часу, що аналізувався у різних добах, тоді графік максимальних інтенсивностей для різних супермаркетів має ознаки подібностей. Тобто, наприклад для супермаркету А:

$$X_2^A(t_i) = \sup(X_2^{A'}(t_i), X_2^{A''}(t_i), X_2^{A'''}(t_i), \dots), \quad i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Проведено кілька натурних обстежень двох супермаркетів у м. Вінниці (позначимо їх А і В), різних за розмірами. Обстеження проводилось кожні 3 години по 30 хвилин з 9-ї по 21-ту години. Проводилось по 2 вибірки у різних добах по обох супермаркетах. Потім для кожного супермаркету побудовано графік максимальних значень згідно з виразом (1). Результат спостережень значень $X_2(t)$ ($t = 9, 12, 15, 18, 21$) наведено на рисунках 2—4.

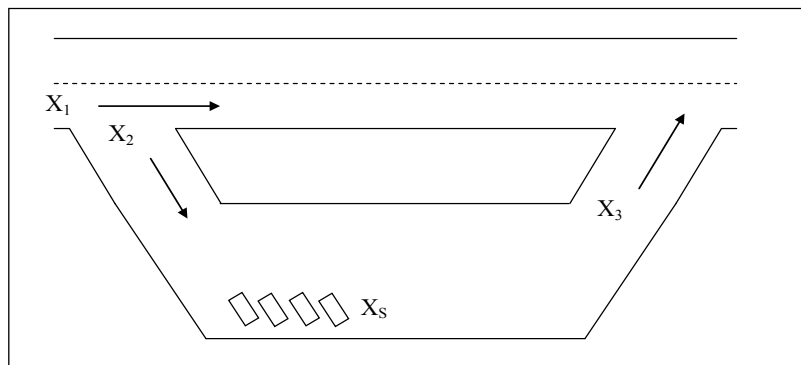


Рис. 1. Типова схема експерименту для одного супермаркету:
 X_1 — потік автомобілів, який минає паркувальний майданчик, не спиняючись (шт./хв.); X_2 — потік автомобілів, які заїжджають на паркувальний майданчик (шт./хв.); X_s — сума машин, що знаходяться на паркувальному майданчику (шт.); X_3 — потік автомобілів, що виїжджають з паркувального майданчику (шт./хв.)

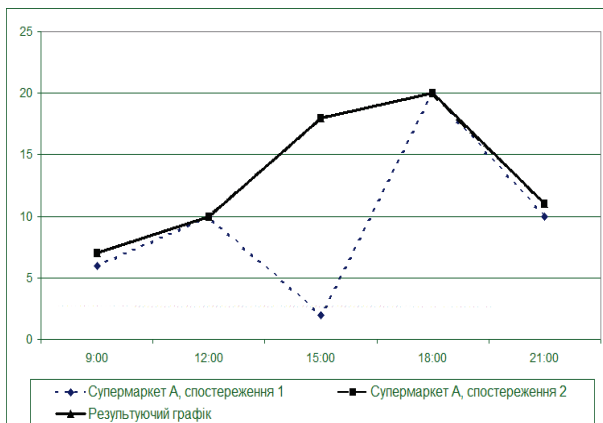


Рис. 2. Результат спостережень інтенсивності руху на в'їзді до паркувального майданчика супермаркету А

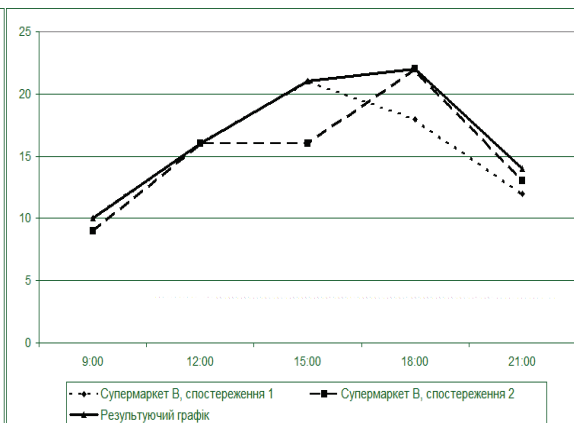


Рис. 3. Результат спостережень інтенсивності руху на в'їзді до паркувального майданчика супермаркету В

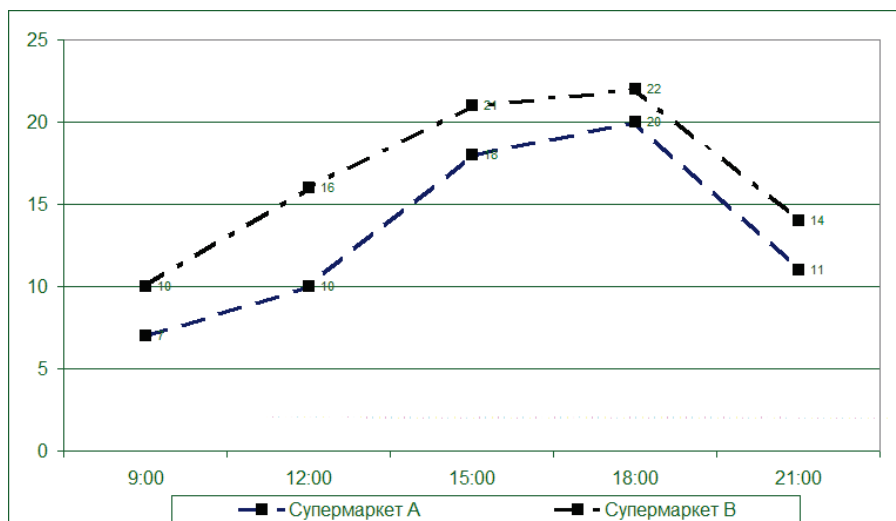


Рис. 4. Результуючі графіки максимальних інтенсивностей руху автомобілів, що заїхали на паркувальні майданчики кожного із супермаркетів в залежності від часу

Аналіз графіків на рис. 4 дозволив виявити такі закономірності, які підтверджуються інформацією з літературних джерел [2]:

- 1) о 9.00 має місце найменша інтенсивність руху машин;
- 2) пікові значення інтенсивності відвідування супермаркетів на авто припадають на 15-ту та 18-ту години;
- 3) після 18-ї години відбувається поступовий спад інтенсивності.

Такі закономірності мають логічне пояснення: зранку більшість громадян їде на роботу, а не у супермаркет, ближче до кінця робочого дня (у багатьох він у наш час, через кризу, скорочений) інтенсивність руху досягає «піка», ближче до ночі — знову падає, але не так швидко, як наростає зранку, оскільки ввечері після роботи люди частіше відвідають супермаркет, ніж до роботи.

Порівняння графіків на рис. 4 показує, що вони є подібними. Отже, ідентифікувавши один із них, інший можна вирахувати, хоч і з певною похибкою, через коефіцієнт подібності k :

$$X_2^A = kX_2^B. \quad (2)$$

Визначення коефіцієнта подібності k супермаркетів відносно типового («еталонного») пропонуємо здійснювати відповідно до експертних оцінок за багатьма критеріями. Наведемо деякі з них:

1. Розміри торгової площі супермаркету.

Чим більша площа торгового центру, тим більше товару і асортименту можна у ньому розмістити, а як наслідок, розширюється коло покупців або розмістити більшу кількість однотипного товару, що вплине на зменшення ціни (оптова торгівля) і дасть змогу одночасно обслуговувати більше покупців, або дозволить розмістити розважальні заклади (кафе, кав'ярні, спортивні сектори, дитячі майданчики, кінотеатри і т. д.), які заохотять до відвідування торгового центру, що, у свою чергу, теж збільшує інтенсивність руху автотранспорту на паркувальному майданчику цього торгового центру.

2. Розміри (площа, сміність) паркувального майданчика.

Чим більший паркувальний майданчик, тим зручніше використати автомобіль для придбання товару, оскільки зменшується ймовірність проблем, пов'язаних з паркуванням та наглядом за авто.

3. Зручність заїзду на паркувальний майданчик.

В залежності від зручності заїзду значно залежатиме кількість людей, які завітають до супермаркету на авто, оскільки не усі зможуть туди потрапити, не усі забажають чи будуть в змозі подолати перешкоду. Також багатьом буде легше дістатись до більш віддаленого супермаркету, але зі зручнішими умовами паркування.

4. Вид товару та його асортимент.

Від виду товару залежить коло купців та частота потреби у товарі, а отже і щоденний попит на нього. Також не кожен товар можна транспортувати до місця призначення власноруч чи за допомогою підручних засобів.

5. Наближеність до основних автодоріг.

Чим ближче знаходиться супермаркет від основної автодороги, тим, по-перше, він помітніший для потенційних покупців, а по-друге, до нього легше дістатись автомобілем.

Густота населення мікрорайону, в якому розташований супермаркет.

Чим більше населений мікрорайон, тим більша концентрація потенційних споживачів, а як наслідок — і товарообіг торгового центру. Через це зростає його популярність і кількість покупців, частина з яких користується автотранспортом.

7. Інтенсивність руху транспорту по найближчих автодорогах.

Враховуючи те, що у певний період часу на паркувальні майданчики однакових за параметрами супермаркетів заїжджає одна й та сама кількість автомобілів, це утворить пряму залежність між завантаженістю транспортної мережі і кількістю відвідувачів на автомобілях.

8. Політика цін закладу.

Якщо заклад орієнтовано на роздрібну торгівлю, тоді його покупці будуть рідше користуватись автотранспортом для доставки товару, оскільки у цьому не буде потреби. Якщо заклад орієнтовано на оптову торгівлю, тоді більший відсоток відвідувачів користуватиметься автомобілями під час відвідування торгового центру.

9. Тривалість роботи.

В залежності від тривалості роботи охоплюється тривалість потоку відвідувачів за різний період часу. Залежність між кількістю відвідувачів і тривалістю роботи не є прямо пропорційною, оскільки потік відвідувачів не є прямим у часі.

Проведено експертне оцінювання супермаркетів з прикладу, який розглянуто вище, за сімома термами [4]: «Дуже малий» (ДМ), «малий», «менше середнього», «середній», «вище середнього», «високий», «дуже високий». У таблиці наведено результати такого оцінювання, які відрізняються для цих супермаркетів.

Основні відмінності параметри супермаркетів А і В

	Критерій	Супермаркет А	Супермаркет В
1.	Розміри торгової площі торгового центру	середня	вище середнього
2.	Розміри (площа/ємність) паркувального майданчика	мала	середня
3.	Зручність заїзду на паркувальний майданчик	дуже висока	висока
4.	Вид товару та його асортимент	середня	вище середнього
5.	Наближеність до основних автодоріг	дуже висока	дуже висока
6.	Густота населення мікрорайону, в якому розташований супермаркет	вище середнього	вище середнього
7.	Інтенсивність руху транспорту по найближчих автодорогах	висока	висока
8.	Політика цін закладу	середня	середня
9.	Тривалість роботи	середня	вище середнього

Якщо супермаркет В добре обстежити і вважати еталонним, тоді, використавши відомий апарат теорії нечітких множин, після обробки та дефазифікації результатів експертного оцінювання можна оцінити коефіцієнт подібності k , який дозволить дані для супермаркету В перенести на супермаркет А згідно з виразом (2).

У той же час, маючи результати натурних спостережень значень інтенсивності для декількох супермаркетів, можна ідентифікувати оптимальні параметри функції належності для експертного оцінювання на основі теорії нечітких множин. Для цього слід вирахувати коефіцієнт подібності k із виразу

$$\frac{\sum X_2^A}{\sum X_2^B} = k.$$

Для графіків на рис. 3 $k = 1,257$. Підставивши це значення у вираз (2), отримуємо розрахункові значення інтенсивностей руху до супермаркету А. Відносна похибка такої ідентифікації

$$\delta = \frac{\sum |k \cdot X_2^B - X_2^A|}{\sum |k \cdot X_2^B|} 100 \%.$$

В цьому випадку $\delta = 11,54 \%$, що є прийнятною похибкою для моделювання транспортних процесів у першому наближенні.

Після визначення у такий спосіб коефіцієнта подібності k його слід порівняти зі значенням k_e цього ж коефіцієнта, розрахованого за експертними оцінками на основі апарату теорії нечітких множин. У разі виникнення значних розбіжностей слід внести відповідні зміни у параметри функції належностей, кількість термів та інші параметри методики визначення k_e аж до досягнення відхилення, яке набуде прийняттого рівня.

Відлагодивши належну точність методу ідентифікації коефіцієнта k за даними, подібними до таблиці, з'явиться можливість оцінювати закономірності інтенсивності руху автотранспорту біля усіх супермаркетів заданого мікрорайону чи міста, на основі одного (еталонного чи типового). Звичайно, такий метод дає наближене оцінювання для визначення загальних характеристик руху транспорту в межах міста. Для точнішого визначення усіх закономірностей потрібні тривалі спостереження з використанням засобів відеоспостережень.

Застосування розробленого методу дасть змогу передбачити додаткове транспортне навантаження на мережу автодоріг у разі побудови нового чи модернізації або зміни умов роботи існуючого супермаркету, передбачити зміни у транспортному потоці та спроектувати потрібні заходи та технічні рішення для його оптимізації.

3. Висновки

У роботі запропоновано метод аналізу інтенсивності руху транспортних потоків біля супермаркетів як центрів тяжіння автотранспорту міста. Цей метод дає змогу передбачити та оцінити додаткове транспортне навантаження, яке виникає через роботу супермаркетів. Запропоновані моделі, вирази та алгоритми проілюстровані на прикладі та натурними спостереженнями супермаркетів м. Вінниці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін В. Б. Концепція створення геоінформаційної системи підтримки прийняття рішень для управління транспортною мережею міста / В. Г. Сторчак, В. Б. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2009. — № 2. — С. 78—83.
2. Кликовштейн Г. И. Организация дорожного движения. Издание четвертое, переработанное и дополненное / Г. И. Кликовштейн, М. Б. Афанасьев. — М. : Транспорт, 1997 г. — 138 с.
3. Сторчак В. Г. Технологія побудови інформаційної моделі транспортної мережі міста на основі геоінформаційних моделей її елементів / В. Г. Сторчак В. Г., В. Б. Мокін // «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія»: міжнар. наук. практ. журнал. — 2010 — № 2. — С. 64—67.
4. Качив С. Ш. Математичні моделі детермінізації процесів в системах електропостачання: моног. / С. Ш. Качив, Б. І. Мокін. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 114 с.

Рекомендована кафедрою моделювання та моніторингу складних систем

Стаття надійшла до редакції 22.02.11
Рекомендована до друку 24.02.11

Мокін Віталій Борисович — завідувач кафедри, **Сторчак Володимир Георгійович** — асистент, **Гавенко Олег Віталійович** — аспірант.

Кафедра моделювання та моніторингу складних систем;

Медведєв Іван Олександрович — студент Інституту екології та екологічної кібернетики.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця