

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять та самостійної роботи

з навчальної дисципліни

«МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»

*(для магістрів денної форми навчання
спеціальності 275 – Транспортні технології
освітня програма «Транспортні системи»)*

Харків
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
2017

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Моделювання транспортних систем» (для магістрів денної форми навчання спеціальності 275 – Транспортні технології, освітня програма «Транспортні системи» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Ю. О. Давідіч, Г. І. Фалецька. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 49 с.

Укладачі: д-р техн. наук, проф. Ю. О. Давідіч,
канд. техн. наук, доц. Г. І. Фалецька

Рецензент

Д. П. Понкратов, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики,
протокол № 2 від 31.08. 2017.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГНОЗОВАНОГО ОБСЯГУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СОБІВАРТОСТІ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	9
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3 ВИЗНАЧЕННЯ МАТРИЦІ ПАСАЖИРСЬКИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ У ПЕРІОД ПРОВЕДЕННЯ СВЯТКОВИХ ЗАХОДІВ У МІСТАХ	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ МІСТ	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА 5 ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	42
ДОДАТКИ	44

ВСТУП

Дисципліна «Моделювання транспортних систем» вивчає основні принципи моделювання транспортних систем, прийняття рішень в управлінні процесами автомобільного транспорту на основі моделювання процесів у транспортних системах.

Методичні рекомендації спрямовані на отримання студентами необхідних навичок та знань у сфері формального складу транспортних систем; параметрів зовнішнього середовища систем у пасажирському та вантажному транспорті; процедур із розроблення моделей маршрутних мереж міст; особливості застосування сучасного програмного забезпечення у сфері моделювання транспортних систем; здобуття навичок і компетентності для виконання формалізації систем у пасажирському та вантажному транспорті; розроблення математичних моделей транспортних процесів; визначення цільових функцій для надання результативних оцінок вантажного та пасажирського функціонування системи транспорту; розроблення та проведення експериментів у сфері транспортних процесів; моделювання транспортних процесів за допомогою сучасного програмного забезпечення.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГНОЗОВАНОГО ОБСЯГУ
ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Мета заняття

Визначення валового обсягу роботи автомобіля для перевезення вантажів.

Вихідні дані

Таблиця 1.1 – Обсяги поставок до сегмента остаточного споживання

Показник	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обсяг постачань сегмента «Транспорт» до сегмента остаточного споживання, т/міс	12185	19513	14658	16973	15289	12845	13548	19874	17645	15648
Обсяг постачання сегмента «Виробництво» до сектору остаточного споживання, т/міс	156054	129594	138927	137401	126878	129805	115464	165487	156487	178978
Примітка. Варіант обирається за останньою цифрою студентського квитка.										

Таблиця 1.2 – Технологічний коефіцієнт

Показник		Варіант									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Техно- логічний коєфі- цієнт	b11	0,651	0,468	0,155	0,798	0,198	0,723	0,435	0,248	0,945	0,789
	b12	0,124	0,479	0,357	0,249	0,672	0,275	0,291	0,431	0,726	0,246
	b21	0,219	0,972	0,572	0,217	0,691	0,238	0,329	0,208	0,692	0,902
	b22	0,261	0,593	0,342	0,911	0,677	0,151	0,931	0,212	0,635	0,228
Примітка. Варіант обирається за передостанньою цифрою студентського квитка.											

Етапи виконання завдання

1. Сформувати матрицю коефіцієнтів повних витрат.
2. Визначити модель валового випуску товарів.
3. Визначити матричний потік між сегментами.
4. Навести висновки.

Хід виконання

Для формування моделі прогнозування обсягів перевезень використовують статичну лінійну балансову модель. Виходячи з цієї моделі, обсяг загального виробництва будь-якої галузі, повинен формуватися з міжгалузевих потоків (обсяг товарів i -ї галузі, який є необхідним для подальшого виробництва товарів у j -й галузі) та обсягу товарів i -ї галузі, що направляється до сектору кінцевого споживання. Сума міжсегментних потоків та потоків товарів до сектору остаточного споживання формує обсяг валового виробництва i -ї галузі.

1. На першому етапі розраховуємо матричні коефіцієнти повних витрат за допомогою розрахунку матриці A :

$$A = \begin{vmatrix} 1; 0 \\ 0; 1 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} b_{11}; b_{12} \\ b_{21}; b_{22} \end{vmatrix}, \quad (1.1)$$

де $b_{11}, b_{12}, b_{21}, b_{22}$ – технологічні коефіцієнти.

2. Другим етапом є оцінка наявності можливих рішень. Для цього необхідно розрахувати детермінант матриці A . Якщо детермінант буде дорівнювати нулю – рішення відсутні, а наступні розрахунки буде неможливо виконати.

$$\det A = c_{11} \cdot c_{22} - c_{21} \cdot c_{12}, \quad (1.2)$$

де $c_{11}, c_{12}, c_{21}, c_{22}$ – елементи матриці A .

3. Мінор матриці A визначається шляхом викреслювання всіх стовпців та рядків, окрім обраних. Отже, перший елемент мінору матриці A буде визначено, як:

$$\begin{vmatrix} c_{11}; c_{12} \\ c_{21}; c_{22} \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{vmatrix} c_{22}; - * \\ - * ; * \end{vmatrix}. \quad (1.3)$$

Матрицю F виду визначаємо за результатами описаних перетворень:

$$F = \begin{vmatrix} f_{11} & f_{12} \\ f_{21} & f_{22} \end{vmatrix}. \quad (1.4)$$

4. На наступному етапі виконується транспонування матриці F . Під час транспонування замінюємо матричні строки стовбцями:

$$F^T = \begin{vmatrix} f_{11} & f_{21} \\ f_{12} & f_{22} \end{vmatrix}. \quad (1.5)$$

5. Після проведення розрахунків потрібно визначити матрицю коефіцієнтів повних витрат:

$$M = \frac{1}{\det A} \cdot F^T. \quad (1.6)$$

6. Модель валового обсягу виробництва товарів сегмента «Транспорт» і сегмента «Виробництво» можна сформулювати за допомогою отриманих значень коефіцієнта повних витрат:

$$g_1 = m_{11} \cdot y_1 + m_{12} \cdot y_2, \quad (1.7)$$

$$g_2 = m_{21} \cdot y_1 + m_{22} \cdot y_2, \quad (1.8)$$

де $m_{11}, m_{12}, m_{21}, m_{22}$ – матричні елементи M .

7. На цьому етапі формується матриця X міжсегментних потоків за допомогою використання даних щодо валового обсягу виробництва та значень технологічних коефіцієнтів:

$$x_{ij} = b_{ij} \cdot g_j. \quad (1.9)$$

8. Завершальним етапом є оцінювання ступеню впливу значень потоків, які знаходяться між сегментами, та остаточного сегмента споживання на величини валового виробництва. Необхідно звернути увагу на можливу зміну обсягів товарів, що надходять до остаточного сегмента споживання. Надати характеристику зростання цього показника на 30 %, 60 % та 80 % відносно варіанту за вихідними даними. Отримані результати, відповідно по кожній галузі, відобразити графічно.

9. У висновку оцінити взаємозв'язок міжсегментних потоків – валовим виробництвом, обсягом постачання до сегмента остаточного споживання – валовим виробництвом.

Запитання до перевірки знань

1. Як визначається валовий обсяг виробництва і-ї галузі?
2. Надати характеристику оцінки наявності можливих рішень.
3. За допомогою чого визначають значення коефіцієнти повних витрат?
4. За допомогою чого визначають значення коефіцієнтів технологічного процесу?
5. Оцінити характер впливу величин між сегментами потоків та сегментами остаточного споживання на значення величини валового виробництва.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СОБІВАРТОСТІ
ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Мета роботи

Побудова плану та оброблення результатів повного факторного експерименту за його рандомізації.

Вихідні дані

Змінні витрати: $z_{зм} = 3$ грн/км, $g_{зм} = 0,6$ грн/т-км.

Постійні витрати: $z_{пост} = 16$ грн/год; $g_{пост} = 2$ грн/т-год.

У цій роботі розрахунковий коефіцієнт використання пробігу транспортного засобу дорівнює 0,5. Технічна швидкість: $V_{техн} = 26$ км/год.

Таблиця 2.1 – Постійні значення параметрів технологічного процесу перевезення вантажів

Показник	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажопідйомність транспортного засобу (ТЗ), т	7	9	6	5	11	13	10	15	21	19
Математичне очікування технічної швидкості автомобіля, км/год	44	45	46	47	42	41	43	40	37	38
Середньоквадратичне відхилення параметра швидкості.	4,0	5,9	5,5	4,3	4,8	6,2	5,9	6,2	5,0	7,3
Примітка. Варіант обирається за передостанньою цифрою номеру студентського квитка.										

Таблиця 2.2 – Значення варіативних параметрів технологічного процесу під час перевезення вантажу за екстремальних умов

Показники		Варіант									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Довжина їздки з вантажем, км	min	46	41	48	49	45	41	41	45	44	46
	max	455	440	454	483	421	462	491	415	434	499
Статичний коефіцієнт використання вантажнопідйомності транспортного засобу	min	0,59	0,67	0,58	0,67	0,55	0,69	0,54	0,61	0,56	0,63
	max	0,71	0,79	0,96	0,74	0,7	0,99	0,75	0,72	0,92	0,74
Час навантаження на/розвантаження тонни вантажу, год/т.	min	0,03	0,02	0,05	0,05	0,04	0,01	0,03	0,02	0,04	0,05
	max	0,06	0,05	0,08	0,09	0,09	0,05	0,09	0,05	0,06	0,07
Примітка. Варіант обирається за останньою цифрою номеру студентського квитка.											

Етапи виконання

1. Розрахувати фіксовані значення та варіативні складові собівартості перевезення тонни вантажу.
2. Сформувані план із трифакторного експерименту за екстремальних умов та перевірити на ортогональність.
3. Розкодувати значення факторних ознак у плані експерименту.
4. Після проведення експерименту оцінити рівень зміни собівартості перевезення тонни вантажу.
5. Рандомізувати план експерименту.
6. Провести експеримент, що враховує собівартість перевезень та стохастичні складові тонни вантажу.
7. Визначити параметри оцінювання результатів експерименту.
8. Порівняти результати експерименту при рандомізуванні плану та без умов рандомізації.
9. Навести висновки.

Хід виконання

Обчислити собівартість транспортного процесу на одну тону вантажу за формулою:

$$J_T = \frac{L_g}{q_n \cdot \gamma_c \cdot \beta} \cdot \left(S_{зм} + \frac{S_{пост}}{V_T} \right) + \frac{S_{пост} \cdot T_{н/р}}{q_n \cdot \gamma_c}, \quad (2.1)$$

де L_g – довжина їздки з вантажем, км;

γ_c – статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності ТЗ;

β – коефіцієнт використання пробігу;

$S_{зм}$ – змінні витрати, грн/км;

$S_{пост}$ – постійні витрати, грн/год;

$T_{н/р}$ – час навантаження та розвантаження ТЗ, год;

q_n – вантажопідйомність ТЗ, т.

1. Обчислити показники собівартості перевезення вантажу.

На першому етапі потрібно навести фіксовані значення показників собівартості перевезень. Визначити постійні та змінні витрати за допомогою вантажопідйомності транспортного засобу і значень функції регресії:

$$S_{зм} = z_{зм} + g_{зм} \cdot q_n, \quad (2.2)$$

$$S_{пост} = z_{пост} + g_{пост} \cdot q_n, \quad (2.3)$$

На другому етапі потрібно визначити варіативні показники собівартості перевезення тонни вантажу, до яких належать:

- довжина їздки з вантажем (табл. 2.2);
- статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності ТЗ (табл. 2.2);
- час навантаження-розвантаження, який потрібно розрахувати за допомогою формули (2.4) із використанням екстремальних значень часу наванта-

ження тонни вантажу за повного використання вантажопідйомності ТЗ:

$$T_{н/р} = 2 \cdot q_n \cdot t_{одн} \quad , \quad (2.4)$$

де $t_{одн}$ – час навантаження/розвантаження тонни вантажу, год/т.

2. Сформувати план трифакторного експерименту типу 2^3 . Факторними ознаками є варіативні показники собівартості перевезення: y_1 – довжина їздки з вантажем, y_2 – статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності ТЗ; y_3 – час простою під навантаженням-розвантаженням.

Перевірка плану на ортогональність за формулами (2.5–2.7):

$$\sum_{j=1}^m y_{ij} = 0, \quad (2.5)$$

$$\sum_{j=1}^m y_{ij}^2 = r, \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=1}^m y_{ji} \cdot y_{jh} \cdot y_{jd} = 0, \quad (2.7)$$

де r – кількість серій дослідів у плані експерименту, у роботі $r = 8$ серій;

i, h, d – індекси факторних ознак.

3. Провести заміну в плані експерименту закодованих значень ознак фактора (-1 та $+1$) та фактичні значення. Для першого фактора – довжина їздки з вантажем « -1 » фіксує найменше факторне значення, а « $+1$ » – є максимальним значенням. Так само записується друга та третя факторна ознака.

4. Обчислити значення собівартості (2.1) за вісьма серіями дослідів, із використанням зазначених у плані експериментальних рівнів та варіюванням ознак факторів та фіксованих значень (табл. 2.1). Середнє значення відхилення технічної швидкості не повинно використовуватись на цьому етапі розрахунків.

За результатами проведених розрахунків провести оцінювання середньої собівартості перевезення:

$$\bar{J}_r = \frac{\sum_{j=1}^m J_j}{r}, \quad (2.8)$$

де J_j – отримане значення собівартості перевезення в j -й серії дослідів.

5. Наступним етапом виконується рандомізація плану експерименту. У цій роботі в план експерименту в розрахунки вводиться випадкова величина, так як деякі факторні ознаки собівартості транспортування не є детермінованими величинами. Отже, у роботі випадковою величиною є технічна швидкість, що розподілена за нормальним законом. Необхідно виконати низку перетворень з випадковою величиною рівномірно розподіленою в інтервалі $(0;1)$ (дод. А).

Алгоритм моделювання випадкових величин технічної швидкості складається з таких етапів:

5.1 Визначення необхідної кількості змодельованих величин, за умови: кожна серія складається з 4 дослідів, отже, сформована необхідна величина технічної швидкості розраховується як: $4 \times 8 = 32$ дослідів.

5.2 Визначення початкової позиції сформованої випадкової величини у масиві рівномірного розподілення величини (дод. А):

$$F_{ni} = i + j, \quad (2.9)$$

де F_{ni} – порядковий номер першої випадкової величини;

i, j – останній та передостанній номер студентського квитка.

5.3 Формування першого значення випадкової величини:

$$\varphi_i = \sum_{i=1}^{12} \tau_i - 6, \quad (2.10)$$

де τ – величина, яка рівномірно розподілена у інтервалі $(0;1)$ (дод. А).

Потрібно чітко дотримуватись умов моделювання під час корегування сформованих масивів та значень технічної швидкості, а саме – почати формування другої випадкової величини. Номер попередньої величини є основою для другого масиву. Перша величина у цьому масиві визначається за такою формулою:

$$F_{n2} = F_{n1} + i + 1 \cdot \quad (2.11)$$

Подальші розрахунки проводять за такою самою схемою.

5.4 Масштабування та центрування випадкові величини виконується як:

$$V_{\text{техн}}^{\varphi} = \sigma \cdot \varphi_i + \mu, \quad (2.12)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення значення технічної швидкості, км/год (табл. 2.1);

μ – математичне очікування технічної швидкості, км/год (табл. 2.1).

6. Значення випадкової величини, отримані з розрахунків, використати для повторного здійснення експерименту. Для цього у кожному досліді виконати обчислення 4 рази, так як використовуються 4 різні значення величини $V_{\text{техн}}^{\varphi}$.

7. За даними отриманого масиву результатів (розрахункові значення собівартості перевезення тонни вантажу) визначити середню собівартість окремо до кожної серії дослідів:

$$\bar{J}_{ti} = \frac{\sum_{i=1}^4 J_{ti}}{4}, \quad (2.13)$$

де J_{ti} – собівартість перевезень у i -му досліді, грн/т.

Обчислення за значенням (2.13) проводять 8 разів тому, що в плані експерименту 8 дослідів.

Знайти максимальний діапазон зміни собівартості перевезень серед 8 серій дослідів, тобто по кожній серії дослідів визначається мінімальне та максимальне значення та розраховується ширина діапазону зміни:

$$\Delta_j = J_{vj}^{\max} - J_{vj}^{\min}, \quad (2.14)$$

де $J_{vj}^{\max}, J_{vj}^{\min}$ – максимальна і мінімальна собівартість перевезення в j -й серії дослідів, грн/т.

Для серій дослідів із максимальним значенням Δ_j виконується розрахунок середньоквадратичного відхилення собівартості перевезення вантажу:

$$\sigma_J = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 (\bar{J}_{Ti} - J_{Ti})^2}{4}}. \quad (2.15)$$

За даними розрахунків (2.15) визначити необхідну кількість серій на один дослід:

$$N = \frac{t_{\eta}^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (2.16)$$

де t_{η} – стандартизоване відхилення інтегральної функції нормального закону розподілу, приймається як 1,96;

Δ – задана похибка, $\Delta = 0,05 \cdot \bar{J}_{vj}$.

Здійснити порівняння кількості виконаних дослідів із отриманою необхідною кількістю.

8. Останнім етапом є виконання порівнювання експериментальних значень собівартості перевезень за двома умовами виконання експерименту: за рандомізації та без умов рандомізації плану. Навести висновки по роботі, використовуючи отримані результати порівняння.

Запитання до перевірки знань

1. Які бувають витрати? Як їх визначають?
2. Що таке варіативні складові собівартості перевезення тони вантажу?
3. Як виконується рандомізація плану експерименту?
4. Середнє значення собівартості перевезень визначаються на основі яких значень масиву результативних ознак?
5. Як можна визначити кількість серій на один дослід?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

ВИЗНАЧЕННЯ МАТРИЦІ ПАСАЖИРСЬКИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ У ПЕРІОД ПРОВЕДЕННЯ СВЯТКОВИХ ЗАХОДІВ У МІСТАХ

Мета заняття

Визначення матриці пасажирських кореспонденцій у період проведення святкових заходів у містах.

Вихідні дані

Таблиця 3.1 – Обсяги відправлень і прибуття у транспортних районах

Номер транспортного району	1	2	3	4	5	6
KO_i , чол.	10 500	6 800	9 900	7 300	4 000	9 600
KP_j , чол.	8 500	8 000	9 400	5 600	8 500	8 600
Примітка. Варіант обирається за останньою цифрою студентського квитка.						

Таблиця 3.2 – Обсяги стосовно прибуття учасників святкових заходів

Номер району	1	3	4
KP_j , чол.	$2\,600 \cdot (i+j)$	$3\,700 \cdot (i+j)$	$4\,000 \cdot (i+j)$
Примітка. Варіант обирається за передостанньою цифрою студентського квитка			

Таблиця 3.3 – Кількість автомобілів, що зареєстровані в транспортних районах

Номер району	1	2	3	4	5	6
$P_{\text{авт}}$, од.	2 600	3 300	2 900	2 400	3 000	3 800
Примітка. Варіант обирається за сумою двох останніх цифр студентського квитка.						

Етапи виконання

1. Скласти матрицю пересування пасажирським транспортом загального користування.
2. Скласти матрицю пересування пасажирів індивідуальним транспортом.
3. Скласти матрицю пересування учасників святкових заходів серед мешканців міста.
4. Визначити матрицю пасажирських кореспонденцій у період проведення святкових заходів.
5. Навести висновки за роботою.

Хід виконання

1. Складання матриці пересування пасажирським транспортом загального користування.

Для кожного району розрахувати ймовірності відправлення (r_i^k) і прибуття (r_j^k) за районами:

$$r_i^k = \frac{KO_i^k}{S_i^k}; \quad (3.1)$$

$$r_j^k = \frac{KP_j^k}{S_i^k}, \quad (3.2)$$

де KO_i^k – обсяг щодо відправлення з i -го району на k -му виді транспорту, осіб;

KP_j^k – обсяг щодо прибуття в j -й район на k -му виді транспорту, осіб;

S_i^k – загальний обсяг перевезень на k -му виді транспорту, осіб.

Результати розрахунків округлити до 0,001.

Значення кореспонденцій між пунктами i - j визначають:

$$K_{ij}^k = S_i^k \cdot r_i^k \cdot r_j^k, \quad (3.3)$$

де r_i^k – ймовірність відправлення з i -го району на k -му транспорті;

r_j^k – ймовірність прибуття в j -й район на k -му транспорті.

Значення розрахунків округлити до цілого числа.

У таблиці 3.4. наведений приклад матриці кореспонденцій на транспорті загального користування.

Таблиця 3.4 – Матриця кореспонденцій

KO_i	KP_j трансп. район	KP_1	KP_2	...	KP_6
KO_1	1	k_{11}	k_{12}	...	k_{16}
KO_2	2	k_{21}	k_{22}	...	k_{26}
...
KO_6	6	k_{61}	k_{62}	...	k_{66}

2. Складання матриці пересування пасажирів індивідуальним транспортом. Основою для складання матриці є дані кількості зареєстрованих автомобілів (табл. 3.3) за транспортними районами міста.

Обсяги відправлення індивідуальним транспортом визначають у такий спосіб:

$$KO_i^{IT} = P_{авт} \cdot \overline{f}_{cp} \cdot k_{знт}, \quad (3.4)$$

де KO_i^{IT} – ємність відправлення транспортом індивідуального користування з i -го району, осіб;

$P_{авт}$ – зареєстрована кількість автомобілів у транспортному районі, авт.;

\overline{f}_{cp} – середня наповненість одного автомобіля, $\overline{f}_{cp} = 2$ особи;

$k_{знт}$ – коефіцієнт зайнятості, прийняти $k_{знт} = 0,4$.

Припустимо, що є прямий взаємозв'язок між прибуттям у транспортний район на транспорті загального користування та на індивідуальному транспорті.

Обсяги щодо прибуття індивідуальним транспортом розрахувати за такою формулою:

$$KO_j^{IT} = KP_{MPT_j} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n KO_i^{IT}}{\sum_{j=1}^n KP_{MPT_j}}, \quad (3.5)$$

де KO_j^{IT} – обсяг щодо прибуття в j -й транспортний район індивідуальним транспортом, осіб;

KP_{MPT_j} – обсяг щодо прибуття в j -й транспортний район у загальному транспорті, осіб;

n – кількість транспортних районів, од.

Для цієї матриці визначити дані за формулами (3.1) – (3.2) і скласти матрицю кореспонденцій за формулою (3.3).

3. Складання матриці пересування учасників святкових заходів серед мешканців міста.

Святкові заходи за завданням будемо спостерігати у районах № 1, 3, 4. Припустимо, що обсяги відправлення мешканців із районів міста, які братимуть участь у святкових заходах, залежать від кількості мешканців транспортних районів і частки їхньої зайнятості у святкових заходах.

Розраховуємо обсяги відправлення учасників святкових заходів:

$$KO_i^{vч} = KO_i \cdot \frac{\sum_{j=1}^n KP_j^{vч}}{S_{MPT}}, \quad (3.6)$$

де $KP_j^{vч}$ – ємність по прибуттю мешканців транспортних районів, осіб.

Для цієї матриці провести розрахунки за (3.1) – (3.2) і скласти матрицю з (3.3).

4. Визначення матриці пасажирських кореспонденцій у період проведення святкових заходів.

Матриця складається з матриці кореспонденцій на транспорті загального користування, матриці кореспонденцій на індивідуальному транспорті, матриці пересувань пасажирів до місць проведення святкових заходів:

$$МПП_{G_{M3}} = G_1 + G_2 + G_3, \quad (3.7)$$

де G_1 – матриця пересування пасажирів на загальному транспорті;

G_2 – матриця пересування пасажирів на індивідуальному транспорті;

G_3 – матриця пересувань пасажирів до місць проведення святкових заходів.

Запитання до перевірки знань

1. Що таке матриця пасажирських кореспонденцій?
2. Послідовність розрахунку матриці пасажирських кореспонденцій?
3. Чим характерні масові святкові заходи?
4. Чим характерна організація перевезень під час проведення святкових заходів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ МІСТ

Мета роботи

Закріпити теоретичні знання щодо організації, планування і проведення експерименту.

Вихідні дані

Таблиця 4.1 – Параметри міста

Назва параметра	Значення параметра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Загальна площа міста, км ²	72	54	68	64	63	57	69	74	73	59
2. Питоме значення селітебної площі в площі міста	0,6	0,76	0,55	0,59	0,73	0,79	0,8	0,86	0,78	0,93
3. Довжина дуги графа транспортної мережі, м	870	770	730	780	630	680	720	700	690	750
Примітка. Варіант обирається за передостанньою цифрою студентського квитка.										

Таблиця 4.2 – Параметри маршрутної мережі

Назва параметра	Значення параметра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Середня довжина поїздки електротранспортом, км	7,19	8,38	7,95	8,48	6,26	7,83	7,48	7,76	7,61	7,25
2. Середня довжина поїздки міським автобусом, км	7,89	8,93	8,4	8,87	8,32	9,13	9,58	9,36	9,22	7,12
3. Значення швидкості сполучення на маршрутах електротранспорту, км/год	15	25	18	26	17	19	20	22	23	19

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
4. Значення швидкостного параметра на маршрутах автобусів, км/год	маршрут № 1	33,1	36	37,3	36,7	37	33,9	34,8	37,6	39,9	37,5
	маршрут № 2	35,9	37	38,4	39,7	37	35,9	34,7	39,7	34,9	38,4
	маршрут № 3	32,2	35	36,7	37,5	35	33,2	32,9	37,5	38,6	36,7
	маршрут № 4	21,3	37	38,3	36,7	37	26,3	23,9	35,3	36,9	34,6
	маршрут № 5	33,4	34,8	35,7	36,8	34,6	33,6	32,3	36,8	37,9	35,7
5. Значення обсягу перевезення маршрутами електротранспорту за добу, тис. пас.	маршрут № 1	24	26,6	27,8	22	27	28,1	12,8	22,4	21	25,6
	маршрут № 2	23,7	25	26,2	22,5	26,7	28,3	12,4	12,9	11,8	24
	маршрут № 3	23	25	26	13	25,8	27	12	15,5	16,7	24,3
6. Значення обсягу перевезення автобусними маршрутами за добу, пас.	маршрут № 1	33	37,4	39,5	31,2	38,4	31,9	28,3	29,8	27,9	36,7
	маршрут № 2	47	41,4	45,1	36,5	43	47,9	31,4	33,8	24	38,1
	маршрут № 3	36	30,8	21,2	33	41,3	34,8	31,6	34,5	39,4	41,7
	маршрут № 4	39	44,6	47,3	36,5	45,9	49	33,8	34,2	31,9	42,3
	маршрут № 5	34	38,6	31,8	31,9	39,7	42	29,7	30,9	28,7	36,8
7. Інтервал руху на електротранспорті, хв.	32	36	38	34	37	40	28	29	27	34	

Закінчення таблиці 4.2

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8. Інтервал руху автобусних маршрутів, хв.		11	22	23	10	12	23	13	9	24	15
9. Маршрутні траси електротранспорту	маршрут № 1	1-4-7-11-16-23-28-32-33-31-27					1-5-8-13-18-19-28-32-33-31-30				
	маршрут № 2	4-3-10-14-21-25-30-31-33-32-28-27					3-4-1-6-9-5-8-7-11-16-23-19-20				
	маршрут № 3	31-32-28-23-16-17-13-9-20-32-33-31					25-31-27-22-16-23-19-18-13-9-6-1				
10. Маршрутні траси автобусів	маршрут № 1	3-4-7-11-15-22-27-28-19-17-16-11-7-4					7-15-26-27-28-19-20-29-33-32-31-25-30				
	маршрут № 2	3-10-14-24-30-25-26-22-15-11-16-23-28-32					4-15-8-12-17-16-23-28-14-10-3-4-1				
	маршрут № 3	25-21-10-3-4-1-5-9-20-29-32-33-31-30					31-25-26-22-16-17-13-18-19-20-9				
	маршрут № 4	5-1-6-9-13-18-19-23-28-32-33-31-27-22					33-32-28-23-19-17-16-11-7-4-2-3-10				
	маршрут № 5	5-1-4-7-11-16-17-12-8-13-9-20-29-32-33-31					7-11-16-17-19-28-27-26-15-10-21-25-30-31-32-29				
Примітка. Варіант обирається за останньою цифрою студентського квитка.											

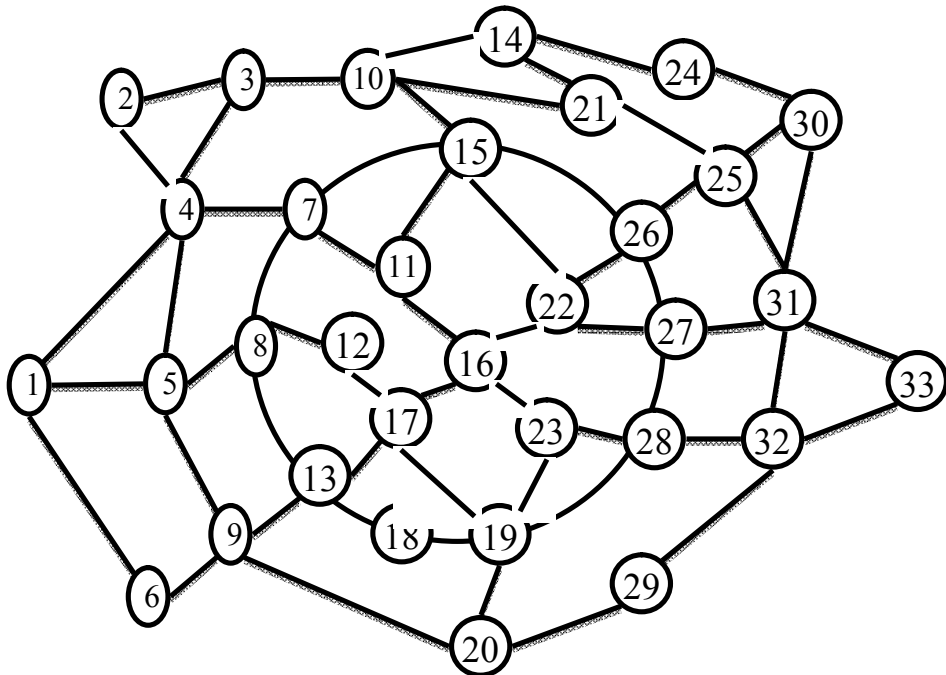


Рисунок 4.1 – Граф транспортної мережі міста

Етапи виконання

1. Оцінити рівень розвиненості маршрутної системи.
2. Розрахувати щільності маршрутної системи.
3. Визначити середній час пересування на маршруті.
4. Надати характеристику стану дублюючих маршрутів електротранспорту та автобусних маршрутів.
5. Підвести підсумки по роботі.

Хід виконання

1. Маршрутний коефіцієнт один із основних показників, який визначає ступінь розвиненості маршрутної мережі міста. Розраховується за наведеною формулою:

$$l_{\text{м}} = \frac{\sum_{i=1}^m n_{\text{мі}}}{N_{\text{тм}}}, \quad (4.1)$$

де $n_{\text{мі}}$ – протяжність i -го маршруту, км;

$N_{\text{тм}}$ – загальна довжина транспортної мережі міста, км;

m – загальна кількість маршрутів існуючих видів міського пасажирського транспорту, од.

2. Щільність маршрутної мережі міста (далі – ММ). Під час її розрахунку використовують селітебну площу міста:

$$\mu = \frac{N_{\text{мм}}}{G_{\text{сел}}}, \quad (4.2)$$

де $N_{\text{мм}}$ – загальна протяжність маршрутної мережі, км;

$G_{\text{сел}}$ – значення селітебної площі міста, км².

Селітебна площа міста є складовою загальної площі міста. Її можна розрахувати як:

$$G_{\text{сел}} = G_{\text{м}} \cdot L_{\text{сел}}, \quad (4.3)$$

де $G_{\text{м}}$ – значення площі міста, км²;

$L_{\text{сел}}$ – питома значення частки селітебної площі міста.

3. Середнє значення часу пересування є основним показником оцінки ефективності функціонування маршрутної мережі та транспортного обслуговування транспорту населення. Розраховується за формулою:

$$\bar{t}_{\text{пр}} = \bar{t}_{\text{п}} + \bar{t}_{\text{оч}} + \bar{t}_{\text{під}} + \bar{t}_{\text{від}}, \quad (4.4)$$

де $\bar{t}_{\text{п}}$ – значення середнього часу поїздки по ММ (без урахування пересадок), год;

$\bar{t}_{\text{оч}}$ – значення середнього часу очікування пасажирів транспортних засобів (далі – ТЗ) на зупиночних пунктах, год;

$\bar{t}_{\text{підх}}$ – значення середнього часу підходу до зупиночного пункту, год;

$\bar{t}_{\text{відх}}$ – значення середнього часу відходу від зупиночного пункту, год.

3.1 Визначити середній час поїздки пасажирів на кожному з маршрутів окремо (тролейбусного та автобусного):

$$t_{\text{пi}}^k = \frac{\bar{S}_k}{V_{\text{ci}}}, \quad (4.5)$$

де $t_{\text{пi}}^k$ – значення середнього часу поїздки для i -го маршруту на k -му виді транспорту, год;

\bar{S}_k – значення середньої дальності маршруту на k -му виді пасажирського транспорту, км;

V_{ci} – значення середньої швидкості для i -го маршруту пасажирського транспорту, км/год.

Значення середнього часу поїздки по ММ міста розраховується як середньозважене серед усіх міських маршрутів:

$$\bar{t}_n = \frac{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m \bar{t}_{nir} \cdot S_{ir}}{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m S_{ir}}, \quad (4.6)$$

де S_i – значення добового обсягу перевезення на i -му маршруті МПТ, пас.

3.2 Визначити середній час очікування пасажирями транспортного засобу на зупинці. Розраховується за такою формулою для кожного маршруту:

$$\bar{t}_{очr} = \frac{1}{2} \cdot J_{pr}, \quad (4.7)$$

де J_{pr} – значення інтервалу руху транспортних засобів на маршрутах для r -го виду транспорту, год.

Аналогічно з (4.6) визначаємо значення середнього часу очікування на зупинках маршрутної мережі міського пасажирського транспорту:

$$\bar{t}_{оч} = \frac{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m \bar{t}_{очir} \cdot S_{ik}}{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m S_{ik}}. \quad (4.8)$$

3.3 Визначити значення середнього часу підходу до пункту зупинки міського пасажирського транспорту за даними про щільність ММ міста:

$$\bar{t}_{\text{пдх}} = \frac{1}{3 \cdot \mu \cdot V_{\text{піш}}}, \quad (4.9)$$

де $V_{\text{піш}}$ – значення швидкості підходу пасажирів до пункту зупинки, 4 км/год.

3.4 Визначити значення середнього часу відходу від пункту зупинки. Приймають рівним значенню середнього часу підходу до пункту зупинки, що визначено за формулою (4.9).

4. Ступінь дублювання маршрутних трас у міському електротранспорті та автобусних маршрутах можна оцінити, зіставивши кількість збігів по зупиночним пунктам. Пошук кількості збігів у загальному виді можна оцінити за формулою:

$$Z_{\text{зб}} = \frac{a}{m} \cdot 100, \quad (4.10)$$

де $Z_{\text{зб}}$ – значення ступеню дублювання маршрутів на електротранспорті, %;

a – значення кількості пунктів зупинки автобусних маршрутів, що входять до маршрутної траси електричного транспорту, од.;

m – значення кількості пунктів зупинки маршруту електричного транспорту, од.

5. У висновку по роботі оцінити ступінь розвиненості та доступності маршрутної мережі щодо до нормативів малих та середніх міст, часу пересування маршрутною мережею та надати характеристику рівня дублюючих трас маршрутів автобусних та маршрутів електричного транспорту. У разі потреби, за результатами розрахунків, звернути увагу на заходи, які підвищують ефективність функціонування маршрутної мережі міста.

Запитання до перевірки знань

1. Як визначається маршрутний коефіцієнт?
2. Як визначається середній час пересування?
3. Як оцінити ступінь дублювання трас автобусних маршрутів та маршрутів електричного транспорту?
4. Які заходи впроваджують для підвищення ефективності функціонування міської маршрутної мережі?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета роботи

Закріпити теоретичні знання та набути практичних навичок зі статичного оброблення підсумків натурального експерименту, визначити значущі фактори, інтерпретацію та аналіз регресійної моделі.

Етапи виконання

1. Сформувані вихідні дані експериментального дослідження у форматі програми Statistica-5.5.
2. Обчислити коефіцієнт регресійної моделі зміни функцій відгуку залежно від факторів. Установити ступінь значущості коефіцієнтів регресійних моделей.
3. Перевірити моделі на адекватність.
4. Графічно зобразити узгодженість прогнозованих значень функцій відгуку зі спостерігаючими, та залишки регресійних моделей.
5. Надати характеристичні графіки зміни функцій відгуку і зрізи поверхонь впливу факторів на функції відгуку.
6. Підвести підсумки з проведеної роботи.

Хід виконання

Обчислення регресійного аналізу призначені для оцінки регресійних моделей, тому можуть бути потрібні перетворення і значення функцій відгуку і, в окремих випадках, значення факторів. Реальні процеси і явища більш точно описує нелінійна функція:

$$x = a_0 \prod_{i=1}^n a_i^{y_i}, \quad (5.1)$$

та

$$x = a_0 \prod_{i=1}^n y_i^{a_i}, \quad (5.2)$$

де a_i – коефіцієнт моделі функції відгуку;

n – кількість факторів, од;

y_i – значення i -го фактора.

Для забезпечення більш логічної апроксимації конкретної функції відгуку, також можуть застосовуватись нелінійні функції будь-якого виду. Заміна змінних шляхом перетворення вихідних факторів або їхньою комбінацією забезпечить нелінійність функції. Для кожної функції відгуку потрібно привести альтернативні варіанти виду функції.

У разі, коли аналізу піддається функція виду (5.1), перетворюємо тільки функцію відгуку логарифмуванням, а саме, розраховуємо нове значення функції відгуку (x) за формулою:

$$x' = \ln(x). \quad (5.3)$$

У разі, коли аналізу піддається функція виду (5.2), потрібно додатково перетворити значення факторів за формулою:

$$y_i' = \ln(y_i). \quad (5.4)$$

Варто пам'ятати, що відразу після вибору виду функції відгуку і визначення діапазонів варіювання факторів виконують необхідне перетворення значень факторів.

Додаткові змінні (функції відгуку та фактори) додаються в такому порядку: на робочому листі програми Statistica потрібно обрати пункт «Edit | Variables | Add...» головного меню. На моніторі буде відображена форма додавання змінних (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Додавання змінних у форматі програми Statistica-5.5

У полі «Number of variables to add» необхідно ввести кількість додаткових змін. У полі «Insert after variable» вводиться ім'я змінної, після якої додаються додаткові змінні. Натискається кнопка «ОК», після чого в робочий лист програми Statistica будуть додані змінні у зазначений кількості.

Для занесення даних у додаткові змінні використовуються текстові редактори та табличні процесори з функцією перенесення значень на програмний лист завдяки методу «Copy – Paste» (копіювати – вставити). Але найбільш зручним для використання є функція розрахунку значень змінних, яка вбудована в програму Statistica.

Вводимо формулу розрахунку через інші змінні у формі властивості змінної в полі із заголовком «Long name (label, link, or formula with Functions)».

Для запису формул використовується такий синтаксис.

Усім записам передує символ рівняння « = ». Далі йде формула. Щоб виконати арифметичні операції, використовують такі символи: « + » (скласти), « - » (відняти), « / » (поділити) і « * » (помножити). Для зведення в ступінь вводиться символ «^». Для використання інших функцій натискають кнопку «Functions», що знаходиться одразу над полем вводу формули. Для посилання на інші змінні використовують такі способи: перший – форма «vX» (де v – обов'язковий символ, а X – номер змінної, на яку посилаються); другий – ім'я змінної використовують так, як воно записано в заголовку її стовпця. Для автоматичного заповнення стовпця нової змінної значеннями розрахованими по щойно введеній формулі потрібно натиснути кнопку «ОК».

Обчислення коефіцієнтів регресійної моделі, визначення значущості коефіцієнтів регресійних моделей, її адекватності робиться через меню аналізу даних та меню вибору виду аналізу.

У меню вибору виду аналізу потрібно натиснути пункт «Multiple Regression» («Множинна регресія»), натиснути кнопку «Switch To». Далі на екрані з'явиться вікно множинної регресії (рис. 5.2).

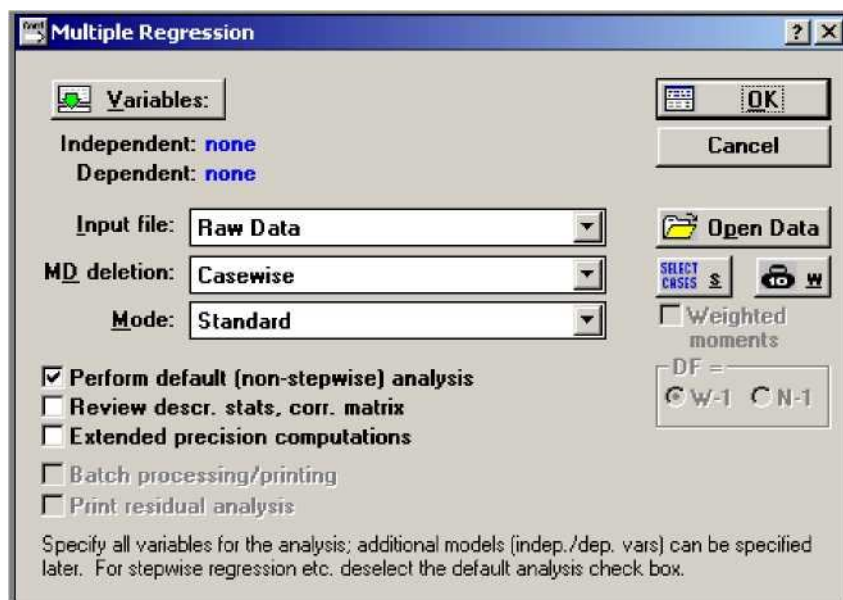


Рисунок 5.2 – Множинна регресія в Statistica

Потрібно визначити незалежні змінні (фактори) і залежні (функція відгуку). Для визначення залежної і незалежних змінних необхідно обрати «Variables:» («Змінні:»). Після цього на екрані з'явиться форма вибору змінних (рис. 5.3). В обох полях цього образу наводиться порядковий список номерів й імен усіх змінних, що розміщені на відкритому робочому листі програми Statistica. У лівому полі визначаємо залежну змінну (одну з функцій відгуку), для якої потрібно розрахувати коефіцієнти регресійної моделі. У правому полі необхідно визначити незалежні змінні (рекомендовано визначити усі фактори, які пов'язані із конкретною моделлю функції відгуку). Аналогічно помічаються декілька змінних у, як помічаються декілька файлів у списку Windows Explorer (Проводник Windows). Після цього у правому нижньому полі з'являються форми під заголовком «Independent variable list».

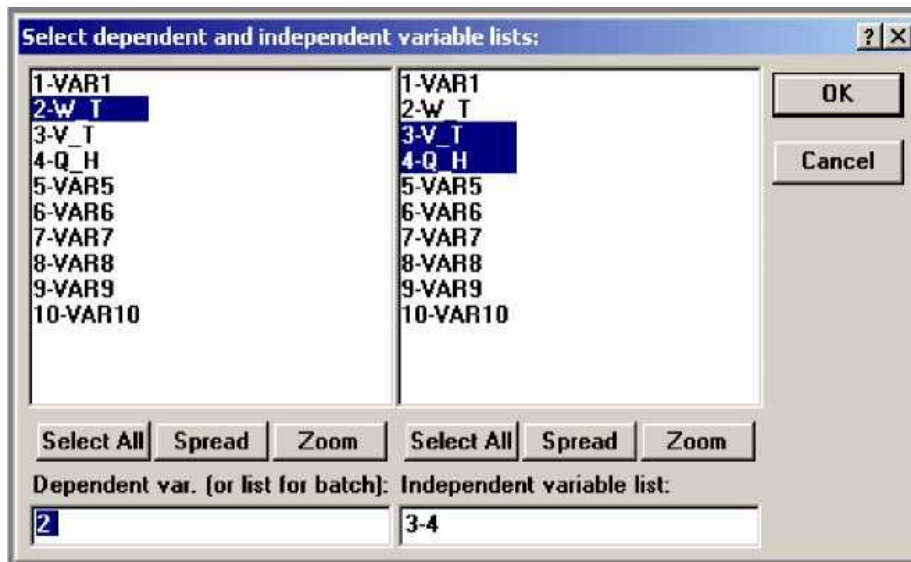


Рисунок 5.3 – Вибір залежної і незалежних змінних

Натискаємо кнопку «ОК». З екрану зникне форма вибору залежної і незалежної змінних і залишиться образ множинної регресії (рис. 5.2), де під кнопкою «Variables:» у рядку «Independent:» та «Dependent» будуть з'являтися номери незалежних та залежних змінних.

Далі міняти форму множинної регресії не потрібно. Коли обрали кнопку «ОК», з'являються результати множинної регресії (рис. 5.4).

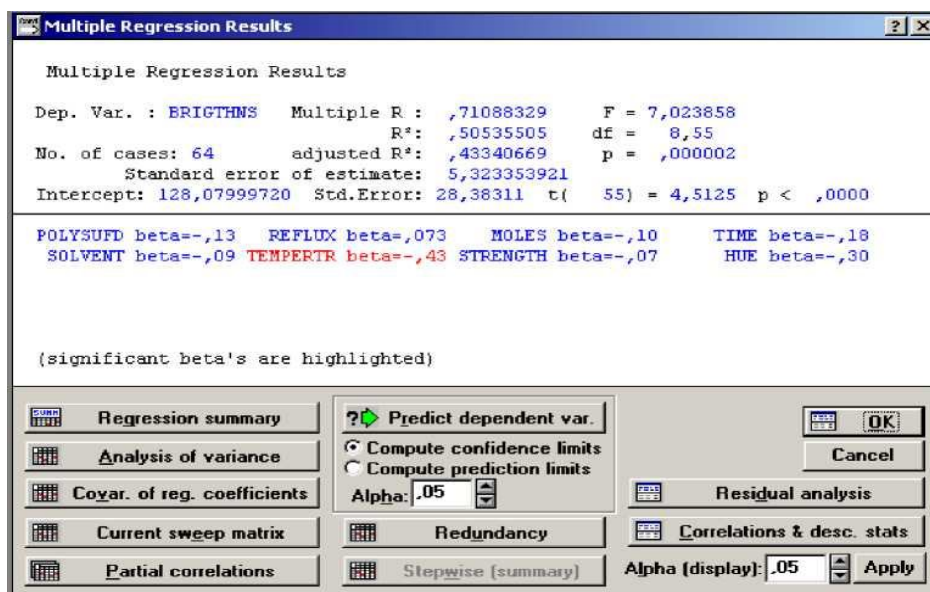


Рисунок 5.4 – Результати множинної регресії в Statistica

У цій формі у верхній частині (у текстовій області) з'являються загальні результати регресійного аналізу. У частині над рискою з'являються після рядку «Multiple Regression Results» («Результати множинної регресії»), у полі «Dep. Var. :» – ім'я залежної змінної, у полі «Multiple R :» – чисельне значення коефіцієнту множинної кореляції як залежної змінної, так і незалежної змінної, у полі «F=» – числовий показник критерію Фішера; у полі «R²:» – числове значення квадрату коефіцієнту множинної кореляції; у полі «df =>» – менша та більша кількість ступенів свободи для розрахунку рівня довірчої ймовірності; у полі «No. Of cases:» – кількість комбінацій спостережень залежної і незалежних змінних; у полі «adjusted R²:» – уточнене значення квадрату коефіцієнту множинної кореляції; у полі «p =>» – розрахункове значення рівня значущості регресійної моделі; у єдиному полі «Standard error of estimate:» – числове значення стандартної похибки розрахункового значення залежної змінної; у полі «Intercept:» – чисельне значення коефіцієнту b_0 регресійної моделі; у полі «Std. Error:» – стандартна похибка коефіцієнту a_0 ; у полі «t()» – кількість ступенів вільності критерію Стюдента для розрахунку рівня значущості коефіцієнту a_0 ; у полі x «=>» – числовий критерій Стюдента; у полі «p <» – розрахункове значення рівня значущості коефіцієнту a_0 .

У частині під рискою в порядкувому номері за списком змінних робочого листа групами виводяться дані кожної незалежної змінної: її ім'я, напис «beta=>» та чисельне значення коефіцієнта a_i регресійної моделі за цієї змінної. У самому низу текстового поля є підказка «(significant beta's are highlighted)» – значні зміни регресійної моделі, які виділені кольором, колір значущих змінних відрізняється від кольору незначущих, у яких колір є ідентичним з кольором чисельних полів у текстовому полі над рискою.

Чисельні значення коефіцієнтів розраховані для регресійної моделі виду:

$$\Psi = a_0 + a_1 \cdot Y_1 + a_2 + \dots + a_n \cdot Y_n, \quad (5.5)$$

де Ψ – прогнозне значення функції відгуку;

a_i – коефіцієнт регресійної моделі за фактора Y_i .

Якщо рівень коефіцієнта a_0 складає більш рівня, який задається, то він має бути видалений із регресійної моделі разом із усіма незначущими змінними. Тоді необхідно відмінити подальші розрахунки, натиснувши кнопку «Cancel», ці дії призведуть до повернення форми множинної регресії (рис. 5.2).

Видалення з регресійної моделі коефіцієнта a_0 здійснюється завдяки формі множинної регресії. Для цього необхідно у цій формі відкрити список «Intercept» («Перетинання»), (рис. 5.5) і замість режиму «Include in model» («Включити в модель») обрати режим «Set to zero» («Установити рівним нулю»).

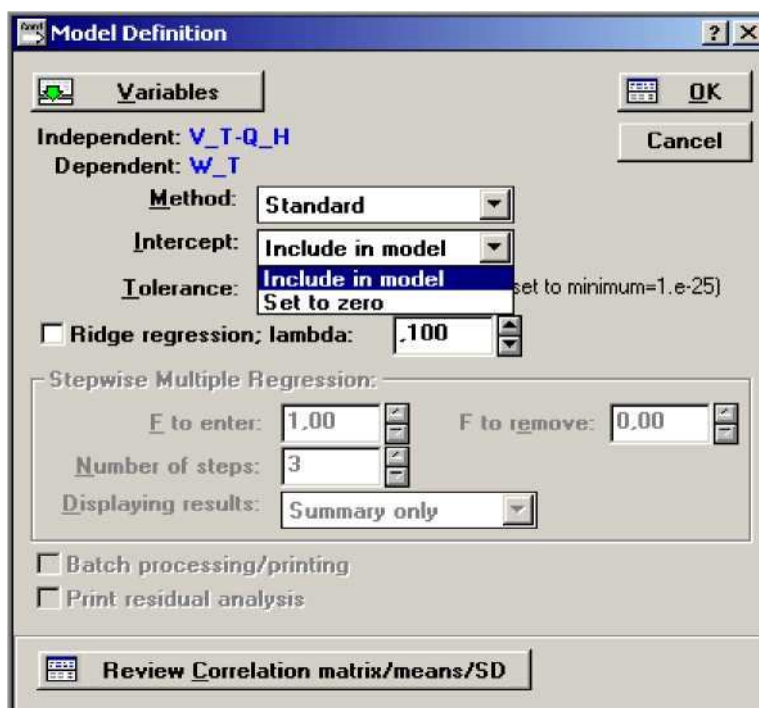


Рисунок 5.5 – Множинна регресія програми Statistica-5.5

Видалення з регресійної моделі незначних змінних здійснюється за допомогою викликання образу вибору змінних (рис. 5.3), де у списку незалежних змінних потрібно із незначущих змінних зняти виділення.

Під час видалення з регресійної моделі незначущих змінних та коефіцієнтів кращим вважається покроковий алгоритм моделі, де за один крок виключається одна змінна, але можна видаляти одразу всі незначні змінні і коефіцієнти.

Щоб визначити найкращий варіант, потрібно знайти змінну, яка найменш значна, а саме, на попередньому етапі розрахунків, одразу після виводу форми результатів множинної регресії (рис. 5.4) натиснути кнопку «Regression summary» («Підсумки регресії»). Далі на екрані з'явиться форма підсумків регресії (рис. 5.6).

Regression Summary for Dependent Variable: W_T						
MULTIPLE REGRESS.	R= ,99594851 RI= ,99191343 Adjusted RI= ,99147631 F(2,37)=2269,2 p<,00000 Std.Error of estimate: ,00772					
N=40	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(37)	p-level
Intercpt			2,037153	,028987	70,2771	,000000
V_T	1,51295	,022458	,031931	,000474	67,3683	,000000
Q_H	-1,13881	,022458	-,370688	,007310	-50,7087	,000000

Рисунок 5.6 – Підсумки множинної регресії в Statistica-5.5

У цій формі у місці матриці в крайньому лівому стовпці перелічені імена змінних, а в останньому справа стовпцю із заголовком «p-level» («p-рівень», тобто рівень значущості) визначені значення рівнів значущості відповідних коефіцієнтів регресійної моделі.

Далі необхідно визначити рядок із найбільшим рівнем значимості. Відповідна змінна, насамперед, – має бути виключена з регресійної моделі.

Після того як список незалежних змінних відредактований, натискаємо кнопку «ОК» – розрахунки коефіцієнтів регресійної моделі повторюються.

У випадку, коли у сформованій моделі залишиться одна змінна або коефіцієнт a_0 , можна провести перевірку адекватності регресійної моделі. У разі використання Statistica-5.5 це робиться простим порівнянням розрахункового рівня значущості ($p_{розр}$), які наведений у текстовій області форми результатів множинної регресії (рис. 5.4) у полі «p =>» із заданим (α), який розраховується за (5.2), коли виконується умова:

$$p_{розр} \leq \alpha. \quad (5.6)$$

Тоді модель вважається адекватною та приймається для опису впливу факторів для функції відгуку, а результати обчислень заносяться до звіту.

У випадку не дотримання умов (5.5), поточна модель не враховується та перевіряється модель іншого виду.

Якщо модель приймається регресійною, то для неї потрібно провести аналіз залишків узгодження прогнозних і спостережних значень функції відгуку. Для цього на формі результатів множинної регресії необхідно натиснути кнопку «OK» або кнопку «Residual analysis» («Аналіз залишків»). Ці дії спричинять появу на екрані форми аналізу залишків (рис. 5.7).

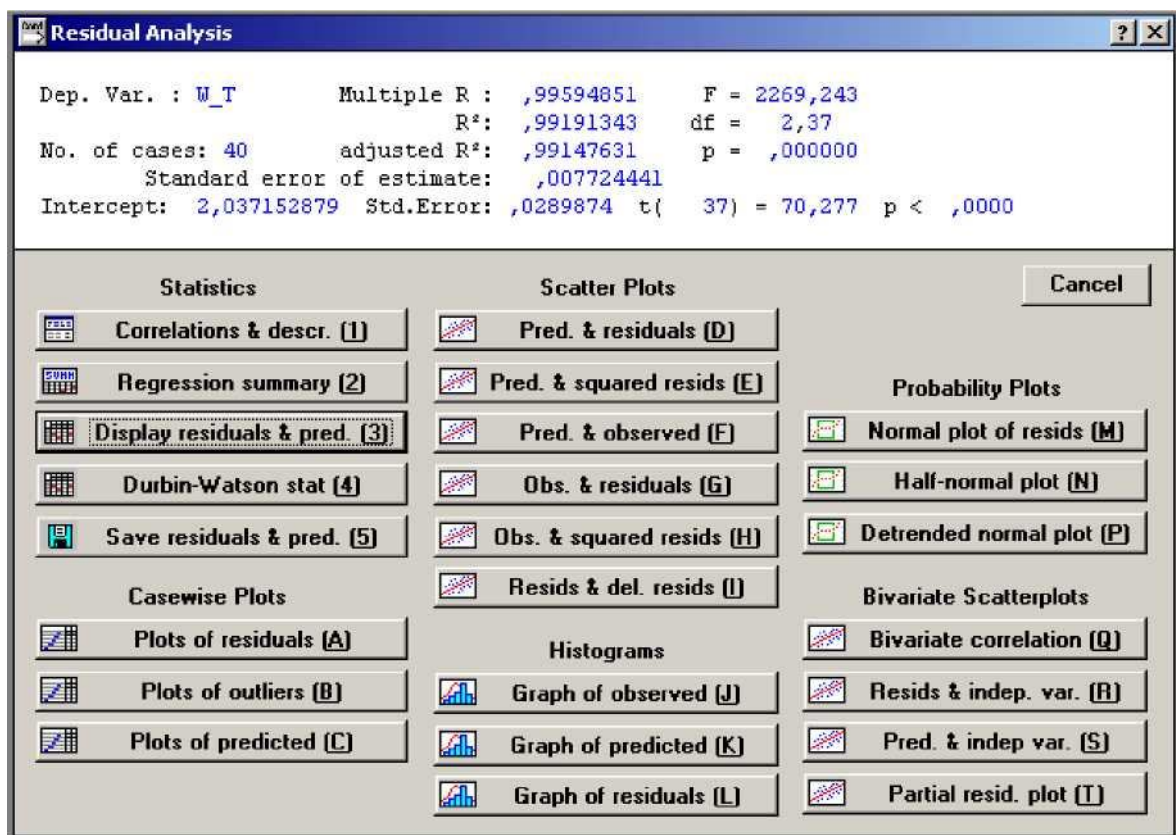


Рисунок 5.7 – Форма аналізу залишків у Statistica-5.5

Для перевірки розподілу залишків (різниця між прогнозними і спостережними значеннями) функції відгуку за нормальним законом потрібно натиснути кнопку «Graph of residuals (L)».

Далі на екран буде виведений запит способу представлення залишку (рис. 5.8).

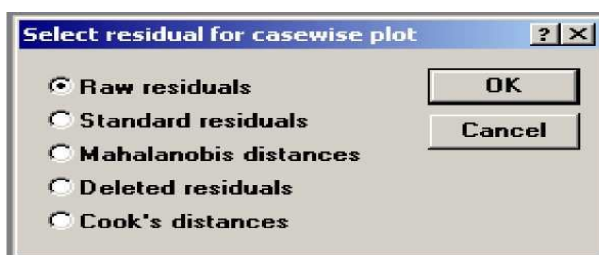


Рисунок 5.8 – Запит способу представлення залишків у Statistica-5.5

У формі запиту способу представлення залишків необхідно увімкнути індикатор «Raw residuals» («Необроблені залишки») (рис. 5.8) та натиснути кнопку «ОК». Далі на екрані з'явиться гістограма розподілу з середнім значенням, який дорівнює нулю, середньоквадратичним відхиленням, що дорівнює стандартній похибці оцінки розрахункового значення залежної змінної.

Далі гістограму та графік потрібно порівняти та надати висновок щодо схожості емпіричної щільності та теоретичної імовірності розподілу залишків. Дані відображаються у висновках.

Для того щоб надрукувати графік, потрібно перемістити курсор на вільне поле форми за межами гістограми та натиснути праву кнопку мишки, тоді буде виведено меню графіків. У меню необхідно обрати пункт «Print Graph», натиснути ліву кнопку миші на діалог «Print», після цих дій натиснути «ОК».

Якщо натиснути кнопку «Pred. & observed (F)» на формі аналізу залишків, на екрані з'явиться графік узгодженості прогнозних і спостережних значень функції відгуку. Після цього на екрані буде наведено згаданий графік, який також включається до висновків по роботі.

Аналізуючи цей графік, визначаються області з найбільшими розбіжностями між прогнозними і спостережними значеннями функції відгуку, які будуть допомагати скорегувати вигляд апроксимувальної моделі функції відгуку.

До таблиці заносять результати розрахунків коефіцієнтів регресійних моделей функцій відгуку.

Необхідно побудувати характеристичний графік змінних функції для подальшого аналізу ступеня впливу факторів на поведінку функцій відгуку. Потрібно провести подальший аналіз ступеню впливу факторів на поведінку функцій відгуку. Графіки залежності функції відгуку необхідно будувати від кожного фактора за декількох комбінацій решти факторів (комбінації мають бути переважно з мінімальних та максимальних рівнів варіювання факторів).

Вигляд регресійної моделі, для якої були визначені числові значення коефіцієнтів, може відрізнятись від обраної. Тоді перед початком аналізу буде потрібне зворотне перетворення змінних (якщо в регресійну модель включені додаткові змінні, які перетворюються з вихідних змінних, наприклад за формулою (5.1), тоді регресійна модель (5.4) має бути перетворена за формулою):

$$X' = e^x. \quad (5.7)$$

Студенту необхідно визначити вид кривої функції, координати точок перегину функції, асимптоти функції – оскільки це елементи математичного аналізу, що повинні обов'язково входити до аналізу впливу факторів на поведінку функції відгуку. Необхідно зазначити економіко-фізичний характер поведінки функції відгуку під впливом факторів, шляхи досягнення оптимальних параметрів функціонування транспортної системи.

До висновку потрібно додати стисло викладені основні закономірності зміни функцій відгуку під впливом факторів і параметрів транспортних систем, виділити особливі точки графіків функцій відгуку, визначити основні фактори, які впливають на показники роботи складових транспортних систем, надати рекомендації щодо максимального підвищення ефективності роботи транспортних систем у конкретних умовах.

Запитання до перевірки знань

1. Особливості регресійного аналізу із використанням інструментів MS Excel?
2. Основні відмінності Statistica-5.5 від MS Excel.
3. Як оцінити значущість коефіцієнтів регресійних моделей на підставі інформації, яка міститься в звіті MS Excel?
4. Назвіть підходи до формування нелінійних гіпотез про вид регресійних моделей?
5. Як вид гіпотези впливає на розроблений план експерименту?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. – М. : Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
2. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В. Г. Галушко. – Киев : Вища школа, 1976. – 232 с.
3. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений / А. К. Митропольский. – М. : Наука, 1971. – 576 с.
4. Сильвестров Д. С. Пакеты прикладных программ статистического анализа / Д. С. Сильвестров, Н. А. Семенов, В. П. Маришук. – Київ : Техніка, 1990. – 176 с.
5. Грушко И. М. Основы научных исследований / И. М. Грушко, В. М. Сиденко. – Харьков : Вища школа, 1983. – 224 с.
6. Ситник В. Ф. Імітаційне моделювання: навч. посібник / В. Ф. Ситник, Н. С. Орленко. – Київ : КНЕУ, 1998. – 232 с.
7. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 418 с.
8. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования / Ю. В. Завадский. – М. : Транспорт, 1977. – 72 с.
9. Налимов В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М. : Наука, 1965. – 340 с.
10. Хастингс Н. Справочник по статистическим распределениям : пер. с англ. / Н. Хастингс, Дж. Пикок. – М. : Статистика, 1980. – 95 с.
11. Кельтон В. Имитационное моделирование : пер. с англ. / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб. : Питер, 2004. – 847 с.
12. Говорухин В. Компьютер в математическом исследовании. Учебный курс / В. Говорухин, В. Цибулин. – СПб. : Питер, 2001. – 624 с.

13. Минько А. А. Статистический анализ в MS Excel / А. А. Минько. – М. : Вильямс, 2004. – 448 с.
14. Уокенбах Дж. Профессиональное программирование на VBA в Excel 2002 / Дж. Уокенбах. – М. : Вильямс, 2004. – 784 с.
15. Наумов В. С. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Транспортно-експедиционное обслуживание в логистических системах» для студентів денної форми навчання спеціальності 8.07010102 – Організація перевезень і управління на транспорті (за видами транспорту) / В. С Наумов. – Харків : ХНАДУ, 2012. – 29 с.
16. Закономерности формирования спроса на услуги городского пассажирского транспорта : метод. вказівки до практичних робіт : для студентів денної навчання напряму підготовки 6.070101 – Транспортні технології / О. В. Россолов, В. Ю. Король, С. В. Свічинський, О. С. Колій. – Харків : ХНАДУ, 2013. – 35 с.

ДОДАТОК А

ВИПАДКОВІ ВЕЛИЧИНИ

Таблиця А.1 – Числові значення рівномірно розподіленої випадкової величини в інтервалі (0;1)

Номер	Рівномірно розподілена випадкова величина	Номер	Рівномірно розподілена випадкова величина	Номер	Рівномірно розподілена випадкова величина	Номер	Рівномірно розподілена випадкова величина	Номер	Рівномірно розподілена випадкова величина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	0,017	19.	0,278	37.	0,752	55.	0,061	73.	0,878
2.	0,895	20.	0,952	38.	0,538	56.	0,310	74.	0,515
3.	0,248	21.	0,300	39.	0,958	57.	0,049	75.	0,187
4.	0,355	22.	0,918	40.	0,462	58.	0,380	76.	0,300
5.	0,742	23.	0,929	41.	0,820	59.	0,987	77.	0,247
6.	0,312	24.	0,837	42.	0,030	60.	0,592	78.	0,724
7.	0,448	25.	0,733	43.	0,110	61.	0,607	79.	0,917
8.	0,612	26.	0,452	44.	0,364	62.	0,968	80.	0,341
9.	0,583	27.	0,832	45.	0,757	63.	0,849	81.	0,643
10.	0,665	28.	0,709	46.	0,857	64.	0,565	82.	0,475
11.	0,403	29.	0,324	47.	0,731	65.	0,473	83.	0,276
12.	0,538	30.	0,439	48.	0,780	66.	0,997	84.	0,326
13.	0,436	31.	0,234	49.	0,762	67.	0,453	85.	0,383
14.	0,704	32.	0,732	50.	0,952	68.	0,081	86.	0,245
15.	0,806	33.	0,612	51.	0,907	69.	0,010	87.	0,298
16.	0,633	34.	0,318	52.	0,829	70.	0,947	88.	0,654

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17.	0,114	35.	0,207	53.	0,512	71.	0,459	89.	0,492
18.	0,334	36.	0,967	54.	0,003	72.	0,924	90.	0,439
91.	0,372	103.	0,667	115.	0,386	127.	0,023	139.	0,264
92.	0,300	104.	0,149	116.	0,211	128.	0,697	140.	0,060
93.	0,366	105.	0,326	117.	0,180	129.	0,765	141.	0,980
94.	0,301	106.	0,199	118.	0,760	130.	0,771	142.	0,791
95.	0,368	107.	0,437	119.	0,488	131.	0,169	143.	0,182
96.	0,301	108.	0,147	120.	0,621	132.	0,142	144.	0,014
97.	0,025	109.	0,176	121.	0,322	133.	0,833	145.	0,250
98.	0,897	110.	0,248	122.	0,181	134.	0,770	146.	0,392
99.	0,383	111.	0,188	123.	0,931	135.	0,827	147.	0,105
100.	0,048	112.	0,390	124.	0,169	136.	0,797	148.	0,683
101.	0,127	113.	0,049	125.	0,081	137.	0,986	149.	0,418
102.	0,009	114.	0,598	126.	0,966	138.	0,943	150.	0,593

ДОДАТОК Б

СТАНДАРТНІ ПЛАНИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Таблиця Б.1 – Рівні варіювання факторів трифакторного експерименту

Перша напівреплика				Друга напівреплика			
X0	X1	X2	X3	X0	X1	X2	X3
+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	-1
+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1
+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1
+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1

Таблиця Б.2 – Рівні варіювання факторів п'ятифакторного експерименту

X0	X1	X2	X3	X4	X5
+1	-1	-1	-1	-1	-1
+1	+1	+1	-1	-1	-1
+1	+1	-1	+1	+1	+1
+1	-1	+1	+1	+1	+1
+1	+1	-1	+1	-1	-1
+1	-1	+1	+1	-1	-1
+1	-1	-1	-1	+1	+1
+1	+1	+1	-1	+1	+1
+1	+1	-1	-1	-1	+1
+1	-1	+1	-1	-1	+1
+1	-1	-1	+1	+1	-1
+1	+1	+1	+1	+1	-1
+1	+1	-1	-1	+1	-1
+1	-1	+1	-1	+1	-1
+1	-1	-1	+1	-1	+1
+1	+1	+1	+1	-1	+1

Таблиця Б.3 – Перші стовпці плану Плакетта – Бермана (К – кількість факторів)*

K=7	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1									
K=11	+1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1					
K=15	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	-1	

Примітка. Інформаційна матриця плану експерименту заповнюється у такий спосіб. Стовпець X0 весь заповнюється значеннями «+1», останній рядок матриці (окрім клітинки на перетинання зі стовпцем X0) заповнюється значеннями «-1». Стовпець X1 заповнюється значеннями відповідного рядка таблиці Б.3 без будь-яких змін. Решта стовпців заповнюється даними з попереднього стовпця зрушеними вниз на один рядок і пересунутим у верхній рядок значенням останнього рядка попереднього стовпця.

Таблиця Б.4 – Табличні значення критерію Кохрена

f_2	f_1											
	1	2	3	4	5	6	8	10	16	36	144	∞
2	0,998 5	0,975 0	0,939 2	0,905 7	0,877 2	0,8534	0,815 9	0,788 0	0,734 1	0,660 2	0,581 3	0,500 0
3	0,966 9	0,870 9	0,797 7	0,745 7	0,707 1	0,6771	0,633 3	0,602 5	0,546 6	0,474 8	0,403 1	0,333 3
4	0,906 5	0,767 9	0,684 1	0,628 7	0,589 5	0,5598	0,517 5	0,488 4	0,436 6	0,372 0	0,309 3	0,250 0
5	0,841 2	0,683 8	0,598 1	0,544 1	0,506 5	0,4783	0,438 7	0,411 8	0,364 5	0,306 6	0,251 3	0,200 0
6	0,780 8	0,616 1	0,532 1	0,480 3	0,444 7	0,4184	0,381 7	0,356 8	0,313 5	0,261 2	0,211 9	0,166 7
7	0,727 1	0,561 2	0,480 0	0,430 7	0,397 4	0,3726	0,338 4	0,315 4	0,275 6	0,227 8	0,183 3	0,1429
8	0,679 8	0,515 7	0,437 7	0,391 0	0,359 5	0,3362	0,304 3	0,282 9	0,246 1	0,202 2	0,161 6	0,125 0
9	0,638 5	0,477 5	0,402 7	0,358 4	0,328 6	0,3067	0,276 8	0,256 8	0,222 6	0,182 0	0,144 6	0,111 1
10	0,602 0	0,445 0	0,373 3	0,331 1	0,302 9	0,2823	0,254 1	0,235 3	0,203 2	0,165 5	0,130 8	0,100 0
12	0,541 0	0,392 4	0,326 4	0,288 0	0,262 4	0,2439	0,218 7	0,202 0	0,173 7	0,140 3	0,110 0	0,083 3
15	0,470 9	0,334 6	0,275 8	0,241 9	0,219 5	0,2034	0,181 5	0,167 1	0,142 9	0,114 4	0,088 9	0,066 7
20	0,389 4	0,270 5	0,220 5	0,192	0,173 5	0,1602	0,142 2	0,130 3	0,110 8	0,087 9	0,067 5	0,050 0
24	0,343 4	0,235 4	0,190 7	0,165 6	0,149 3	0,1374	0,121 6	0,111 3	0,094 2	0,074 3	0,056 7	0,041 7
30	0,292 9	0,198 0	0,159 3	0,137 7	0,123 7	0,1137	0,100 2	0,092 1	0,077 1	0,060 4	0,045 7	0,033 3
40	0,237 0	0,157 6	0,125 9	0,108 2	0,096 8	0,0887	0,078 0	0,071 3	0,059 5	0,046 2	0,034 7	0,025 0
60	0,173 7	0,113 1	0,089 5	0,076 5	0,068 2	0,062 3	0,055 2	0,049 7	0,041 1	0,031 6	0,0234	0,016 7
120	0,098 8	0,063 2	0,049 5	0,041 9	0,037 1	0,033 7	0,029 2	0,026 6	0,021 8	0,016 5	0,012 0	0,008 3
∞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»

*(для магістрів денної форми навчання
спеціальності 275 – Транспортні технології,
освітня програма «Транспортні системи»)*

Укладачі: **ДАВІДЧ** Юрій Олександрович,
ФАЛЕЦЬКА Галина Іванівна

Відповідальний за випуск *О. О. Лобашов*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2017, поз. 192М

Підп. до друку 16.05.2017 Формат 60 × 84/16

Друк на ризографі Ум. друк. арк. 2,1

Тираж 50 пр. Зам. №

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