

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання практичних та самостійної робіт
із навчальної дисципліни

«ПРОГНОЗУВАННЯ В ЛОГІСТИЦІ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти зі спеціальності 073 – Менеджмент)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024**

Методичні рекомендації до виконання практичних та самостійної робіт із навчальної дисципліни «Прогнозування в логістиці» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 073 – Менеджмент) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Н. У. Гюлев, Н. А. Соколова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 36 с.

Укладачі: д-р техн. наук, проф. Н. У. Гюлев,
асист. Н. А. Соколова

Рецензент

Є. І. Куш, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики, протокол № 1 від 29 серпня 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЗАВДАННЯ № 1 Статистична оцінка результатів прогнозу	5
ЗАВДАННЯ № 2 Прогнозування обсягів перевезень вантажів методом лінійної екстраполяції.....	8
ЗАВДАННЯ № 3 Прогнозування обсягу перевезень населення на міських автобусних маршрутах.....	11
ЗАВДАННЯ № 4 Визначення коефіцієнтів регресійних моделей прогнозу величини транспортної роботи	13
ЗАВДАННЯ № 5 Прогнозування часу очікування пасажирів	24
ЗАВДАННЯ № 6 Прогнозування параметрів функціонування маршрутної мережі міста	29
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	35

ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни «Прогнозування в логістиці» є одержання теоретичних знань і практичних навичок в сфері прогнозування в логістиці.

Предметом вивчення дисципліни є моделі прогнозу, принципи їх побудови та методи прогнозування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен вміти розробляти статистичні моделі прогнозу параметрів матеріальних потоків, застосувати статичні лінійні балансові моделі для прогнозування обсягів перевезень між секторами економіки, прогнозувати параметри матеріальних потоків на основі ймовірнісного характеру елементів перевізного процесу.

Під час вивчення курсу «Прогнозування в логістиці» потрібно самостійно працювати з лекційним матеріалом, виконанням практичних та самостійних завдань, а також із рекомендованою літературою.

ЗАВДАННЯ № 1 СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОГНОЗУ

Мета заняття: закріпити практичні навички статистичної оцінки результатів прогнозу.

Завдання: визначити основні показники оцінки точності та якості прогнозних моделей.

Задача. Використовуючи вихідні дані (табл. 1.1), визначити середню похибку апроксимації даних, коефіцієнт детермінації та коефіцієнт множинної кореляції.

Варіант вихідних даних визначається за номером у списку групи. Наприклад, студент під № 5 в рамках роботи має варіант 05. Відповідно, вихідні дані з таблиці 1.1 приймаються за передостанньою цифрою (у наведеному прикладі це буде «0»), а з таблиці 1.2 за останньою цифрою (згідно з прикладом це буде «5»).

Таблиця 1.1 – Результати заміру швидкості руху транспортних засобів

Номер заміру швидкості руху, км/год	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	23	24	25	28	24	29	30	23	27	24
2	24	25	26	28	29	28	29	25	27	29
3	25	26	25	23	28	28	27	27	23	23
4	26	25	25	29	27	27	28	23	26	29
5	26	27	29	24	24	27	23	26	23	27
6	27	26	29	25	30	28	25	28	24	29
7	27	26	25	30	26	28	24	22	27	25
8	27	23	23	28	26	23	24	27	24	25
9	27	26	28	29	24	28	24	24	25	24
10	28	26	26	24	26	25	22	25	28	26
11	28	23	26	24	27	22	28	25	25	25
12	28	26	25	29	27	22	23	23	28	29
13	28	27	26	24	30	28	26	25	28	26
14	29	23	22	25	29	23	26	27	30	23
15	29	28	27	23	30	26	26	28	24	29

Таблиця 1.2 – Результати прогнозування швидкості руху за моделлю

Результати розрахунку швидкості руху за моделлю, км/год	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	27	25	24	25	27	25	28	26	26	27
2	25	26	25	28	27	28	27	25	26	27
3	26	26	25	25	27	25	26	24	26	26
4	27	27	27	28	28	26	26	28	27	25
5	27	26	27	26	24	26	27	25	24	25
6	25	27	27	25	28	26	26	26	27	27
7	26	26	26	28	27	24	26	26	24	25
8	26	27	26	24	26	25	27	25	27	25
9	28	26	26	28	28	24	28	27	28	24
10	28	26	26	26	28	25	25	24	25	25
11	28	28	26	27	27	26	24	26	26	27
12	24	28	27	27	24	25	28	26	27	25
13	26	24	28	27	27	24	24	26	25	28
14	24	26	27	28	25	28	28	25	24	28
15	24	25	24	28	25	28	27	27	26	28

Рекомендації до виконання

I етап. Необхідно виконати сортування даних для кожного масиву даних, а саме: «Швидкість руху по замірах» та «Швидкість руху за моделлю». Сортування даних виконується за принципом зростання даних. Результати сортування даних необхідно відобразити на графіку.

II етап. Необхідно оцінити ступінь відхилення прогнозних даних від реальних значень швидкості руху транспортного засобу. Для цього використовується такий показник, як «середня відносна помилка апроксимації», який розраховується за формулою

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100, \quad (1.1)$$

де n – кількість звітних даних (у рамках цієї роботи дорівнює кількості замірів, а саме 15 од.);

y_i – звітні дані (статистична інформація) (у роботі відповідає результатам замірів швидкості руху (табл. 1.1));

\hat{y}_i – дані, отримані за моделлю (прогноз) (табл. 1.2).

Якщо отримане значення середньої відносної помилки апроксимації не перевищує 5 %, прогнозна спроможність моделі є високою. Окрім того, залежно від рівня стохастичності досліджуваної величини середня відносна помилка апроксимації може дорівнювати 10 %. У разі перевищення цього значення модель необхідно уточнювати.

III етап. Ще одним показником, який дозволяє оцінити «якість» побудованої моделі, є «коефіцієнт детермінації», який позначається R^2 . Він використовується, як міра адекватності сформованої моделі прогнозу для апроксимації даних і набуває значення від 0 до 1. Відповідно, при наближенні його значення до одиниці модель характеризується вищими апроксимаційними можливостями.

Його розрахунок виконується за такою залежністю:

$$R^2 = \frac{s_{\text{модель}}^2}{s_{\text{стат}}^2}, \quad (1.2)$$

де $s_{\text{модель}}^2$ – дисперсія за моделлю (км/год)²;

$s_{\text{стат}}^2$ – дисперсія за звітними даними (статистичними), (км/год)².

Відповідно, значення $s_{\text{модель}}^2$ та $s_{\text{стат}}^2$ визначаються так:

$$s_{\text{модель}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n}, \quad (1.3)$$

$$s_{\text{стат}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}, \quad (1.4)$$

де \bar{y} – середнє значення результуючої ознаки (у рамках роботи визначається на підставі результатів замірів швидкості руху (табл. 1.1)).

IV етап. Розрахунок множинного коефіцієнта кореляції (індекс кореляції), який дозволяє оцінити щільність взаємозв'язку між факторними ознаками, які використовуються в моделі прогнозу, та результуючою ознакою. Цей показник набуває значення від 0 до 1 (за аналогією з коефіцієнтом детермінації) і розраховується за формулою

$$I_{YX} = \sqrt{R^2}. \quad (1.5)$$

За результатами проведених розрахунків виконати аналіз та сформулювати висновки.

Контрольні запитання

1. На основі яких даних виконується розрахунок середньої відносної помилки апроксимації?
2. Що дозволяє оцінити середня відносна помилка апроксимації?
3. Які допустимі межі зміни значення середньої відносної помилки апроксимації?
4. Що таке коефіцієнт детермінації?

5. З якою метою виконується розрахунок коефіцієнту детермінації?

6. Яке мінімальне та максимальне значення може приймати коефіцієнт детермінації?

ЗАВДАННЯ № 2 ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ МЕТОДОМ ЛІНІЙНОЇ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ

Мета заняття: закріпити теоретичні знання з прогнозування параметрів транспортних систем за методом лінійної екстраполяції.

Завдання: виконати прогноз обсягів перевезень вантажів методом лінійної екстраполяції на основі статистичного ряду виконаних заявок на перевезення.

Задача. Використовуючи вихідні дані (табл. 2.1 та 2.2), виконати прогноз обсягів перевезень при зростанні кількості заявок на перевезення вантажів. Варіант обирається аналогічно до правил роботи № 1. Валові обсяги перевезень вантажів для кожної транспортної компанії формуються на основі кількості виконаних заявок на перевезення та величини заявки на перевезення (обсяг партії вантажу). Розмір заявки може варіюватися, що може обумовлювати різні значення валових обсягів перевезень при однакових значення кількості виконаних замовлень. Таким чином, використовуючи методологію лінійної екстраполяції, потрібно визначити прогнозні значення можливих валових обсягів перевезень. Передбачається, що на ринку перевезень спостерігається позитивна тенденція щодо зростання кількості замовлень на перевезення вантажів.

Таблиця 2.1 – Статистичні значення кількості замовлень за звітні періоди

Порядковий номер звітного періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	25	30	40	15	45	50	45	35	45	50
2	30	37	51	22	56	57	56	48	53	58
3	32	39	56	24	61	59	61	52	55	61
4	33	41	59	26	64	61	64	56	57	63

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	34	42	60	26	65	61	65	57	58	64
6	34	43	61	27	66	62	66	58	59	65
7	36	45	66	30	71	65	71	64	62	68
8	37	46	68	31	73	66	73	66	64	70
9	38	48	71	33	76	68	76	70	66	72
10	40	51	75	35	80	70	78	72	69	74

Таблиця 2.2 – Статистичні дані валових обсягів перевезень за звітні періоди

Порядковий номер звітнього періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	132	450	600	270	495	342	455	455	405	348
2	390	510	610	312	728	708	720	616	594	550
3	400	592	612	312	732	780	840	768	767	576
4	480	624	896	396	768	806	854	832	806	612
5	480	630	975	396	990	840	936	864	812	845
6	495	656	994	405	994	915	1 095	924	848	962
7	510	663	1 121	420	1 120	976	1 152	928	935	976
8	612	779	1 122	465	1 168	1 000	1 216	980	1 024	1 050
9	646	782	1 260	468	1 235	1 020	1 320	988	1 026	1 088
10	703	864	1 360	595	1 748	1 122	1 491	1 083	1 380	1 224

Рекомендації до виконання

I етап. На першому кроці необхідно визначити середнє значення розмірів замовлення для кожного з 10-ти звітних періодів. Розрахунок здійснюється за формулою

$$\bar{q}_i^z = \frac{Q_i^{\text{вал}}}{N_i^{\text{зам}}}, \quad (2.1)$$

де \bar{q}_i^z – середній розмір замовлення, т;

$Q_i^{\text{вал}}$ – валовий обсяг замовлення за звітній період, т;

$N_i^{\text{зам}}$ – кількість виконаних замовлень за звітній період, од.

Точність розрахунку у разі отримання нецілого значення обирати до одного знаку після коми.

II етап. Виконати статистичну оцінку середнього розміру замовлення на перевезення в цілому за 10 звітних періодів. Для визначення цього показника

необхідно враховувати загальну кількість виконаних замовлень за кожен звітний період

$$\bar{q}^3 = \frac{\sum_{i=1}^{10} N_i^{\text{зам}} \cdot \bar{q}_i^3}{\sum_{i=1}^{10} N_i^{\text{зам}}} \quad (2.2)$$

III етап. Виконати прогноз валових обсягів перевезень за умови збільшення кількості заявок на обслуговування.

Основною умовою збільшення кількості заявок на обслуговування є крок збільшення кількості заявок. Довжиною кроку є кількість додаткових заявок на обслуговування. Крок зростання кількості заявок наведено за варіантами в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дані для моделювання кількості майбутніх заявок на обслуговування (варіант обирається аналогічно до варіанту табл. 2.2)

Довжина кроку зростання кількості заявок	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΔN	4	3	2	5	6	1	4	2	3	7

Прогноз будується на чотири кроки вперед. Отже, розрахунок майбутніх значень кількості заявок виконується за такою залежністю:

$$N_{i+1}^{\text{зам}} = N_i^{\text{зам}} + \Delta N. \quad (2.3)$$

Таким чином, для визначення кількості замовлень в 11-му (прогнозованому) періоді $N_i^{\text{зам}}$ приймається для 10-го періоду. Відповідно, розрахунок для 12-го періоду виконується на підставі $N_i^{\text{зам}}$ попереднього прогнозованого періоду (11-го). В результаті мають сформуватися прогнозні кількості заявок для періодів 11, 12, 13 та 14.

IV етап. Прогноз валових обсягів перевезень для періодів 11, 12, 13 та 14 здійснюється за методом лінійної екстраполяції. Прогноз виконується за такою моделлю:

$$Q_{i+1}^{\text{вал}} = Q_{i-1}^{\text{вал}} + \frac{(N_{i+1}^{\text{зам}} - N_{i-1}^{\text{зам}})}{(N_i^{\text{зам}} - N_{i-1}^{\text{зам}})} \cdot (Q_i^{\text{вал}} - Q_{i-1}^{\text{вал}}), \quad (2.4)$$

де i – порядковий номер останнього значення в статистичному ряду.

Результати розрахунків представити у вигляді графіка.

V етап. Виконати оцінку динаміки зміни валових обсягів перевезень за виразом

$$\Delta_{i-(i+1)} = \left(\frac{Q_i^{\text{вал}} - Q_{i+1}^{\text{вал}}}{Q_i^{\text{вал}}} \right) \cdot 100. \quad (2.5)$$

Результати розрахунку представити у вигляді гістограми.

За результатами проведених розрахунків виконати аналіз та сформулювати висновки.

Контрольні рфпитання

1. Як виконується формалізація лінійного зв'язку між функцією та аргументом?
2. У чому полягає метод лінійного екстраполювання даних?
3. Які позитивні та негативні сторони застосування методу лінійного екстраполювання?
4. У чому відмінність методу лінійної екстраполяції від методу лінійної інтерполяції?
5. Наведіть приклади прогнозування основних характеристик транспортного процесу за методом лінійної екстраполяції?

ЗАВДАННЯ № 3 ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НАСЕЛЕННЯ НА МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ

Мета заняття: набути практичних навичок розрахування обсягу перевезень пасажирів у містах.

Завдання: спрогнозувати обсяг перевезень на міських автобусних маршрутах.

Задача. Скорегувати згідно з варіантом транспортну рухливість населення та питому частку автобусних перевезень у загальному обсязі перевезень; визначити перспективну рухливість населення та питому частку; визначити рухливість населення на автобусному транспорті; розрахувати обсяг перевезень пасажирів на автобусах.

Виконати оцінку розроблених моделей та розробити прогноз параметрів і показників транспортних систем.

Вихідні дані: згідно з чисельністю населення (табл. 3.1–3.3).

Чисельність міста

$$N = \frac{N_0}{3} \cdot 10^5 + 50\,000, \quad (3.1)$$

де N_0 – номер за списком групи.

Таблиця 3.1 – Транспортна рухливість населення за категоріями міст

Група міста	Чисельність населення, тис. осіб	Середина інтервалу, тис. осіб	Роки				
			1	2	3	4	5
1	Більше 1 000	1 500	461	465	467	474	479
2	500–1 000	750	391	394	397	399	401
3	250–500	375	378	379	382	382	382
4	100–250	175	330	333	334	334	337
5	50–100	75	192	194	197	198	199

Таблиця 3.2 – Рівень питомої частки автобусних перевезень у місті

Група міста	Роки				
	1	2	3	4	5
1	0,230	0,230	0,230	0,239	0,232
2	0,254	0,316	0,288	0,295	0,298
3	0,331	0,337	0,350	0,358	0,369
4	0,553	0,566	0,572	0,594	0,605
5	0,681	0,692	0,496	0,715	0,725

Рекомендації до виконання

I етап. Методом лінійної інтерполяції розрахувати транспортну рухливість та питому частку автобусних перевезень за останні п'ять років, використовуючи формулу

$$X = X_{min} + \frac{(N - N_{min}) \cdot (X_{max} - X_{min})}{N_{max} - N_{min}}, \quad (3.2)$$

де X, X_{max}, X_{min} – показник, що визначається (транспортна рухливість або питома частка автобусних перевезень);

N, N_{max}, N_{min} – чисельність населення для відповідних інтервалів.

Результати розрахунків сформувані в таблицю.

II етап. Прогноз транспортної рухливості населення та питомої частки автобусних перевезень визначається за лінійною однофакторною моделлю:

$$X_6 = a + b \cdot t, \quad (3.3)$$

де a, b – відповідно, коефіцієнти моделі.

Визначення коефіцієнтів a та b (окремо для моделі транспортної рухливості та питомої частки автобусних перевезень) виконується шляхом вирішення системи нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} 5 \cdot a + b \cdot \sum_{t=1}^5 t = \sum_{t=1}^5 X_t \\ a \sum_{t=1}^5 t + b \cdot \sum_{t=1}^5 t^2 = \sum_{t=1}^5 X_t \cdot t \end{cases}, \quad (3.4)$$

де t – порядкові номери років;

X_t – значення показника, яке визначається за кожним роком.

III етап. Прогнозування обсягу пересувань на міських автобусних маршрутах.

Рухливість, що реалізована на автобусних маршрутах,

$$P_{\text{автобус}(6\text{рік})} = P_6 \cdot Y_6, \quad (3.5)$$

де P_6 – транспортна рухливість населення;

Y_6 – рівень питомої частки автобусних перевезень в місті.

Обсяг перевезень пасажирів, реалізований на автобусних маршрутах, визначається за формулою

$$Q_{\text{автобус}} = P_{\text{автобус}(6\text{рік})} \cdot N. \quad (3.6)$$

За результатами проведених розрахунків сформулювати висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке рухливість населення?
2. У чому полягає метод лінійної інтерполяції?
3. Які моделі використовуються для виконання прогнозування?
4. Яким чином знаходяться коефіцієнти регресійних моделей?
5. Яким чином визначається обсяг перевезень пасажирів?

ЗАВДАННЯ № 4 ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУ ВЕЛИЧИНИ ТРАНСПОРТНОЇ РОБОТИ

Мета заняття: закріпити теоретичні знання з розрахунку коефіцієнтів регресійних моделей на основі методу найменших квадратів.

Завдання: розробити альтернативні адитивні та мультиплікативні моделі прогнозу величини транспортної роботи та визначити їх коефіцієнти.

Задача. Використовуючи вихідні дані (табл. 4.1, 4.2 та 4.3), розрахувати коефіцієнти регресійних моделей за методом найменших квадратів.

Варіант обирається аналогічно до правил роботи № 1.

Величина транспортної роботи формується на підставі величини вантажного пробігу транспортних засобів та обсягу перевезень, але така статистична інформація не завжди доступна. У зв'язку з цим прогнозування обсягу виконаної транспортної роботи виконується на підставі «суміжних» показників, наприклад, кількості виконаних обертів, середньої довжини маршруту та вантажності рухомого складу. На підставі цього в рамках роботи необхідно розробити альтернативні регресійні моделі на основі статистики за

двома факторами: кількість виконаних обертів за звітний період та середня вантажність рухомого складу, застосованого для перевезення.

Таблиця 4.1 – Статистичні значення виконаної транспортної роботи, ткм

Порядковий номер звітнього періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5 642	6 132	6 258	6 065	6 591	5 956	6 212	5 913	6 257	6 247
2	6 533	6 536	6 402	6 083	6 723	6 138	6 498	6 005	6 479	6 825
3	6 560	6 630	6 513	6 124	6 932	6 217	6 571	6 074	6 508	6 848
4	6 579	6 632	6 533	6 500	6 954	6 432	6 574	6 270	6 735	6 893
5	6 830	6 907	6 590	6 644	7 074	6 514	6 641	6 494	6 826	6 918
6	6 986	6 928	6 803	6 704	7 146	6 750	6 724	6 604	6 841	7 091
7	6 760	6 741	6 669	6 477	6 940	6 541	6 667	6 535	6 880	6 918
8	7 292	7 266	7 272	7 110	7 467	7 047	7 302	7 329	7 444	7 672
9	7 088	7 031	7 064	6 874	7 333	6 937	7 072	7 101	7 315	7 455
10	7 136	7 253	7 127	6 946	7 341	6 962	7 134	7 102	7 398	7 608

Таблиця 4.2 – Статистичні дані кількості виконаних поїздок, од.

Порядковий номер звітнього періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	51	52	50	51	50	51	51	53	50	52
2	55	53	55	53	54	52	53	60	51	55
3	55	55	55	54	58	53	53	61	57	55
4	56	55	55	56	59	57	54	64	58	57
5	56	55	58	56	63	65	56	64	59	57
6	56	55	58	57	64	65	59	65	60	57
7	57	60	59	58	67	66	60	68	60	59
8	57	65	61	58	67	67	61	68	61	60
9	62	66	65	59	70	68	63	72	64	62
10	66	67	66	63	70	71	67	72	66	62

Таблиця 4.3 – Статистичні дані середньої вантажності рухомого складу, т

Порядковий номер звітного періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8	9	9	6	5	6	7	7	8	10
2	9	6	7	9	8	8	9	6	9	10
3	6	7	6	7	10	7	10	6	9	6
4	9	5	7	9	7	9	10	6	9	9
5	7	10	9	8	6	8	7	9	9	5
6	7	8	9	7	8	9	9	9	5	8
7	8	8	7	8	9	8	5	6	9	8
8	6	9	8	10	9	6	6	9	8	5
9	8	8	8	8	6	10	6	7	7	10
10	6	8	8	7	6	8	8	10	9	10

Рекомендації до виконання

I етап. Формування альтернативних варіантів адитивних регресійних моделей. Найпростіший варіант регресійної моделі буде виглядати так:

$$\hat{P} = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot \bar{q}_n, \quad (4.1)$$

де a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти регресійної моделі;

z – кількість виконаних поїздок, од.;

\bar{q}_n – середня вантажність рухомого складу, т.

Оскільки метою побудови моделі прогнозу є збільшення точності результатів прогнозу, необхідно дослідити варіанти комбінування факторних ознак. Наприклад, можна виконати процедуру множення факторів (кількості виконаних поїздок та середньої вантажності), у результаті чого формується новий фактор:

$$\hat{P} = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot \bar{q}_n + a_3 \cdot z \cdot \bar{q}_n. \quad (4.2)$$

Або можливе збільшення ступеня рівняння:

$$\hat{P} = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot \bar{q}_n + a_3 \cdot z^2. \quad (4.3)$$

Таким чином, у результаті виконання першого етапу необхідно отримати три альтернативні види адитивних моделей. Відповідно, для кожної моделі формується чисельний ряд факторних ознак. Ця процедура виконується в разі комбінування двох факторів або збільшення ступеня рівняння.

II етап. Виконується розрахунок коефіцієнтів регресійних моделей на підставі методу найменших квадратів. Розрахунки виконуються з використанням MS Excel надбудови «Аналіз даних» (Регресія) (рис. 4.1).

Після виклику функції «Регресія» необхідно ввести в діалогове вікно значення функції «Вхідний інтервал Y», яким є значення величини транспортної роботи P . Після цього вводиться діапазон «Вхідний інтервал X», яким є діапазон значень величини кількості поїздок та середньої вантажності. Важливо зазначити, що діапазон двох та більше факторів вводиться разом (рис. 4.2 та 4.3).

У результаті введення даних користувач отримує діалогове вікно такого вигляду (рис. 4.4).

Варто зазначити, що для полегшення обробки результатів розрахунку коефіцієнтів регресії користувачу необхідно активувати режим «Мітки».

Виведення результатів розрахунку можливий на новий робочий аркуш або на той самий робочий аркуш, на якому містяться вихідні дані. Для цього необхідно обрати варіант «Вихідний інтервал» та позначити місце для виведення результатів на робочому аркуші. Результати регресійного аналізу представлені на рисунку 4.5.

Жовтим кольором на рисунку 4.5 позначено отримані значення коефіцієнтів регресійної моделі, зазначеної у формулі (4.1). «Y-перетин» є коефіцієнтом a_0 , a_1 відповідає фактору z , a_2 – фактору q .

Аналогічно розрахунок виконується для моделей (4.2) та (4.3).

III етап. Виконати розрахунок значень середньої відносної похибки апроксимації для трьох альтернативних варіантів адитивних моделей. Зробити висновок про доцільність застосування моделі з найменшою похибкою.

IV етап. Побудова мультиплікативних моделей прогнозування величини транспортної роботи. Як альтернативні мультиплікативні моделі, можна застосувати показникову (4.4) або степеневу (4.5) формули:

$$\hat{P} = b_0 \cdot b_1^z \cdot b_2^{\bar{q}_n}; \quad (4.4)$$

$$\hat{P} = b_0 \cdot z^{b_1} \cdot \bar{q}_n^{b_2}. \quad (4.5)$$

Побудова моделей мультиплікативного виду передбачає також використання методу найменших квадратів для оцінки коефіцієнтів моделей.

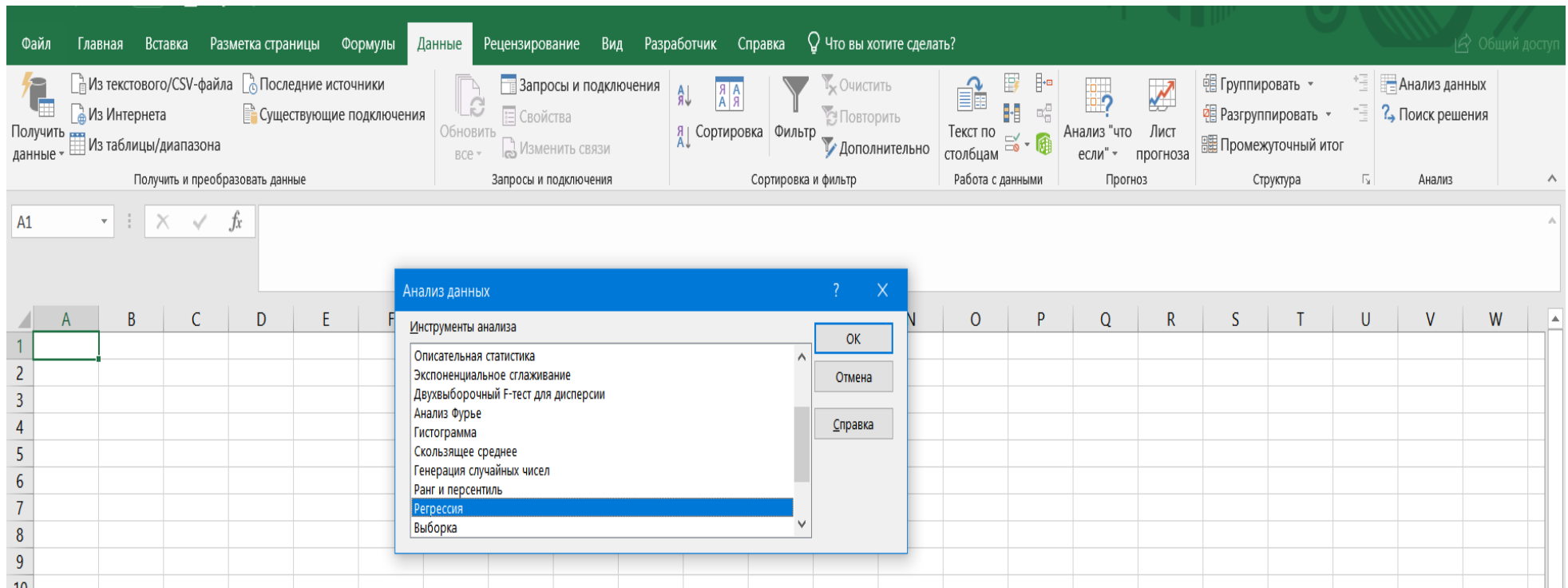


Рисунок 4.1 – Диалогове вікно виклику надбудови «Регресія» в MS Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик Справка Что вы хотите сделать? Общий доступ

Получить данные: Из текстового/CSV-файла, Из Интернета, Из таблицы/диапазона, Последние источники, Существующие подключения

Запросы и подключения: Обновить все, Свойства, Изменить связи

Сортировка и фильтр: Сортировка, Фильтр, Очистить, Повторить, Дополнительно

Работа с данными: Текст по столбцам

Прогноз: Анализ "что если", Лист прогноза

Структура: Группировать, Разгруппировать, Промежуточный итог

Анализ: Анализ данных, Поиск решения

Получить и преобразовать данные Запросы и подключения Сортировка и фильтр Работа с данными Прогноз Структура Анализ

A1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	P	Z	q																				
2	5642	51	8																				
3	6533	55	9																				
4	6560	55	6																				
5	6579	56	9																				
6	6830	56	7																				
7	6986	56	7																				
8	6760	57	8																				
9	7292	57	6																				
10	7088	62	8																				
11	7136	66	6																				
12																							

Регрессия ? X

\$A\$1:\$A\$11

Рисунок 4.2 – Введення діапазону «Вхідний інтервал Y»

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы **Данные** Рецензирование Вид Разработчик Справка Что вы хотите сделать? Общий доступ

Получить данные: Из текстового/CSV-файла, Из Интернета, Из таблицы/диапазона, Последние источники, Существующие подключения

Обновить все: Запросы и подключения, Свойства, Изменить связи

Сортировка и фильтр: Сортировка, Фильтр, Очистить, Повторить, Дополнительно

Работа с данными: Текст по столбцам, Анализ "что если", Лист прогноза

Структура: Группировать, Разгруппировать, Промежуточный итог

Анализ: Анализ данных, Поиск решения

В1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	P	Z	q																				
2	5642	51	8																				
3	6533	55	9																				
4	6560	55	6																				
5	6579	56	9																				
6	6830	56	7																				
7	6986	56	7																				
8	6760	57	8																				
9	7292	57	6																				
10	7088	62	8																				
11	7136	66	6																				
12																							

Регрессия ? X

\$B\$1:\$C\$11

Рисунок 4.3 – Введення діапазону «Вхідний інтервал X»

Рисунок 4.4 – Результаты введения входных данных у диалоговое окно «Регрессия»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	P	Z	q		ВЫВОД ИТОГОВ											
2	5642	51	8													
3	6533	55	9		<i>Регрессионная статистика</i>											
4	6560	55	6		Множественный R		0,756942002									
5	6579	56	9		R-квадрат		0,572961194									
6	6830	56	7		Нормированный R-квадрат		0,450950107									
7	6986	56	7		Стандартная ошибка		345,6499547									
8	6760	57	8		Наблюдения		10									
9	7292	57	6													
10	7088	62	8		<i>Дисперсионный анализ</i>											
11	7136	66	6			<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>						
12					Регрессия	2	1122093,162	561046,5809	4,695976463	0,05089038						
13					Остаток	7	836317,2382	119473,8912								
14					Итого	9	1958410,4									
15																
16						<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>			
17					Y-пересечение	3302,589127	2079,866567	1,587885098	0,156334947	-1615,513797	8220,692051	-1615,513797	8220,692051			
18					Z	72,65000592	29,61992499	2,45274105	0,04393034	2,610012958	142,6899989	2,610012958	142,6899989			
19					q	-95,9870899	104,0104211	-0,922860315	0,386783874	-341,932654	149,9584742	-341,932654	149,9584742			
20																
21																

Рисунок 4.5 – Результаты розрахунку коефіцієнтів регресійної моделі прогнозу

Наведемо приклад лінеаризації для показникової моделі (4.4) та степеневій (4.5):

$$\ln(P) = \ln(b_0) + z \cdot \ln(b_1) + \bar{q}_n \cdot \ln(b_2). \quad (4.6)$$

Як зрозуміло з формули (4.6), лінеаризація показникової функції передбачає логарифмування лише значення величини транспортної роботи (вихідні дані) і виглядає так:

$$\ln(P) = \ln(b_0) + b_1 \cdot \ln(z) + b_2 \cdot \ln(\bar{q}_n). \quad (4.7)$$

У разі степеневій функції лінеаризація виконується шляхом логарифмування як результуючої (величина транспортної роботи за вихідними даними), так і факторних ознак (кількість їздок та середня вантажність транспортного засобу).

Більш трудомістким є процес побудови степеневій функції, тому розглянемо для неї приклад розрахунку. Зокрема, першим кроком є логарифмування даних. Результати цієї процедури наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Результати логарифмування даних

P	LN(P)	Z	LN(Z)	q	LN(q)
5 642	8,638	51	3,931 8	8	2,079 4
6 533	8,784 6	55	4,007 3	9	2,197 2
6 560	8,788 7	55	4,007 3	6	1,791 8
6 579	8,791 6	56	4,025 4	9	2,197 2
6 830	8,829 1	56	4,025 4	7	1,945 9
6 986	8,851 7	56	4,025 4	7	1,945 9
6 760	8,818 8	57	4,043 1	8	2,079 4
7 292	8,894 5	57	4,043 1	6	1,791 8
7 088	8,866 2	62	4,127 1	8	2,079 4
7 136	8,872 9	66	4,189 7	6	1,791 8

Результат визначення коефіцієнтів регресії для степеневій функції подано на рисунку 4.6. В результаті одержано коефіцієнт для z, який дорівнює 0,69 та для фактору \bar{q}_n , який дорівнює -0,098 9.

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	LN(P)	LN(Z)	LN(q)			ВЫВОД ИТОГОВ									
2	8,638	3,9318	2,0794												
3	8,7846	4,0073	2,1972			<i>Регрессионная статистика</i>									
4	8,7887	4,0073	1,7918			Множественный R	0,769944008								
5	8,7916	4,0254	2,1972			R-квадрат	0,592813775								
6	8,8291	4,0254	1,9459			Нормированный R-квадрат	0,476474854								
7	8,8517	4,0254	1,9459			Стандартная ошибка	0,052466436								
8	8,8188	4,0431	2,0794			Наблюдения	10								
9	8,8945	4,0431	1,7918												
10	8,8662	4,1271	2,0794			<i>Дисперсионный анализ</i>									
11	8,8729	4,1897	1,7918				<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>				
12						Регрессия	2	0,028053456	0,014026728	5,095575653	0,043080008				
13						Остаток	7	0,019269088	0,002752727						
14						Итого	9	0,047322545							
15															
16						<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>		
17						Y-пересечение	6,221097198	1,16521256	5,339023462	0,001076887	3,465807319	8,976387076	3,465807319	8,976387076	
18						LN(Z)	0,690028152	0,264132612	2,61243073	0,034790093	0,065453772	1,314602532	0,065453772	1,314602532	
19						LN(q)	-0,098972623	0,115661661	-0,855708129	0,420481595	-0,372468991	0,174523745	-0,372468991	0,174523745	
20															

Рисунок 4.6 – Результат визначення коефіцієнтів регресії для степеневі функції

Необхідно зазначити, що коефіцієнт b_0 отримано шляхом експонування одержаного значення «Y-перетин», тобто виконується така процедура:

$$b_0 = \exp(Y - \text{перетин}). \quad (4.8)$$
$$b_0 = 2,71^{6,221} = 503,255.$$

Отже, підсумковий вигляд функції степеневій моделі прогнозу мультиплікативного виду буде таким:

$$\hat{P} = 503,255 \cdot Z^{0,69} \cdot q^{-0,0989}.$$

На підставі одержаної моделі можна визначити прогнозні значення величини транспортної роботи. Наприклад, для першого значення зі статистичного ряду (дані за табл. 4.4) прогнозне значення буде визначатися за таким виразом:

$$\hat{P}_1 = 503,255 \cdot 51^{0,69} \cdot 8^{-0,0989} = 6175,59 \text{ ткм.}$$

Аналогічно виконується розрахунок коефіцієнтів показникової функції згідно з процедурою лінеаризації за формулою (4.6). Отримані значення коефіцієнтів регресії необхідно експонувати за аналогією з формулою (4.8).

За результатами розрахунків зробити висновки щодо доцільності використання адитивних та мультиплікативних моделей прогнозу.

Контрольні запитання

1. Що таке регресійний аналіз?
2. Яким чином проводиться розрахунок коефіцієнтів регресійних моделей?
3. Що показує значення «Y-перетин»?
4. Для чого проводиться процедура лінеаризації вхідних даних?
5. Яким показником оцінюється адекватність моделі?

ЗАВДАННЯ № 5 ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСУ ОЧІКУВАННЯ ПАСАЖИРІВ

Мета заняття: дати статистичну оцінку інтервалу зміни часу очікування пасажирів на зупиночних пунктах.

Завдання: виконати прогнозування часу очікування пасажирів.

Задача. Визначити тривалість часу очікування транспортних засобів пасажирами на зупиночних пунктах після підходу на зупинку; визначити тривалість часу очікування транспортних засобів пасажирами на зупиночних пунктах під час пересадки; побудувати гістограми розподілу часу очікування

для двох сценаріїв; розрахувати статистичні характеристики тривалості часу очікування для двох сценаріїв; виконати прогноз рівня коливань часу очікування маршрутних транспортних засобів.

Вихідні дані наведено в таблицях 5.1, 5.2 та 5.3.

Таблиця 5.1 – Статистичні значення моментів підходу пасажирів на зупиночний пункт

Порядковий номер	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	7	5	8	6	0	6	8
2	9	6	9	5	7	8	6	8	6	8
3	5	7	5	7	6	5	2	5	2	6
4	0	9	1	6	1	3	4	7	7	6
5	9	2	8	10	6	6	2	2	8	9
6	9	0	4	8	2	5	10	5	4	8
7	3	4	0	1	9	1	5	0	8	10
8	2	3	5	9	3	4	6	3	5	9
9	9	3	6	5	2	6	6	5	10	9
10	4	6	5	2	2	4	1	4	1	0
11	7	0	9	5	6	5	6	1	3	9
12	5	4	3	6	3	2	6	2	9	8
13	4	3	5	4	7	10	4	8	10	3
14	3	2	7	5	8	10	9	9	3	7
15	7	9	3	0	7	5	9	1	5	0
16	7	8	9	7	6	3	5	4	8	9
17	7	3	8	2	10	8	1	5	4	6
18	8	9	6	10	1	6	6	5	8	3
19	10	7	2	3	4	5	10	8	2	10
20	9	5	1	3	2	9	5	7	7	4

Таблиця 5.2 – Статистичні дані моментів прибуття на зупиночний пункт транспортних засобів, з яких здійснюється пересадка

Порядковий номер	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10	11	11	9	10	9	9	11	10	12
2	9	9	10	9	10	12	8	9	10	8
3	11	10	11	12	10	10	9	9	9	9

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	11	8	12	9	9	8	10	9	10	10
5	10	12	9	9	10	9	9	11	10	10
6	10	11	10	8	11	11	8	8	9	10
7	10	9	9	10	8	10	11	12	11	10
8	8	11	8	11	10	9	10	10	8	9
9	8	10	9	9	9	9	9	12	10	10
10	10	8	10	10	11	10	10	9	9	9
11	11	10	12	10	10	9	11	9	10	9
12	9	11	9	8	9	9	10	10	11	11
13	9	9	9	11	10	10	8	12	10	11
14	11	10	9	11	11	9	11	10	11	11
15	12	10	9	11	11	9	9	9	10	10
16	11	10	10	11	9	9	9	10	11	10
17	12	10	8	10	10	10	9	12	11	10
18	9	11	10	10	10	10	11	12	10	13
19	11	8	10	10	11	9	8	8	11	9
20	11	9	11	10	10	11	10	9	10	10

Таблиця 5.3 – Статистичні дані моментів прибуття на зупиночний пункт транспортних засобів, на які здійснюється пересадка

Порядковий номер	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15	12	15	16	14	17	15	15	14	13
2	14	15	16	15	15	16	14	14	13	16
3	15	15	17	16	15	14	18	15	15	16
4	15	14	16	16	16	17	15	14	15	17
5	16	16	14	14	16	14	16	15	14	15
6	14	15	14	14	15	15	16	15	15	14
7	14	15	15	14	15	14	16	13	15	15
8	17	14	14	14	13	14	15	17	15	15
9	14	16	15	16	15	16	15	16	15	15
10	14	14	15	16	16	14	15	17	14	15
11	14	15	15	14	16	15	15	14	15	14
12	14	17	14	14	15	16	14	15	15	15
13	15	15	16	16	16	13	15	14	15	16

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	15	16	12	16	15	13	15	16	14	14
15	14	15	15	15	15	12	14	14	16	16
16	15	15	14	16	16	15	15	16	15	15
17	15	15	16	15	14	15	14	16	17	15
18	15	15	17	15	13	16	15	14	15	14
19	17	16	14	14	15	15	14	15	16	14
20	15	16	12	16	15	13	15	16	14	14

Рекомендації до виконання

I етап. Визначити час очікування пасажирів, що підходять на зупиночний пункт.

Час очікування пасажирів (tw) формалізується, як різниця між моментом підходу пасажирів (A) та моментом прибуття транспортного засобу (D) (рис. 5.1).

Час очікування розраховується за залежністю

$$tw = D - A, \quad (5.1)$$

$$tw = \begin{cases} D_1 - A, & \text{при } A \leq D_1; \\ D_2 - A, & \text{при } A > D_1. \end{cases} \quad (5.2)$$

Момент прибуття транспортного засобу (D_2) визначається шляхом додавання величини інтервалу руху ($I = 15$ хв) та моменту прибуття транспортного засобу (D_1) (табл. 5.2).

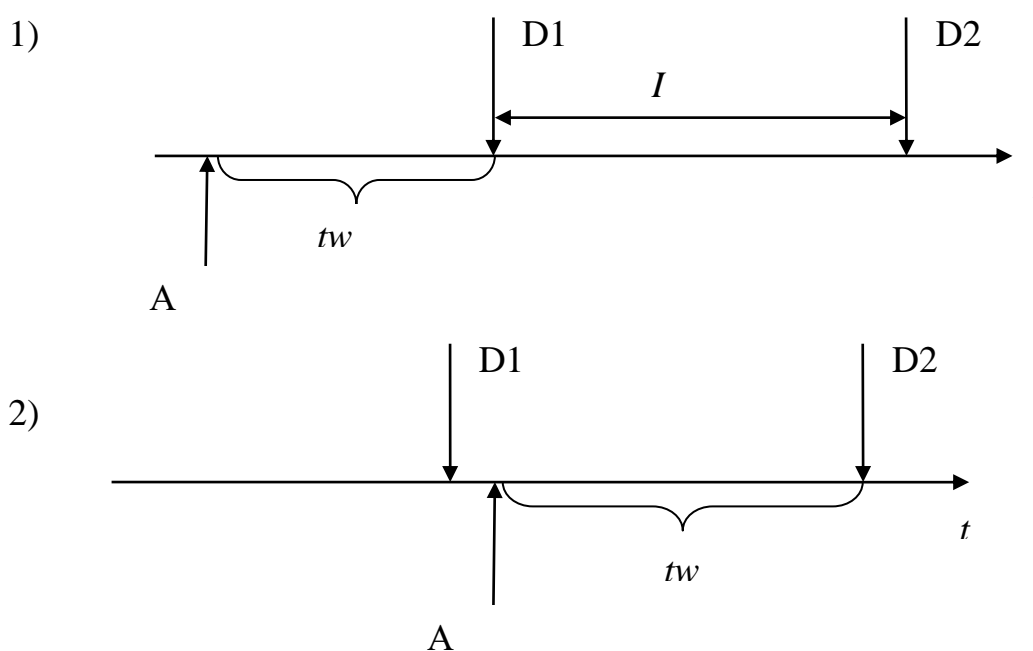


Рисунок 5.1 – Схема визначення часу очікування пасажирів

II етап. Визначити час очікування пасажирів, що здійснюють пересадку.

Час очікування пасажирів, що здійснюють пересадку, формалізується як різниця між моментом прибуття транспортного засобу, з якого здійснюється пересадка (D_1), а моментом є прибуття транспортного засобу, на який здійснюється пересадка (D_2), з урахуванням часу, що витрачається на перехід між зупиночними пунктами (t) (рис. 5.2).

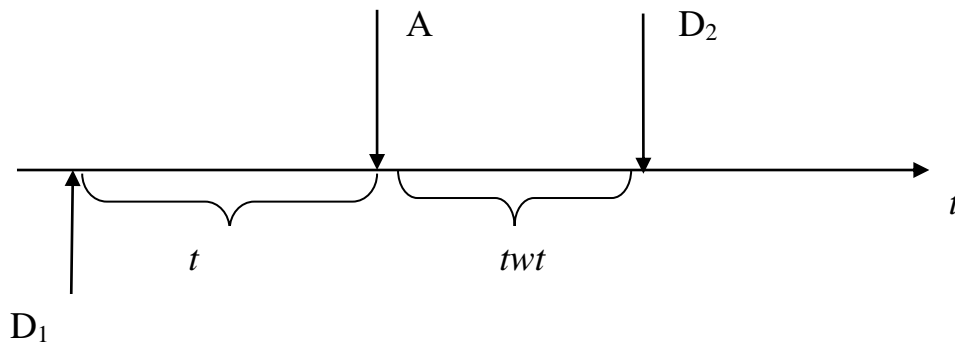


Рисунок 5.2 – Схема визначення часу очікування пасажирів під час пересадки

Час очікування пасажирів під час пересадки

$$twt = D - (D_1 + t), \quad (5.3)$$

$$twt = \begin{cases} D_2 - (D_1 + t), & \text{при } D_1 + t \leq D_2; \\ D_3 - (D_1 + t), & \text{при } D_1 + t > D_2. \end{cases}$$

Момент прибуття транспортного засобу (D_3) визначається шляхом додавання інтервалу руху ($I = 15$ хв) та моменту прибуття транспортного засобу (D_2).

III етап. Для отриманої множини значень часу очікування побудувати гістограму частот.

Кількість інтервалів, на які розбивається діапазон варіювання випадкової величини, визначають за формулою Стерджеса:

$$K = 1 + 3,32 \lg n, \quad (5.4)$$

де n – кількість спостережень випадкової величини.

IV етап. Для результатів розрахунку часу очікування пасажирів визначити математичне очікування та середнє квадратичне відхилення:

$$M[tw] = \frac{\sum_{i=1}^n tw_i}{n}, \quad (5.5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (tw_i - \bar{tw})^2}{n}}. \quad (5.6)$$

Аналогічно зробити розрахунки для часу очікування пасажирів, що здійснюють пересадку.

V етап. Визначити прогнозні значення часу очікування пасажирів за виразом

$$t_{\text{факт}} = \bar{t} \pm \sigma \cdot 1,96. \quad (5.7)$$

Зробити висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Як визначається час очікування пасажирів?
2. З яких складових складається процес пересадки пасажирів?
3. Назвіть основні статистичні характеристики випадкових величин.
4. Яким чином розраховується математичне очікування?
5. Яким чином розраховується середнє квадратичне відхилення?

ЗАВДАННЯ № 6 ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

Мета заняття: закріпити теоретичні знання щодо визначення параметрів функціонування маршрутної мережі міста.

Завдання: виконати прогнозування параметрів функціонування маршрутної мережі міста.

Задача. Оцінити рівень розвиненості маршрутної мережі; визначити щільність маршрутної мережі; розрахувати середній час пересування по маршрутній мережі; охарактеризувати стан дублювання маршрутів електротранспорту автобусними маршрутами; зробити висновки по роботі.

Вихідні дані для виконання роботи представлено в таблиці 6.1 (варіант – передостання цифра за списком групи) та таблиці 6.2 (варіант – остання цифра за списком групи). Схема транспортної мережі зображена на рисунку 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика міста

Параметр	Значення									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Площа міста, км ²	60	45	50	52	57	44	57	65	55	48
2. Питома частка селітебної площі в загальній площі міста	0,4	0,45	0,34	0,38	0,42	0,48	0,6	0,65	0,57	0,62
3. Довжина дуги графа транспортної мережі, м	560	660	620	670	520	570	610	600	580	640

Таблиця 6.2 – Характеристика маршрутної мережі

Параметр		Значення									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Середня дальність поїздки на електротранспорті, км		6,09	7,18	6,75	7,29	5,66	6,21	6,64	6,53	6,31	6,96
Середня дальність поїздки на міському автобусі, км		6,6	7,77	7,3	7,89	6,13	6,72	7,19	7,07	6,83	7,53
Швидкість сполучення на маршрутах електротранспорту, км/год		19	20	21	22	20	19	18	22	23	21
Швидкість сполучення на автобусних маршрутах, км/год	Маршрут 1	22,8	24	25,2	26,4	24	22,8	21,6	26,4	27,6	25,2
	Маршрут 2	23,7	25	26,2	27,5	25	23,7	22,5	27,5	28,7	26,2
	Маршрут 3	21,8	23	24,5	25,3	23	21,8	20,7	25,3	26,4	24,3
	Маршрут 4	19,9	21	22,1	23,1	21	19,9	18,9	23,1	24,1	22,4
	Маршрут 5	21,4	22,6	23,7	24,8	22,6	21,4	20,3	24,8	25,9	23,7
Добовий обсяг перевезення на маршрутах електро-транспортів, тис. пас.	Маршрут 1	12	14,4	15,6	10,8	15	16,8	9,6	10,2	9	13,4
	Маршрут 2	11,5	13,8	14,9	10,3	14,3	16,1	9,2	9,7	8,6	12,8
	Маршрут 3	10	12	13	9	12,5	14	8	8,5	7,5	11,2
Добовий обсяг перевезення на автобусних маршрутах, тис. пас.	Маршрут 1	21	25,2	27,3	18,9	26,2	29,4	16,8	17,8	15,7	23,5
	Маршрут 2	24	28,8	31,2	21,6	30	33,6	19,2	20,4	18	26,8
	Маршрут 3	23	27,6	29,9	20,7	28,7	32,2	18,4	19,5	17,2	25,7
	Маршрут 4	27	32,4	35,1	24,3	33,7	37,8	21,6	22,9	20,2	30,2
	Маршрут 5	22	26,4	28,6	19,8	27,5	30,8	17,6	18,7	16,5	24,6
Інтервал руху на електротранспорті, хв		20	24	26	18	25	28	16	17	15	22
Інтервал руху на автобусних маршрутах, хв		8	10	11	7	9	11	7	9	12	9
Траси маршрутів електро-транспортів	Маршрут 1	1-6-9-13-17-16-22-26-25-30-24					1-4-7-8-12-17-19-28-27-31-33				
	Маршрут 2	3-2-4-7-11-16-23-28-27-31-32-33					2-3-10-15-11-16-23-19-20-9-6-1				
	Маршрут 3	30-24-14-10-15-26-27-28-19-20-9-6					24-14-21-25-26-22-16-17-13-18-19-20				

Продовження таблиці 6.2

Траси автобусних маршрутів	Маршрут 1	2-3-4-7-11-16-23-28-32-33- 31-25-21-10	6-1-4-7-8-12-17-19-28-32-31- 30-24-14
	Маршрут 2	2-4-5-8-12-17-16-23-28-27- 26-25-30-24	2-3-10-15-11-16-23-19-18- 13-9-5-4-2
	Маршрут 3	24-14-10-15-26-27-28-19-20- 29-32	30-24-14-21-25-26-22-16-17- 12-8
	Маршрут 4	4-1-6-9-13-17-16-22-26-25- 30-24-14-10	33-32-28-23-16-17-13-8-5-4- 2-3-10-14
	Маршрут 5	4-5-9-20-19-17-16-11-15-10- 14-24-30-31-33-32	6-5-8-12-17-19-23-28-27-26- 25-30-24-14-10-3

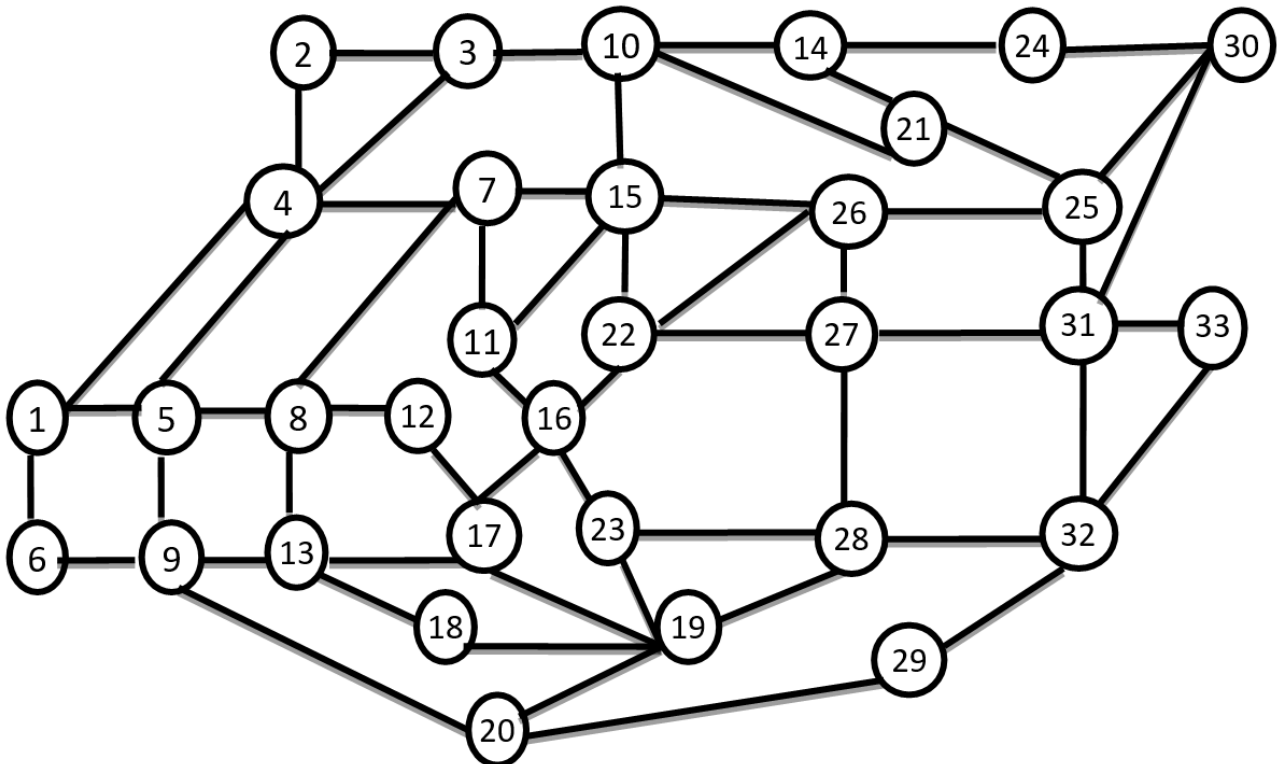


Рисунок 6.1 – Граф транспортної мережі

Рекомендації до виконання

I етап. Одним з основних показників, який характеризує ступінь розвиненості маршрутної мережі (ММ) міста, є маршрутний коефіцієнт. Він визначається за такою залежністю:

$$k_M = \frac{\sum_{i=1}^m l_{Mi}}{L_{TM}}, \quad (6.1)$$

де l_{Mi} – довжина i -го маршруту, км;

L_{TM} – протяжність транспортної мережі, км;

m – кількість маршрутів усіх видів міського пасажирського транспорту, од.

II етап. Щільність маршрутної мережі міста розраховується виходячи з селітебної площі міста – тієї частини міста, на якій безпосередньо мешкає населення:

$$\delta = \frac{L_{\text{ММ}}}{F_{\text{сел}}}, \quad (6.2)$$

де $L_{\text{ММ}}$ – довжина транспортної мережі, по якій проходять траси маршрутів, км;
 $F_{\text{сел}}$ – селітебна площа міста, км².

Виходячи з того, що селітебна площа міста є складовою загальної площі міста, її можна визначити так:

$$F_{\text{сел}} = F_{\text{М}} \cdot k_{\text{сел}}, \quad (6.3)$$

де $F_{\text{М}}$ – площа міста, км²;

$k_{\text{сел}}$ – питома частка селітебної площі від загальної площі міста.

III етап. Середній час пересування є одним з основних показників оцінки не тільки ефективності функціонування маршрутної мережі, а і якості транспортного обслуговування населення. Час пересування складається з таких величин:

$$\bar{t}_{\text{пер}} = \bar{t}_n + \bar{t}_{\text{оч}} + \bar{t}_{\text{підх}} + \bar{t}_{\text{відх}}, \quad (6.4)$$

де \bar{t}_n – середній час поїздки по маршрутній мережі міста (у роботі не береться до уваги можливість виконання пересадок), год;

$\bar{t}_{\text{оч}}$ – середній час очікування пасажирями маршрутних транспортних засобів на зупиночних пунктах, год;

$\bar{t}_{\text{підх}}$ – середній час підходу до зупиночного пункту, год;

$\bar{t}_{\text{відх}}$ – середній час відходу від зупиночного пункту, год.

3.1 На першому етапі необхідно визначити середній час поїздки окремо для кожного маршруту (автобусного та тролейбусного):

$$t_{ni}^r = \frac{\bar{l}_r}{V_{ci}}, \quad (6.5)$$

де t_{ni}^r – середній час поїздки на i -му маршруті r -го виду міського пасажирського транспорту, год;

\bar{l}_r – середня дальність поїздки на r -му виді міського пасажирського транспорту (МПТ), км;

V_{ci} – середня швидкість сполучення на i -му маршруті МПТ, км/год.

Середній час поїздки по маршрутній мережі визначається, як середньозважене серед усіх маршрутів міста:

$$\bar{t}_n = \frac{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m t_{ni}^r \cdot Q_{ir}}{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m Q_{ir}}, \quad (6.6)$$

де Q_i – добовий обсяг перевезення на i -му маршруті міського пасажирського транспорту, пас.

3.2 Середній час очікування на зупиночному пункті. Для кожного маршруту цей показник визначається за такою залежністю:

$$\bar{t}_{\text{очр}} = \frac{1}{2} \cdot I_{pr}, \quad (6.7)$$

де I_{pr} – інтервал руху маршрутних транспортних засобів на r -му виді транспорту, год.

За аналогією з (6.6) визначається середній час очікування на зупиночних пунктах ММ МПТ:

$$\bar{t}_{\text{оч}} = \frac{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m \bar{t}_{\text{очр}} \cdot Q_{ir}}{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m Q_{ir}}. \quad (6.8)$$

3.3 Середній час підходу до зупиночного пункту МПТ визначається на підставі даних щодо щільності маршрутної мережі міста:

$$\bar{t}_{\text{підх}} = \frac{1}{3 \cdot \delta \cdot V_{\text{підх}}}, \quad (6.9)$$

де $V_{\text{підх}}$ – швидкість підходу пасажирів до зупиночного пункту, приймаємо 4 км/год.

3.4 Середній час відходу від зупиночного пункту приймається рівним середньому часу підходу до зупиночного пункту, визначеного за формулою (6.9).

IV етап. Оцінка ступеня дублювання трас маршрутів електротранспорту автобусними маршрутами виконується шляхом зіставлення кількості збігів по зупиночних пунктах. У загальному вигляді пошук кількості збігів оцінюється, як

$$S_b = \frac{w}{n_b} \cdot 100, \quad (6.10)$$

де S_b – ступінь дублювання маршруту електротранспорту, %;

w – кількість зупиночних пунктів автобусного маршруту, які входять до траси маршруту електротранспорту, од.;

n_b – кількість зупиночних пунктів маршруту електротранспорту, од.

У висновках до роботи надати оцінку ступеня розвиненості та доступності маршрутної мережі, відповідності нормативам для малих та середніх міст часу пересування по маршрутній мережі та охарактеризувати рівень дублювання трас маршрутів електротранспорту автобусними маршрутами; приділити особливу увагу заходам з підвищення ефективності функціонування маршрутної мережі (у разі потреби за результатами розрахунків).

Контрольні запитання

1. Що таке селітебна площа міста?
2. Як визначається маршрутний коефіцієнт?
3. З яких показників складається час пересування пасажирів?
4. Яким чином оцінюється ступінь дублювання трас маршрутів?
5. Які заходи пропонуються для підвищення ефективності функціонування маршрутної мережі?
6. Який зв'язок між маршрутним коефіцієнтом та щільністю маршрутної мережі?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доля В. К. Прогнозування параметрів транспортних систем : підручник / В. К. Доля, Я. В. Санько, Т. О. Самісько ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 312 с.
2. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : підручник / А. М. Єріна, Д. Л. Єрін. – Київ : КНЕУ, 2014. – 348 с.
3. FORECAST і FORECAST. Функції LINEAR [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office/forecast-%D1%96-forecast-%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97-linear-50ca49c9-7b40-4892-94e4-7ad38bbeda99>, вільний (дата звернення: 04.07.2024). – Назва з екрану.
4. LINEST (функція LINEST) [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office/linest-%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-linest-84d7d0d9-6e50-4101-977a-fa7abf772b6d>, вільний (дата звернення: 03.07.2024). – Назва з екрану.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичних та самостійної робіт
із навчальної дисципліни

«ПРОГНОЗУВАННЯ В ЛОГІСТИЦІ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти зі спеціальності 073 – Менеджмент)*

Укладачі: **ГЮЛЄВ** Нізамі Уруджевич,
СОКОЛОВА Надія Анатоліївна

Відповідальний за випуск *Г. О. Самчук*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *Н. А. Соколова*

План 2024, поз. 441М

Підп. до друку 22.08.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 2,2.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Черноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017