

Мета курсової роботи (КР) - закріплення теоретичних знань з дисципліни "Моделювання транспортних потоків", одержання практичних навичок застосування математичних моделей зміни параметрів транспортного потоку у процесі обліку дорожнього руху.

Виконання КР складається з наступних етапів:

- обробка статистичних даних, отриманих на ВДМ міста,
- комп'ютерне моделювання зміни інтенсивності транспортного потоку у часі;
- розробка моделі потокорозподілення автотransпортних засобів на обраному перехресті ВДМ міста.
- формулювання висновків про адекватність отриманої моделі, а також ефективність вивчених методів.

Для виконання цих завдань студент повинен мати достатній рівень знань з дисципліни "Моделювання транспортних потоків".

СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Виконання КР відбувається згідно з наступним графіком:

Таблиця 1

Графік виконання курсової роботи

Найменування етапів КР	Обсяг, %	Кількість рукописних листів	Час виконання, години
Вступ	3	1-2	0,5
Натурне обстеження	10	3-4	4
1. Перевірка статистичної надійності даних інтенсивності транспортних потоків	10	2-3	1,5
2. Комп'ютерне моделювання зміни інтенсивності транспортного потоку у часі	30	10-12	7
3. Розробка математичної моделі розподілу транспортних потоків у вузлах автомобільних доріг	25	7-8	4
4. Оцінка адекватності результатів моделювання потокорозподілення	15	2-3	2
Висновки	4	1-2	0,5
Оформлення титульний лист, зміст, перелік посилань	3	3	0,5
Всього	100	29-37	20

При аналізі функціонування транспортних систем основна увага приділяється вивченню параметрів транспортного потоку й методів регулювання дорожнього руху на вулично-дорожній мережі (ВДМ) міста.

Відомо [1], що основними параметрами, що описують транспортний потік, є інтенсивність, щільність і швидкість автотранспортних засобів. При цьому найбільш розповсюдженим засобом керування транспортними потоками є світлофорне регулювання, параметри якого залежать від інтенсивності.

Слід також зазначити, що світлофорні пристрої, як елементи автоматизованих систем управління дорожнім рухом, передають керуючий вплив, безпосередньо на об'єкт управління – транспортний потік, у виді циклу світлофорного регулювання. Динаміка зміни параметрів транспортного потоку впливає на формування керуючих впливів, і чим частіше ці зміни будуть відслідковуватися, тим адаптивніш буде управління.

Пропонований метод комп'ютерного моделювання вхідних транспортних потоків (ТП) у вузлах вулично-дорожньої мережі дозволяє одержати значення параметрів вихідних транспортних потоків. При цьому варто розглянути питання визначення необхідного обсягу вибірки натурних вимірів інтенсивності ТП, у виді відсутності на транспортній мережі первинних вимірників інтенсивності – детекторів транспорту [2].

1 ПЕРЕВІРКА СТАТИСТИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ДАНИХ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Вибірка, утворена набором значень випадкової величини вважається статистично надійною, якщо кількість вимірів перевищує необхідний обсяг вибірки.

Для оцінки адекватності реалізації вибіркової функції у випадку, якщо не відома функція розподілу деякої випадкової величини, застосовується формула, що є наслідком нерівності Чебишева, її коректність і надійність показана в [3].

$$n = \frac{\sigma^2}{(1 - \alpha)\varepsilon^2} \quad (1.1)$$

де n - число експериментів;

σ^2 - дисперсія вибірки;

α - довірча імовірність;

ε - величина погрішності.

Рівняння (1.1) дозволяє визначити число вимірів, яке потрібно провести, щоб з надійністю α абсолютна погрішність результату розв'язання задачі, на підставі обраних даних, не перевершувала ε . Надійність α

вибирається близькою до одиниці в діапазоні 0,95 – 0,99. Припустима погрішність визначається з умов рішення задачі. Вибіркова дисперсія σ^2 визначається зі співвідношення:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 \quad (1.2)$$

де x_i - i -я реалізація експерименту;

m - математичне очікування вибірки;

n - кількість вимірів.

Математичне очікування розраховуємо за наступною формулою:

$$m = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1.3)$$

де $x_1, x_2, \dots, x_n$ - значення n реалізацій експерименту.

Викладені теоретичні положення дозволяють застосувати для розв'язання даної задачі програмне забезпечення в середовищі комп'ютерної математики (СКМ) Matlab [4]. Для визначення адекватності вихідних даних та отримання аналітичного вигляду моделі зміни інтенсивності транспортних потоків протягом доби слід використати програмний комплекс MODEL, розроблений на кафедрі транспортних систем ХНАДУ. Програмний комплекс складається з двох програмних компонентів.

Програма Prog1.m дозволяє оцінити адекватність зроблених вимірів. Вхідними значеннями програми є інтенсивності транспортних потоків, отримані шляхом натурних обстежень на ВДМ міста. Результатом роботи програми є значення математичного очікування, дисперсії і кількість необхідних вимірів для досліджуваної вибірки.

Запуск програми здійснюється в середовищі Matlab. Перейшовши у вікно Command window, необхідно ввести в командному рядку вектор вихідних даних і запустити програму:

1) «> N=[100, 250, ..., 120] ↵»

2) «> Prog1(N)↵»

У цьому ж вікні виводяться результати роботи програми: математичне очікування – середнє значення інтенсивності ТП, дисперсія і перевірка адекватності обраної кількості значень.

Таким чином, необхідно зробити перевірку вихідних даних для кожної години доби і визначити середні значення інтенсивності ТП (математичне чекання) для наступної побудови моделі зміни інтенсивності ТП протягом доби.

Отримані в завданні вихідні значення інтенсивності ТП у визначений час доби, являють собою вузлові точки, опис яких можна представити в наступному виді:

$$R : (N; t) \quad (1.4)$$

де R - множина результатів експерименту.

Утворена множина даних R , використовується надалі при побудові моделей зміни інтенсивності ТП у часі.

2 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ У ЧАСІ

Однією з найважливіших задач, що виникають при дослідженні параметрів транспортного потоку, є проблема вибору математичного апарата і методу, що адекватно описує процес зміни інтенсивності ТП у часі.

Інтерполяційна модель дозволяє оцінити значення функціональної залежності даних на ділянках між її вузловими точками. Для цього використовуються функції, значення яких у вузлових точках збігаються з координатами цих точок. Модель такого виду являє собою кусочно-гладку функцію. Застосування функцій такого виду ускладнює процес подальших досліджень.

Альтернативою є метод апроксимації даних, що дозволяє одержувати опис деякого набору значень параметра у вузлових точках безперервною залежністю.

Графік апроксимуючої функції може не проходити через вузлові точки, але наближати їх з деяким середньоквадратичним відхиленням. Отримана функція, безперервна на розглянутому інтервалі, дає більш широкі можливості для подальших досліджень у порівнянні з інтерполяційною залежністю.

Для підвищення точності апроксимації застосовують поліноми високих ступенів наступного вигляду:

$$N(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^n \quad (2.1)$$

де $a_0, a_1, \dots, a_n$ - коефіцієнти полінома при відповідних ступенях перемінної t .

У рівнянні (2.1) при комп'ютерному моделюванні зміни інтенсивності ТП у часі, значення $N(t)$ визначаємо як інтенсивність ТП, а змінну t – як час доби.

Визначення коефіцієнтів апроксимуючого полінома проводиться в середовищі СКМ Matlab із застосуванням розробленої програми Prog2.m, що дозволяє досліджувати зміну інтенсивності ТП у часі з використанням

апроксимуючих поліномів до п'ятого ступеня. Результатом комп'ютерного моделювання є поліноми і відповідні їм графіки функцій, що найбільш точно описують вихідні дані за критерієм середньоквадратичного відхилення. Отримані результати моделювання у вигляді графіків функцій поліномів навести у пояснювальній записці.

2.1 Порядок виконання роботи в середовищі Matlab

У командному рядку вікна Command window СКМ Matlab необхідно ввести вектор зміни інтенсивності ТП у часі, по одному з можливих напрямків руху на перехресті.

«> N=[N₁, N₂, ..., N_n] ↵»

де n – кількість вимірів у плинні доби.

Запустити програму Prog2.m

«> Prog2(N)↵»

У робочому вікні програми обираємо пункт меню Tools-Basic Fitting.

У наступному діалоговому вікні необхідно натиснути кнопку More.

Результат розрахунків виводиться у вікні «Coefficient and norm of residuals» і містить загальний вид апроксимуючого полінома, значення коефіцієнтів полінома для обраного способу апроксимації, а також норму відхилень отриманого полінома від вихідних даних Norm of residuals. Вибір способу апроксимації даних здійснюється у вікні «Plot fits». Таким чином визначаємо найбільш адекватну математичну модель, що описує вихідні значення за параметром Norm of residuals (норма відхилень полінома від вузлових точок). Після визначення полінома, що найбільш адекватно описує вихідні дані, переходимо в робоче вікно яке містить зображення вихідних даних і графіка полінома. Застосовуємо пункт меню File-Export для збереження отриманих результатів. При цьому необхідно зафіксувати значення коефіцієнтів полінома (2.1) - $a_0, a_1, \dots, a_n$ з вікна «Coefficient and norm of residuals» і сформулювати поліном (2.1) у загальному виді з урахуванням отриманих коефіцієнтів.

Ступінчастий графік функції дозволяє дискретизувати значення безперервної функції полінома і визначити значення інтенсивності ТП за годинами доби.

На підставі отриманих моделей необхідно побудувати ступінчасті графіки функцій поліномів. Для цього необхідно розрахувати значення $N(t)$ по формулі (2.1) для кожної години в досліджуваній період часу з 8:00 до 20:00 і побудувати функцію виду:

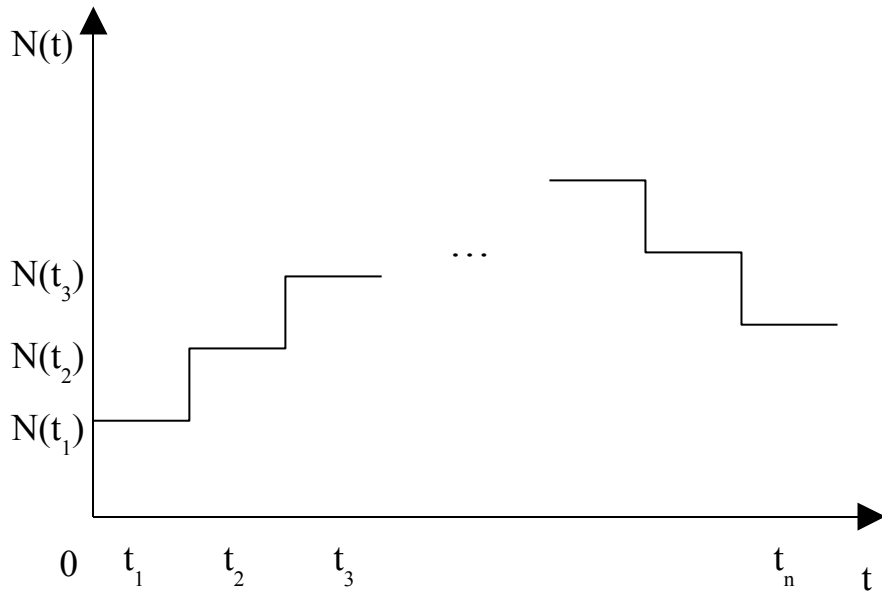


Рисунок 2.1 – Ступінчатий графік функції поліному

Таким чином, з обліком отриманих дискретних значень інтенсивності транспортного потоку можна описати поточкорозподілення транспортних засобів у транспортних вузлах.

У пояснювальній записці до курсової роботи привести роздруківки результатів роботи в середовищі Matlab і відповідні їм ступінчаті графіки зміни інтенсивності ТП протягом доби.

3 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ У ВУЗЛАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Модель розподілу транспортних потоків на перехресті базується на статистичних даних інтенсивності вхідних потоків, а також частках розподілу кожного з вхідних потоків за напрямками руху.

3.1 Розрахунок матриці поточкорозподілення

У вузлах вулично–дорожньої мережі транспортні засоби, що прибувають до перетинання, реалізують наступні можливі маневри: рух праворуч, ліворуч, прямо, а також розворот.

Загальне рівняння моделі поточкорозподілення у вузлі записується у виді [5]:

$$\Lambda_{\text{вих}} = A\Lambda_{\text{вх}} \quad (3.1)$$

де $\Lambda_{\text{вих}} = \|\lambda_2; \lambda_4; \dots; \lambda_{2i}\|_n^T$ -вектор вихідних потоків;

$\Lambda_{\text{вх}} = \|\lambda_1; \lambda_3; \dots; \lambda_{2i-1}\|_n^T$ -вектор вхідних потоків;

$A = \|P_{2i-1}^j\|_n^n$ -матриця потокорозподілення.

Елементи матриці потокорозподілення A являють собою імовірності здійснення j -го маневру і можуть бути визначені в такий спосіб:

$$P_{2i-1}^j = \frac{\lambda_{2i-1}^j}{\lambda_{2i-1}} \quad (3.2)$$

де λ_{2i-1}^j -інтенсивність транспортного потоку, що рухається в напрямку j ;

λ_{2i-1} -інтенсивність вхідного транспортного потоку.

Вихідними даними для розрахунку матриць потокорозподілення є середні значення інтенсивностей ТП (у виді математичного очікування), отримані при виконанні 1-го розділу роботи. При цьому повинна виконуватися нормуюча умова:

$$\sum P_{2i-1}^j = 1 \quad (3.3)$$

Якщо відомі імовірності здійснення j -го маневру (P_{2i-1}^j) транспортними засобами, що входять до вузла, то в цьому випадку для одержання повної картограми потокорозподілення у вузлі можна вимірювати лише значення вхідних потоків. Вихідні потоки тоді можуть бути визначені розрахунковим шляхом за допомогою матричної моделі потокорозподілення:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_2 &= P_{11}^0 \lambda_1 + P_{33}^3 \lambda_3 + P_{55}^2 \lambda_5 + P_{77}^1 \lambda_7 \\ \lambda_4 &= P_{11}^1 \lambda_1 + P_{33}^0 \lambda_3 + P_{55}^3 \lambda_5 + P_{77}^0 \lambda_7 \\ \lambda_6 &= P_{11}^2 \lambda_1 + P_{33}^1 \lambda_3 + P_{55}^0 \lambda_5 + P_{77}^3 \lambda_7 \\ \lambda_8 &= P_{11}^3 \lambda_1 + P_{33}^2 \lambda_3 + P_{55}^1 \lambda_5 + P_{77}^0 \lambda_7 \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

Процес побудови моделі потокорозподілення складається з наступних етапів:

1) Усім вхідним і вихідним з вузла потокам привласнюються послідовно зростаючі індекси при обході гілок за годинною стрілкою (рис. 3.1). Початковий вхідний потік вибирається довільно.

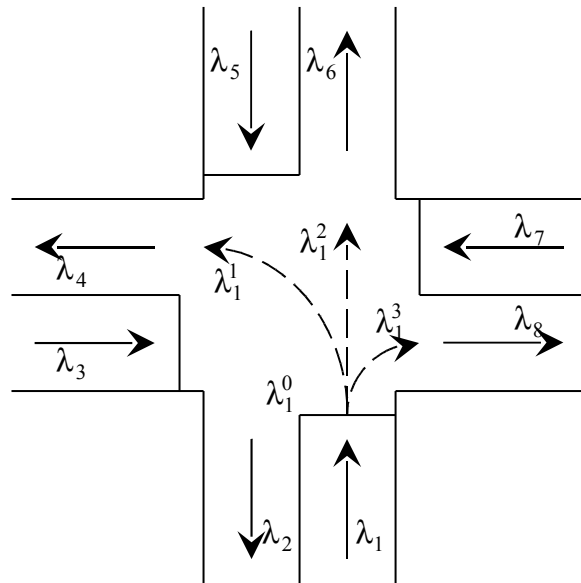


Рисунок 3.1 – Розподіл ТП за напрямками на перехресті

2) Відгалуження кожного вхідного потоку нумеруються (верхній індекс j) у порядку обходу гілок за годинною стрілкою, починаючи з потоку, що розвертається, якому привласнюється індекс $j = 0$. Максимальне значення індексу j дорівнює числу гілок мінус одиниця.

3) Складається матриця потокорозподілення A у вигляді квадратної матриці розміру $n \times n$, де n - число гілок, що підходять до вузла, причому елементам кожного рядка матриці привласнюється послідовно зростаючий зліва направо нижній індекс від 1 до n .

4) Нумерація верхніх індексів елементів матриці проводиться в такий спосіб: індекси головної діагоналі приймаються рівними нулю, елементам кожної з побічних діагоналей нижче головної привласнюються послідовно зростаючі індекси; елементам кожної з побічних діагоналей вище головної привласнюються послідовно індекси, що убивають, починаючи з $j = n - 1$. Для Х-подібного перетинання матриця A буде мати наступний вигляд:

$$A = \begin{vmatrix} P^0_1 & P^3_3 & P^2_5 & P^1_7 \\ P^1_1 & P^0_3 & P^2_5 & P^2_7 \\ P^2_1 & P^1_3 & P^0_5 & P^3_7 \\ P^3_1 & P^2_3 & P^1_5 & P^0_7 \end{vmatrix} \quad (3.5)$$

5) Записується матрична модель потокорозподілення у виді системи рівнянь (3.4).

У результаті виконання даного розділу, група студентів одержує усереднену матрицю, що є підставою для побудови моделі потокорозподілення.

3.2 Розрахунок вихідних з вузла транспортних потоків на підставі матриці поточкорозподілення

У якості інтенсивностей вхідних потоків приймаємо розраховані значення $N(t)$ для кожної години в період часу з 8:00 до 20:00 згідно зі східчастими графіками.

При цьому необхідно зробити коректування значень елементів матриці поточкорозподілення з урахуванням факторних коефіцієнтів, що враховують зміну інтенсивності по днях тижня (таблиці 3.1):

$$P_{2i-1}^j = W_{2i-1}^j \cdot S_{2i-1}^j \cdot P_{(2i-1)cp}^j \quad (3.6)$$

де W_{2i-1}^j – тижневий факторний коефіцієнт;

S_{2i-1}^j – сезонний факторний коефіцієнт;

$P_{(2i-1)cp}^j$ - середні значення імовірності здійснення маневру, розраховані раніше.

Оскільки і матриця поточкорозподілення, і вихідні потоки розраховуються для одного сезону року, те сезонний факторний коефіцієнт приймаємо рівним одиниці.

Значення W_{2i-1}^j обираються за вказівкою викладача.

Таблиця 3.1

Значення тижневих факторних коефіцієнтів

Коефіцієнти	Дні тижня						
	Поне-ділок	Вівто-рок	Середа	Четвер	П'ятни-ця	Субога	Неділя
1	2	3	4	5	6	7	8
W_1^1	1,527	1,217	0,217	0,605	0,969	1,403	1,078
W_3^1	1,290	0,819	1,045	0,774	0,871	1,045	1,168
W_5^1	1,303	0,465	0,788	1,677	1,455	0,758	0,606
W_7^1	1,246	1,074	0,963	0,790	1,132	0,857	0,926
W_1^2	0,852	0,969	1,076	1,067	0,987	0,995	0,948
W_3^2	0,851	1,065	1,064	1,057	0,992	0,992	0,980
W_5^2	0,880	1,043	1,092	0,959	0,946	0,996	1,043
W_7^2	0,860	0,983	1,106	1,280	0,937	0,915	0,920

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
W_1^3	1,423	0,979	1,392	1,392	1,010	1,165	0,495
W_3^3	1,198	0,936	1,003	0,939	1,096	0,941	0,888
W_5^3	1,355	1,218	0,290	0,758	1,016	1,258	1,069
W_7^3	0,972	0,940	0,946	0,811	0,959	1,227	1,158
W_1^4	0,852	0,969	1,076	1,067	0,987	0,995	0,948
W_3^4	0,851	1,065	1,064	1,057	0,992	0,992	0,980
W_5^4	0,880	1,043	1,092	0,959	0,946	0,996	1,043
W_7^4	0,860	0,983	1,106	1,280	0,937	0,915	0,920

Після цього необхідно розрахувати вихідні транспортні потоки для кожної години, використовуючи модель поточкорозподілення – рівняння (3.4). Результати розрахунків представити у вигляді таблиці (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Результати розрахунку вихідних потоків

Період часу	Інтенсивність вхідних потоків				Інтенсивність вихідних потоків			
8:00-9:00								
9:00-10:00								
10:00-11:00								
.....								

Таким чином, у результаті моделювання поточкорозподілення на перехресті можна зробити висновок про те, що описаним методом можна за значеннями інтенсивності вхідних потоків розраховувати значення вихідних потоків транспортних засобів, що дозволить знизити трудомісткість і витрати при обліку дорожнього руху.

4 ОЦІНКА АДЕКВАТНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКОРОЗПОДІЛЕННЯ

Для перевірки адекватності отриманих результатів необхідно оцінити середньоквадратичне відхилення значень інтенсивності вихідних транспортних потоків, отриманих експериментальним (натурним) методом, а також значень отриманих розрахунковим шляхом (за допомогою моделі поточкорозподілення).

Після проведення натурних обстежень шляхом додавання часових інтенсивностей відповідних потоків, що повертають, одержуємо значення

вихідних транспортних потоків для кожного дня тижня. Для отриманих значень розраховуємо середньоквадратичне відхилення за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 \quad (4.1)$$

де x_i - i -а реалізація експерименту (значення інтенсивності вихідного потоку у визначений день тижня);

m - математичне очікування вибірки (середнє значення інтенсивності вихідного транспортного потоку);

n - кількість замірів.

Аналогічно визначаємо середньоквадратичне відхилення для значень вихідних потоків, що були отримані за допомогою моделі потокорозподілення.

На підставі розрахованих значень середньоквадратичного відхилення зробити висновки.

ВИСНОВКИ

У висновках слід навести стислу характеристику отриманих результатів, дати якісну оцінку переваг та недоліків розглянутих методів моделювання параметрів транспортних потоків, а також застосування обраної математичної моделі.

ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Пояснювальну записку оформлюють відповідно до вимог стандартів.

Записка складається з розділів та підрозділів, а при необхідності – із пунктів та підпунктів, які нумерують арабськими цифрами. Кожен розділ починають з нової сторінки.

Назви розділів записують великими літерами, підрозділів та пунктів – малими. Заголовки повинні бути без перенесень слів і крапки в кінці.

Текст викладають коротко, чітко, з виключенням можливості невірної тлумачення. Термінологія, призначення, умовні позначення величин повинні бути єдиними і відповідати визначеним стандартам, а при їх відсутності – загально-визначеним для науково-технічної літератури.

Скорочення слів у тексті та підписуночних підписах не дозволяється, окрім загально-визначених, встановлених стандартами.

При визначенні числових значень приводять розрахункову формулу з поясненнями символів, які до неї входять, а потім сам розв'язок.

Формули нумерують арабськими цифрами в круглих дужках із правого боку. Цифровий матеріал подають у вигляді таблиць, які нумерують