

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ЕКОНОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи
з дисципліни «Економетричні моделі в економіці»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» галузі знань 07
«Управління та адміністрування» спеціальності 071 – Облік і оподаткування

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри
бухгалтерського обліку, оподаткування та аудиту
Протокол №9
від 17 січня 2022 р.

ЧЕРНІГІВ 2022

Економетричні моделі в економіці. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи з дисципліни «Економетричні моделі в економіці» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» галузі знань 07 «Управління та адміністрування» спеціальності 071 - Облік і оподаткування/ Укл.: М.Є. Юрченко – Чернігів: НУЧП, 2022. – 33 с.

Укладач: Юрченко Марина Євгенівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

Відповідальний за випуск: Клименко Тетяна Вікторівна, кандидат економічних наук, доцент.

Рецензент: Гоголь Тетяна Анатоліївна, доктор економічних наук, професор кафедри бухгалтерського обліку, оподаткування та аудиту Національного університету «Чернігівська політехніка».

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Організація проведення розрахункової роботи.....	4
Критерії оцінювання виконання завдань.....	6
Теоретичні відомості для виконання РР.....	
Рекомендована література.....	7
Завдання розрахункової роботи з дисципліни.....	9
Додаток А.....	

Вступ. Метою викладання навчальної дисципліни «Економетричні моделі в економіці» є вивчення методів оцінювання параметрів залежностей, які характеризують кількісні взаємозв'язки між економічними показниками, а також використання економетричних моделей в економічних дослідженнях на різних ієрархічних рівнях національної економіки відповідно до майбутньої професійної діяльності.

Завданням дисципліни «Економетричні моделі в економіці» є:

надати здобувачам базові знання про основні види економетричних моделей, що застосовуються для опису взаємозв'язків між економічними явищами; вивчення теоретичних основ економетричного дослідження як способу формування інформаційної бази для дослідження економічного середовища та прийняття управлінських рішень;

Крім того здобувач буде вміти застосовувати методи статистичного спостереження для формування масиву первинних даних дослідження; виконувати необхідні аналітичні розрахунки; перевіряти статистичну значущість моделі в цілому, робити перевірку статистичної значимості параметрів моделі і коефіцієнта кореляції; будувати інтервали довіри для параметрів моделі і здійснювати їх інтерпретацію; прогнозувати економічні показники на основі економетричних моделей.

Розрахункова робота є однією з форм самостійної роботи і спрямована на поглиблення теоретичних і практичних знань з дисципліни.

Методичні вказівки призначені для надання допомоги здобувачам вищої освіти денної і заочної форм навчання у виконанні розрахункової роботи з дисципліни.

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Мета розрахункової роботи (РР):

- набуття практичних навичок побудови та аналізу економетричної моделі;
- оцінка параметрів моделі;
- виконання економічного аналізу модельованого процесу;
- розробка прогнозів на основі отриманої економетричної моделі;

Запропоновані завдання для індивідуальної (розрахункової роботи) включають методичні вказівки до виконання, завдання для розрахунку, критерії оцінювання.

Розрахункова робота виконується здобувачами вищої освіти спеціальності для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» галузі знань 07 «Управління та адміністрування» спеціальності 071 – Облік і оподаткування

Список основної літератури, необхідної для виконання роботи, наведено наприкінці методичних вказівок.

Під час виконання розрахункової роботи здобувачі повинні ознайомитися та вивчити лекційний матеріал, запропонований викладачем. Основою для вивчення є літературні джерела, наведені в даній методичній розробці.

Розрахункова робота повинна бути виконана з дотриманням всіх норм та правил академічної доброчесності. Політика дотримання академічної доброчесності ґрунтується на «Кодексі академічної доброчесності Національного університету «Чернігівська політехніка» (<https://stu.cn.ua/wpcontent/uploads/2021/05/p-yakist-kodex-07.07.2021.pdf>), погодженого вченою радою зі змінами та доповненнями НУ «Чернігівська політехніка» (протокол № 9 від 30.11.2020 р.) та введеного в дію наказом ректора НУ «Чернігівська політехніка» від 30.11.2020 р. № 100.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Завдання розрахункової роботи виконуються за окремим графіком. Обсяг розрахункової роботи визначається навчальним планом з дисципліни. З даного курсу розрахункова робота проводиться у формі виконання індивідуальних завдань.

Оцінка за виконання розрахункової роботи

Вид роботи	Форма контролю	Кількість балів
Правильність виконання роботи	1.Обґрунтованість рішень	0...8
Оформлення роботи	1.Відповідність оформлення вимогам	0...1
	2.Своєчасність виконання	0...1
Захист розрахункової роботи	Самостійність виконання відповіді на запитання)	0...5
Разом		0...15

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Робота виконується на листах А4 з однієї сторони, поля: з лівого боку – 20 мм, з правого боку – 10 мм, зверху – 20 мм, знизу – 20 мм.

Завдання повинні бути виконані акуратно, з детальними поясненнями та всіма проміжними розрахунками.

В кінці розрахункового завдання пишеться висновок (відповідь).

Вимоги до комп'ютерного набору розрахункової роботи:

- текстовий редактор – WORD;
- гарнітура шрифту – Times New Roman;
- кегль шрифту (розмір) – 14;
- міжрядковий інтервал – полуторний;
- абзац – 1,25 см;
- розташування тексту роботи – вирівнювання по ширині;
- міжрядковий інтервал між заголовком (назвою розділу чи підрозділу) і текстом повинна дорівнювати 1 інтервалу.

Приклад оформлення титульної сторінки розрахунково-графічної роботи наведено у Додатку А.

Повністю оформлена і виконана розрахункова робота подається на кафедру в термін, що визначений у плані-графіку виконання розрахункової роботи для перевірки її викладачем.

В разі зауважень з боку викладача, робота повинна бути доопрацьована в зазначений термін і подана на перевірку.

До підсумкового контролю допускаються лише здобувачи вищої освіти, що вчасно здали і захистили свою роботу.

Розрахункова робота оцінюється після захисту.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РР

Метод НК

Приклад. Надані данні про площу житлових приміщень та вартість кв. м. житла надані в Таблиці 1.

№	Площа житла, х	Ціна м. кв. , у
1	20	15,9
2	40,5	27
3	16	13,5
4	20	15,1
5	28	21,1
6	46,3	28,7
7	45,9	27,2
8	47,5	28,3
9	87,2	52,3
10	17,7	22
11	31,1	28
12	48,7	45
13	65,8	51
14	21,5	34,4

Необхідно:

За допомогою табличного редактора **Microsoft Excel** для заданих значень X і Y Побудувати та дослідити економетричну модель парної лінійної регресії.

1. Виконати ідентифікацію змінних та специфікацію моделі;
2. Оцінити параметри моделі методом найменших квадратів ІМНК;
3. Побудувати базову таблицю ANOVA та визначити дисперсії;
4. Визначити коефіцієнти детермінації, кореляції, еластичності;
5. Перевірити статистичну значущість коефіцієнтів детермінації і кореляції;

6. Визначити стандартні помилки оцінок параметрів моделі та оцінити їх;
7. Перевірити статистичну значущість оцінок параметрів моделі та визначити їх надійні інтервали;
8. Перевірити наявність гетероскедастичності;
9. Перевірити адекватність економетричної моделі;
10. Визначити точковий та інтервальний прогнози для заданого останнього значення X_p
11. Побудувати графіки;
12. Побудувати економетричну модель за допомогою функції **ЛИНЕЙН**;
13. Виконати економіко-математичний аналіз характеристик економетричної моделі;

Розв'язання.

Ідентифікуємо змінні економетричної моделі

Нехай X – площа житлових приміщень (факторна, незалежна, екзогенна змінна);

Y – вектор вартості житла (результативна, залежна, ендогенна змінна);

u – вектор залишків (стохастична складова).

Загальний вигляд моделі

$$Y = f(X, u)$$

Будуємо кореляційне поле

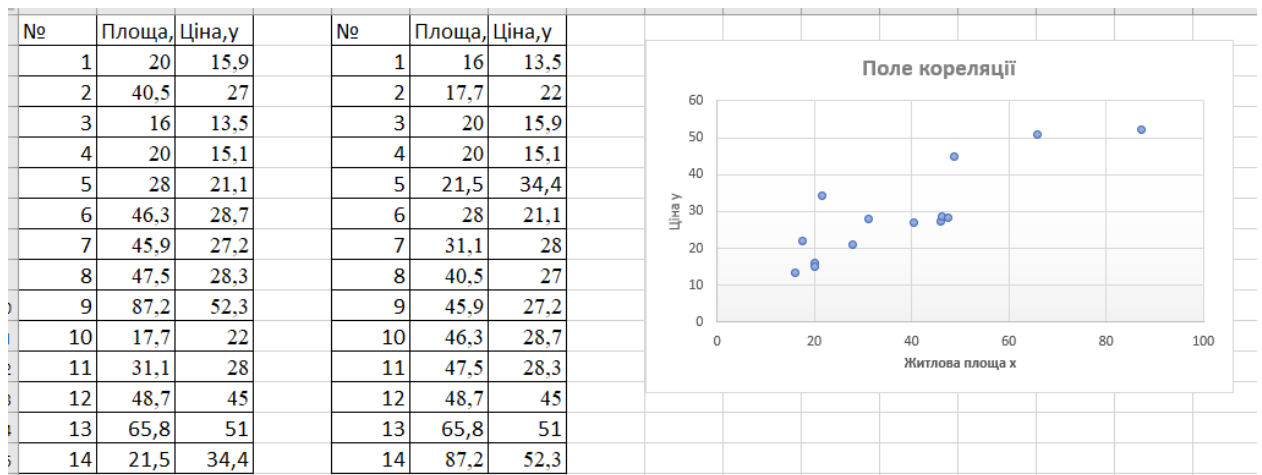


Рис. 1. Графік на робочому аркуші.

З отриманого графічного зображення бачимо, що зі збільшенням значень незалежної ознаки x залежна змінна y має тенденцію до збільшення. Візуальний аналіз графіка дозволяє зробити припущення, що між ознаками x та y існує лінійна залежність.

Розглянемо специфікацію економетричної моделі:

$$Y = f(X, u)$$

У вигляді лінійної функції:

$$Y = a_0 + a_1X + u \tag{1}$$

Рівняння регресії:

$$Y = a_0 + a_1X \tag{2}$$

Де a_0, a_1 – невідомі параметри моделі;

a_0, a_1 – їх оцінки;

Y – теоретичне (регресійне) значення результативної змінної;

$u = Y - \hat{Y}$ – вектор залишків (стохастична складова).

Для визначення параметрів рівняння регресії найчастіше застосовується метод найменших квадратів (МНК), який дозволяє підібрати певну неперервну аналітичну функцію для апроксимації дискретного набору вихідних даних. Поставлена задача зводиться до знаходження такої лінії, яка мінімізує суму квадратів відхилень між фактичними даними y та отриманими розрахунковим шляхом за рівнянням регресії теоретичним значенням \hat{Y} .

$$F = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min$$

Оцінка параметрів лінійної моделі a_0, a_1 відбувається класичним методом найменших квадратів.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n na_0 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{aligned} \tag{3}$$

Використовуючи вихідні дані з таблиці 1, заповнюємо розрахункову таблицю, та знаходимо відповідні суми.

№	Площа,х	Ціна,у	x_i^2	$x_i y_i$
1	20	15,9	400	318
2	40,5	27	1640	1094
3	16	13,5	256	216
4	20	15,1	400	302
5	28	21,1	784	590,8
6	46,3	28,7	2144	1329
7	45,9	27,2	2107	1248
8	47,5	28,3	2256	1344
9	87,2	52,3	7604	4561
10	17,7	22	313,3	389,4
11	31,1	28	967,2	870,8
12	48,7	45	2372	2192
13	65,8	51	4330	3356
14	21,5	34,4	462,3	739,6
Сума	536,2	409,5	26034,92	18549,5

Рис. 2. Розрахунки на робочому аркуші

Після підстановки відповідних значень сум в систему нормальних рівнянь (3), отримуємо систему лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\begin{aligned} 14a_0 + 536,2 a_1 &= 409,5 \\ 536,2 a_0 + 26034,92 a_1 &= 18549,5 \end{aligned} \quad (4)$$

Розв'яжемо систему (4) матричним методом оберненої матриці, використовуючи функції **МОБР** і **МУМНОЖ**.

Відповідно, маємо

$$A = X^{-1} \cdot Y = \begin{pmatrix} 0,338211 & -0,00697 \\ -0,00697 & 0,000182 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 409,5 \\ 18549,5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9,289066 \\ 0,521173 \end{pmatrix}$$

17				
18	матриця X		Матриця Y	
19		14	536,2	409,5
20		536,2	26034,92	18549,5
21				
22	Обернена X		X-1*Y	
23		0,338211	-0,00697	9,289066
24		-0,00697	0,000182	0,521173
25				

Рис.3. Розрахунки на робочому аркуші.

Таким чином, рівняння регресії має вигляд

$$Y = 9,289 + 0,521 X \quad (5)$$

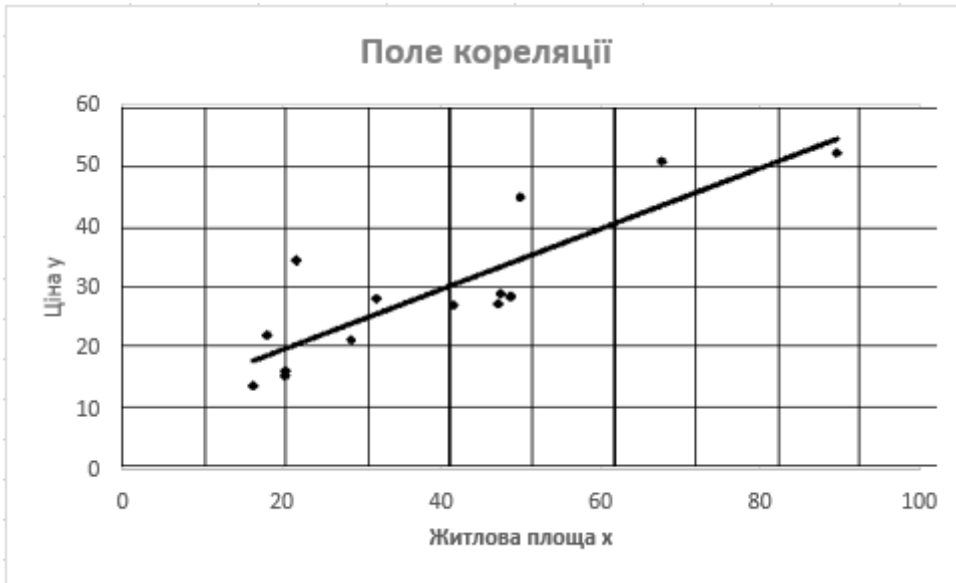


Рис.4. Графік лінії регресії

Проводимо дисперсійний аналіз.

Будуємо базову таблицю дисперсійного аналізу.

В таблицю занесені відповідні значення

$$Y = \text{СРЗНАЧ } Y = 29,25$$

$$X = \text{СРЗНАЧ } X = 38,3$$

Дисперсії

$$\sigma_Y^2 = \text{ДИСПР } Y = 145,4625$$

$$\sigma_X^2 = \text{ДИСПР } X = 392,7471$$

Середньоквадратичні відхилення

$$\sigma_Y = \text{СТАНДОТКЛОНП } Y = 12,06078$$

$$\sigma_X = \text{СТАНДОТКЛОНП } X = 19,81785$$

19												
20	№	Площа,х	Ціна,у	X^2	XУ	Урегр	X-Хср	У-Усер	(X-Хср)^2	(X-Хср)(У-Усер)	(У-Усер)^2	(Урегр-Усер):2
21	1	20	15,9	400	318	19,709	-18,3	-393,6	334,89	7202,88	178,2225	91,030681
22	2	40,5	27	1640,25	1093,5	30,3895	2,2	-382,5	4,84	-841,5	5,0625	1,29846025
23	3	16	13,5	256	216	17,625	-22,3	-396	497,29	8830,8	248,0625	135,140625
24	4	20	15,1	400	302	19,709	-18,3	-394,4	334,89	7217,52	200,2225	91,030681
25	5	28	21,1	784	590,8	23,877	-10,3	-388,4	106,09	4000,52	66,4225	28,869129
26	6	46,3	28,7	2143,69	1328,81	33,4113	8	-380,8	64	-3046,4	0,3025	17,31641769
27	7	45,9	27,2	2106,81	1248,48	33,2029	7,6	-382,3	57,76	-2905,48	4,2025	15,62541841
28	8	47,5	28,3	2256,25	1344,25	34,0365	9,2	-381,2	84,64	-3507,04	0,9025	22,91058225
29	9	87,2	52,3	7603,84	4560,56	54,7202	48,9	-357,2	2391,21	-17467,08	531,3025	648,731088
30	10	17,7	22	313,29	389,4	18,5107	-20,6	-387,5	424,36	7982,5	52,5625	115,3325645
31	11	31,1	28	967,21	870,8	25,4921	-7,2	-381,5	51,84	2746,8	1,5625	14,12181241
32	12	48,7	45	2371,69	2191,5	34,6617	10,4	-364,5	108,16	-3790,8	248,0625	29,28649689
33	13	65,8	51	4329,64	3355,8	43,5708	27,5	-358,5	756,25	-9858,75	473,0625	205,0853126
34	14	21,5	34,4	462,25	739,6	20,4905	-16,8	-375,1	282,24	6301,68	26,5225	76,72884025
35	Сума	536,2	409,5	26034,92	18549,5							
36	Середнє	38,3	29,25	1859,637	1324,964							
37	Сигма^2	392,7471	145,4625									
38	Сигма	19,81785	12,06078									

Рис.5. Базова таблиця дисперсійного аналізу.

Рівняння лінійної регресії завжди доповнюється показником тісноти зв'язку – лінійним коефіцієнтом кореляції r_{xy} .

Для його знаходження використовуємо формулу

$$r_{xy} = a_1 \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \frac{cov\ x, y}{\sigma_x \sigma_y}$$

Де

$$cov\ X, Y = YX - YX$$

Тому,

$$r_{xy} = a_1 \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \frac{cov\ x, y}{\sigma_x \sigma_y} = 0,521 \frac{19,81785}{12,06078} = 0,856089$$

Зауваження. Розрахунок r_{xy} можна робити за любым варіантом формули

Близькість коефіцієнта кореляції до 1 вказує на тісний лінійний зв'язок між ознаками.

Коефіцієнт кореляції можна знайти також за допомогою функції

$$r_{xy} = \text{КОРРЕЛ}(\text{МАСИВ1}; \text{МАСИВ2})$$

Де МАСИВ1 –діапазон даних змінної x

МАСИВ2 –діапазон даних змінної y

40	гху	0,856089
41	гху	=КОРРЕЛ(B21:B34;C21:C34)
42		КОРРЕЛ(массив1; массив2)

гху	0,856373
-----	----------

Рис.6. Розрахунок коефіцієнта кореляції.

Знаходимо парний коефіцієнт детермінації

$$r_{xy}^2 = 0,733375$$

Зауваження. Одержаний результат можна визначити за допомогою відповідних статистичних функцій.

$$F = \text{ПИРСОН } Y; X =$$

40	гху	0,856089
41	гху	0,856373
42	гху^2	0,733375
43	F	=КВПИРСОН(
44		КВПИРСОН(известные_значения_y; известные_значения_x)

r_{xy}^2 показує, що рівнянням регресії пояснюється 73,3375% дисперсії результативної ознаки, а на частку інших факторів доводиться 26,6625%.

Таким чином, зміна величини вартості житлової площі на 73,3375% обумовлена коливанням її розміру, і на 26,6625% - коливаннями інших факторів.

Знаходимо вектор залишків

$$u = Y - \hat{Y} = Y - a_0 + a_1X = Y - 9,289 + 0,521X$$

№	Площа,х	Ціна,у	X^2	XY	Yрегр	X-Хср	Y-Усер	(X-Хср)^2	(X-Хср)(Y-Усер)	(Y-Усер)^2	(Yрегр-Усер)^2	u	u^2
21	1	20	15,9	400	318	19,709	-18,3	-393,6	334,89	7202,88	178,2225	-3,809	14,50848
22	2	40,5	27	1640,25	1093,5	30,3895	2,2	-382,5	4,84	-841,5	5,0625	-3,3895	11,48871
23	3	16	13,5	256	216	17,625	-22,3	-396	497,29	8830,8	248,0625	-4,125	17,01563
24	4	20	15,1	400	302	19,709	-18,3	-394,4	334,89	7217,52	200,2225	-4,609	21,24288
25	5	28	21,1	784	590,8	23,877	-10,3	-388,4	106,09	4000,52	66,4225	-2,777	7,711729
26	6	46,3	28,7	2143,69	1328,81	33,4113	8	-380,8	64	-3046,4	0,3025	-4,7113	22,19635
27	7	45,9	27,2	2106,81	1248,48	33,2029	7,6	-382,3	57,76	-2905,48	4,2025	-6,0029	36,03481
28	8	47,5	28,3	2256,25	1344,25	34,0365	9,2	-381,2	84,64	-3507,04	0,9025	-5,7365	32,90743
29	9	87,2	52,3	7603,84	4560,56	54,7202	48,9	-357,2	2391,21	-17467,08	531,3025	-2,4202	5,857368
30	10	17,7	22	313,29	389,4	18,5107	-20,6	-387,5	424,36	7982,5	52,5625	3,4893	12,17521
31	11	31,1	28	967,21	870,8	25,4921	-7,2	-381,5	51,84	2746,8	1,5625	2,5079	6,289562
32	12	48,7	45	2371,69	2191,5	34,6617	10,4	-364,5	108,16	-3790,8	248,0625	10,3383	106,8804
33	13	65,8	51	4329,64	3355,8	43,5708	27,5	-358,5	756,25	-9858,75	473,0625	7,4292	55,19301
34	14	21,5	34,4	462,25	739,6	20,4905	-16,8	-375,1	282,24	6301,68	26,5225	13,9095	193,4742
35	Сума	536,2	409,5	26034,92	18549,5								
36	Середнє	38,3	29,25	1859,637	1324,964								
37	Сигма^2	392,7471	145,4625										
38	Сигма	19,81785	12,06078										

Рис.6. Розрахунок вектора залишків.

Оцінюємо якість рівняння регресії в цілому за допомогою F - критерію Фишера. Знаходимо фактичне значення F - критерію:

$$F = \frac{r_{xy}^2}{1 - r_{xy}^2} n - 2 = \frac{0,733375}{1 - 0,733375} 14 - 2 = 33,007$$

Фактичне значення F - критерію Фишера порівнюється з табличним значенням $F_{\text{табл}} \alpha; k_1; k_2$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$ й ступенях свободи $k_1 = m$ та $k_2 = n - m - 1$. Для парної лінійної регресії $m = 1$.

Зауваження. Одержаний результат можна визначити за допомогою відповідних статистичних функцій.

$$F_{\text{табл}} = F_{\text{РАСПОБР}}(0,05; 1; 12) = 4,747225$$

43	F	33,00704
44	Fтабл	=FРАСПОБР(0,05;1;12)
45		FРАСПОБР(вероятность; степени_свободы1; степени_свободы2)
46		

4	Fтабл	4,747225
---	-------	----------

Таким чином, при $k_1 = 1$, $k_2 = 14 - 1 - 1 = 12$, $\alpha = 0,05$, $F_{\text{табл}} = 4,747225$

$$F > F_{\text{табл}}$$

При цьому, якщо фактичне значення F - критерію більше табличного, то визнається статистична значимість рівняння в цілому.

Визначаємо коефіцієнт еластичності:

$$E_Y = \frac{\frac{\partial Y}{\partial X}}{\frac{Y}{X}} = a_1 \frac{Y}{X} = 0,521 \cdot \frac{29,25}{38,3} = 0,397892$$

Коефіцієнт еластичності характеризує відносний ефект впливу фактора X на результативний показник Y . Таким чином, при збільшенні площі житла на 1% ціна гранично зростає на 0,397892%.

Перевірка статистичної значущості коефіцієнтів регресії та кореляції.

У парній лінійній регресії оцінюється значущість не тільки рівняння в цілому, але й окремих його параметрів. Із цією метою по кожному з параметрів визначається його стандартна похибка: m_b і m_a .

Для оцінки статистичної значимості коефіцієнтів регресії й кореляції розрахуємо t - критерій Стьюдента й довірчі інтервали кожного з показників.

Розрахуємо випадкові помилки параметрів лінійної регресії й коефіцієнта кореляції :

$$m_{a_1} = \frac{\overline{S_{\text{зал}}^2}}{\overline{X - X^2}} = \frac{S_{\text{зал}}}{\sigma_X \cdot \overline{n}}$$

$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{y - y_x^2}{n - 2} = \frac{u^2}{n - 2} = \frac{542,9758}{14 - 2} = 45,2479$$

$$m_{a_1} = \frac{\overline{S_{\text{зал}}^2}}{\overline{X - X^2}} = \frac{S_{\text{зал}}}{\sigma_X \cdot \overline{n}} = \frac{45,2479}{5498,46} = 0,091$$

Стандартна похибка параметра a_0 визначається за формулою:

$$m_{a_0} = \frac{\overline{S_{\text{зал}}^2 \cdot X^2}}{n \cdot \overline{X - X^2}} = S_{\text{зал}} \frac{\overline{X^2}}{\sigma_X \cdot n}$$

$$m_{a_0} = S_{\text{зал}} \frac{\overline{X^2}}{\sigma_X \cdot n} = 6,727 \frac{\overline{26034,92}}{19,81785 \cdot 14} = 3,9121$$

Значущість лінійного коефіцієнта кореляції перевіряється на основі величини похибки коефіцієнта кореляції m_r

$$m_r = \frac{\overline{1 - r_{xy}^2}}{n - 2} = 0,1496$$

Далі розраховуємо фактичні значення t -статистик.

Величина стандартної похибки разом з t -розподілом Стьюдента при $n - 2$ ступенях свободи застосовується для перевірки значимості коефіцієнта регресії та для розрахунку його довірчого інтервалу.

Для оцінки значимості коефіцієнта регресії його величина порівнюється з його стандартною похибкою, тобто визначається фактичне значення t -критерію Стьюдента:

$$t_{a_1} = \frac{a_1}{m_{a_1}} = \frac{0,521}{0,09715} = 5,3628$$

$$t_{a_0} = \frac{a_0}{m_{a_0}} = \frac{9,289}{3,911949} = 2,3745$$

Фактичне значення t -критерію Стьюдента визначається як

$$t_r = \frac{r_{xy}}{m_r}$$

$$t_r = \frac{r_{xy}}{m_r} = \frac{0,856345}{0,1496} = 5,745176$$

Табличне значення t -критерію Стьюдента при $\alpha = 0,05$ й числі ступенів свободи $\nu = n - 2 = 14 - 2 = 12$

Визначаємо за допомогою функції:

$$\text{СТЬЮДРАСПОБР}(\alpha; \nu) = \text{СТЬЮДРАСПОБР}(0,05; 12) = 2,178813$$

50	ta0	2,37452		
51				
52	tr	5,745176		
53	тстюд	=СТЬЮДРАСПОБР(0,05;12)		
54				

$$t_{\text{табл}} = 2,178813$$

Маємо, що $t_{a_1} > t_{\text{табл}}$, $t_{a_0} > t_{\text{табл}}$, $t_r > t_{\text{табл}}$, тому визнаємо статистичну значущість параметрів регресії й показника тісноти зв'язку.

Розрахуємо довірчі інтервали для параметрів регресії a_0, a_1

Довірчий інтервал для коефіцієнта регресії визначається як:

$$a_0 \pm t \cdot m_{a_0}; \quad a_1 \pm t \cdot m_{a_1}$$

Одержимо

$$a_0 \in 0,7656; 17,812$$

$$a_1 \in 0,3233; 0,7186$$

Щоб мати загальне уявлення про якість моделі з відносних відхилень за кожним спостереженням, визначають середню відносну похибку апроксимації:

$$A = \frac{1}{n} \sum \frac{u}{Y} \cdot 100\%$$

$$A = 5,95691$$

Середня похибка апроксимації не повинна перевищувати 8-10 %.

Тому

$$A = 5,95691 = 5,96\%$$

свідчить про високу якість моделі.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n na_1 + b_1 x_i &= \sum_{i=1}^n y_i \\ a_1 \sum_{i=1}^n x_i + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n na_2 + b_2 x_i &= \sum_{i=1}^n y_i \\ a_2 \sum_{i=1}^n x_i + b_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{aligned} \quad (7)$$

Знаходимо розв'язок кожної задачі матричним методом

A	5	124,5	92,6	5	184,8	180,4
	124,5	238,2	2520,3	184,8	8444,08	7547,1
A-1	-0,01665	0,008701		1,046437	-0,0229	
	0,008701	-0,00035		-0,0229	0,00062	
X	20,38681			15,93781		
	-0,07497			0,544973		

$$y_1 = 20,38681 - 0,07497x$$

$$y_2 = 15,93781 + 0,54497x$$

Знайдемо суму квадратів залишків за першою і другою моделями

№	Площа,х	Ціна,у	X^2	XY	u1	u1^2	№	Площа,х	Ціна,у	X^2	XY	u2	U2^2
1	20	15,9	400	318	-2,987365	8,924351	1	17,7	22	313,29	389,4	-3,58383	12,84382
2	40,5	27	1640,25	1093,5	9,6495707	93,11422	2	31,1	28	967,21	870,8	-4,88646	23,8775
3	16	13,5	256	216	-5,687255	32,34487	3	48,7	45	2371,69	2191,5	2,522022	6,360594
4	20	15,1	400	302	-3,787365	14,34413	4	65,8	51	4329,64	3355,8	-0,79701	0,635224
5	28	21,1	784	590,8	2,8124147	7,909676	5	21,5	34,4	462,25	739,6	6,745276	45,49875
Сума	124,5	92,6	3480,25	2520,3		156,6372	Сума	184,8	180,4	8444,08	7547,1		89,21589

$$S_1 = 156,6372 \quad S_2 = 89,21589$$

Де

u_1 і u_2 — залишки за першою і другою моделями

$$F^* = \frac{S_1}{S_2} = \frac{156,6372}{89,21589} = 1,75571$$

Цей критерій у разі виконання гіпотези про гомоскедастичність відповідатиме

F –розподілу з

$$\gamma_1 = \frac{n - c - 2m_1}{2} = \frac{14 - 4 - 2 \cdot 2}{2} = 3$$

$$\gamma_2 = \frac{n - c - 2m_2}{2} = \frac{14 - 4 - 2 \cdot 2}{2} = 3$$

Степенями свободи

m_1, m_2 – кількість параметрів парних моделей ($m_1, m_2 = 2$)

Оскільки

$$F^* \leq F_{\text{табл}}$$

$$F_{\text{табл}} = 9,276628$$

гетероскедастичність відсутня.

ВИСНОВОК. МНК-оцінки параметрів регресійної моделі можуть застосовуватися для подальших досліджень.

Знаходимо прогнозне значення результативної ознаки Y у випадку, якщо прогнозне значення фактора X збільшується на 10% від середнього рівня.

$$X_p = X \cdot 1,1 = 38,3 \cdot 1,1 = 42,13$$

Для визначення точкової оцінки прогнозу підставимо задане прогнозне значення

$$X_p = 42,13$$

У рівняння регресії

$$Y = 9,289 + 0,521 X$$

$$Y_p = 9,289 + 0,521 \cdot 42,13 = 31,239$$

Значення Y_p можна інтерпретувати як точкову оцінку прогнозного значення математичного сподівання та індивідуального значення ціни житла, коли площа житла

$$X_p = 42,13$$

Зауважимо, що точковий прогноз явно не реальний, тому він доповнюється розрахунком стандартної похибки Y_p , тобто m_{Y_p} , і відповідно інтервальною оцінкою прогнозного значення Y_p :

Знайдемо помилку прогнозу:

$$m_{y_p} = S_{\text{зал}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{X_p - \bar{X}}{n \cdot \sigma_X^2}}$$

$$m_{y_p} = 6,727 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{14} + \frac{42,13 - 38,3}{14 \cdot 392,7471}} = 6,969$$

Довірчий інтервал прогнозного значення

$$Y_p - \Delta_{Y_p} \leq Y_p \leq Y_p + \Delta_{Y_p},$$

$$\Delta_{Y_p} = m_{y_p} \cdot t_{\text{табл}}$$

$$\Delta_{Y_p} = m_{y_p} \cdot t_{\text{табл}} = 6,969 \cdot 2,178813 = 15,1841$$

$$31,239 - 15,1841 \leq Y_p \leq 31,239 + 15,1841,$$

$$16,055 \leq Y_p \leq 46,423,$$

Таким чином, якщо розмір житлової площі

$$X_p = 42,13$$

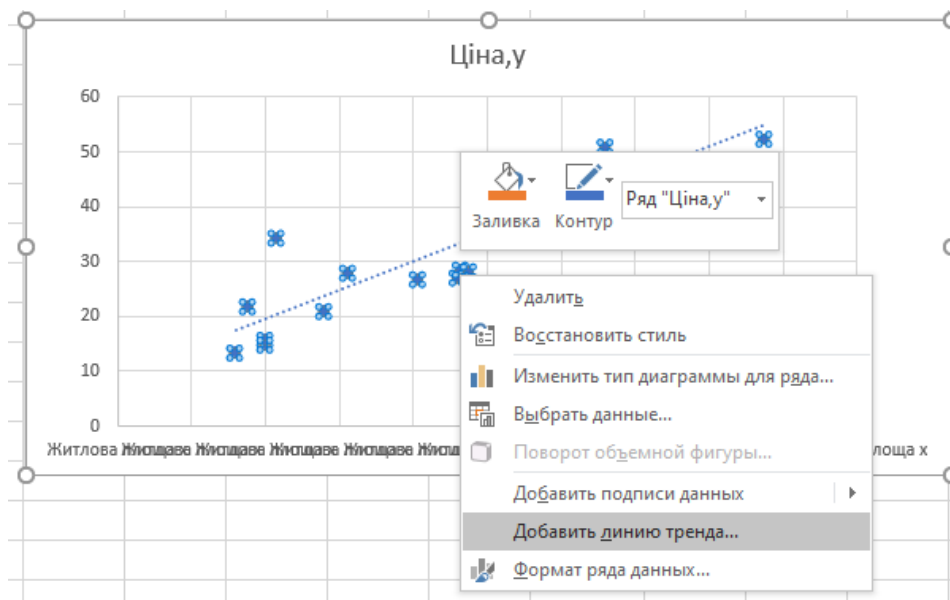
То можлива її вартість в 95% випадків буде знаходитись в інтервалі від

16,055 до 46,423 умовних одиниць

Цей інтервал визначає межі, за якими можуть знаходитись не більш 5% значень вартості квартир.

Використовуючи *МАСТЕРДИАГРАММ*, побудуємо лінію тренду для фактичних даних, що задані діаграмою розсіювання (Рис.9).

Для цього діаграму переведемо у режим редагування: натискуємо ліву клавішу миші та виділяємо ряд на діаграмі. Потім надаємо команду *ДОБАВИТЬ ЛИНИЮ ТРЕНДА* з меню *ДИАГРАММА*. У результаті з'являється діалогове вікно, у першому розділі якого визначаємо тип діаграми, а у другому задаємо її параметри.



Формат линии тренда

Параметры линии тренда

Экспоненциальная
 Линейная
 Логарифмическая
 Полиномиальная Степень: 2
 Степенная
 Скользящее среднее Период: 2

Название линии тренда

Автоматически Линейная (Ціна,у)
 Другое

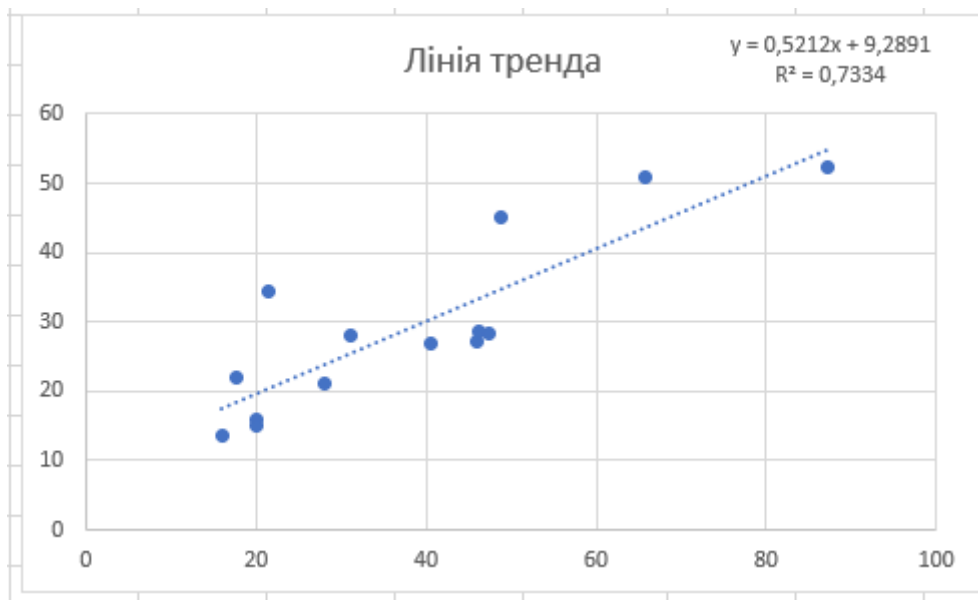
Прогноз

Вперед на: 0,0 периодов
 Назад на: 0,0 периодов
 установить пересечение: 0,0

показывать уравнение на диаграмме
 показывать уравнение на диаграмме
 поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)
 поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)

Рис.9. Побудова лінії тренду.

Отримані результати за допомогою *МАСТЕРДИАГРАММ*, а саме рівняння тренду та коефіцієнт детермінації співпадають з обрахованими.



Висновки:

1. Коефіцієнт детермінації показує, що на 73,3% варіація вартості житла залежить від його площі.
2. Коефіцієнт кореляції $r = 0,8563$ свідчить про досить сильний прямий зв'язок між ознаками.
3. Коефіцієнт регресії a_1 характеризує граничний розмір вартості житла, якщо площа житла збільшується на 1. Тобто збільшення площі на 1 сприятиме граничному зростанню ціни в середньому на 0,521 умовну одиницю.
4. Коефіцієнт еластичності

$$E_{\frac{Y}{\bar{X}}} = \frac{\frac{\partial Y}{\partial X}}{\frac{Y}{\bar{X}}} = a_1 \frac{Y}{X} = 0,521 \cdot \frac{29,25}{38,3} = 0,397892$$

свідчить, що за збільшенні площі житла на 1% ціна гранично зростає на 0,39%.

5. Згідно з F - критерієм, з надійністю $P = 0,95$ побудовану економетричну модель можна вважати адекватною фактичним експериментальним даним і на підставі побудованої моделі проводити економічний аналіз та знаходити значення прогнозу.
6. Оскільки

$$A = 5,95691 = 5,96\%,$$

це свідчить про досить високу якість прогнозу

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Здрок В. В. Економетрія: навч. посіб. Київ, Знання, 2015. 541 с.
2. Лугінін О. Є. Економетрія : навч. посіб. К. : Центр учбової літератури, 2008. 278 с.
3. Назаренко О.М. Основи економетрики: підручник. Київ.: «Центр навчальної літератури», 2005. 392 с.
4. Наконечний С. І., Терещенко Т. О., Романюк Т. П. Економетрія: Підручник.-Вид. 3-є, доп. та перероб. - К. : КНЕУ, 2004. - 520 с.
5. Черняк О.І. Економетрика: підручник Київ, Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. 359 с
6. Cameron C. Microeconometrics Using Stata. - Stata Press; 1st edition; 2019. 692 p.
7. Dimitrios Asteriou; S. G. Hall Applied Econometrics. Red Globe Press, 3rd edition, 2017.
8. Greene W. Econometric Analysis. PEARSON INDIA, 2018.

Допоміжна

9. Гаврилюк Л.А., Бержанір А.Л. Прогнозування соціально-економічних процесів: навч. Посіб. Умань, 2005. 280 с.
10. Карімов І.К. Інформаційно-обчислювальні системи в економіці: Навч.посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. - Дніпродзержинськ:ДДТУ, 2013. - 279 с.
11. Юрченко М.Є. Прогнозування та аналіз часових рядів: метод. вказ. Чернігів: ЧНТУ, 2018. 88 с.
12. Юрченко М.Є., Дрозд О.П. Прогнозування соціально-економічних процесів: метод. вказівки до лабораторних робіт і самостійної роботи. Чернігів: ЧНТУ, 2019. 116 с.

Інформаційні ресурси

13. Система дистанційного навчання НУ «Чернігівська політехніка». Курс «**Економетричні моделі в економіці**» Режим доступу: <https://eln.stu.cn.ua/course/view.php?id=5219>
14. Офіційний сайт бібліотеки ім. В. Вернадського. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
15. Офіційний сайт Наукової бібліотеки НУ «Чернігівська політехніка». – Режим доступу: <http://library2.stu.cn.ua/>

ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

За допомогою табличного редактора *Microsoft Excel* для заданих значень X і Y Побудувати та дослідити економетричну модель парної лінійної регресії.

1. Виконати ідентифікацію змінних та специфікацію моделі;
2. Оцінити параметри моделі методом найменших квадратів ІМНК;
3. Побудувати базову таблицю ANOVA та визначити дисперсії;
4. Визначити коефіцієнти детермінації, кореляції, еластичності;
5. Перевірити статистичну значущість коефіцієнтів детермінації і кореляції;
6. Визначити стандартні помилки оцінок параметрів моделі та оцінити їх;
7. Перевірити статистичну значущість оцінок параметрів моделі та визначити їх надійні інтервали;
8. Перевірити наявність гетероскедастичності;
9. Перевірити адекватність економетричної моделі;
10. Визначити точковий та інтервальний прогнози для заданого останнього значення

$$X_p = X_{\text{сер}} \cdot 1,1$$

11. Побудувати графіки;
12. Побудувати економетричну модель за допомогою функції **ЛИНЕЙН**;
13. Виконати економіко-математичний аналіз характеристик економетричної моделі;

Варіант №1

Залежність між доходністю кредитних операцій комерційного банку $Y\%$ та розміром кредитної ставки $X\%$

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	59	61	64	66	68	61	64	64
Y	18	24	35	31	29	25	36	32
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	66	67	66	62	73			
Y	30	31	30	28				

Варіант №2

Залежність між прибутком фірми Y тис. грн. та інвестиціями X тис. грн.

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	4,5	4,5	5,4	6,9	6,4	7,2	7,8	6,3
Y	8,1	13,4	15,4	11,4	17,8	19,5	10,4	17,1
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	5,7	5,2	6,7	5,8	6,1	7,2	7,5	8,3
Y	15,2	13,5	18,3	17,6	16,2	19,8	20,4	

Варіант №3

Залежність собівартості Y (ум. од.) від кількості вирощеного X (ум. од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	1,23	1,43	1,73	1,53	1,63	1,95	1,83	1,33	2,03
Y	10,36	13,29	14,25	14,51	15,6	16,23	17,36	11,56	

Варіант №4

Залежність річного товарообігу підприємства Y (млн. грн) від торгової площі X тис. кв. м.)

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,31	0,98	1,21	1,29	1,12	1,49	0,78	0,94
Y	2,93	5,27	6,85	7,01	7,02	8,35	4,33	5,77
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	1,29	0,48	0,24	0,55	1,24	1,33		
Y	7,68	3,16	1,52	3,15	6,95			

Варіант №5

Залежність витрат обігу автотранспорту Y грн. від їх вантажообігу X грн.

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	11,6	17,1	32,2	18,1	18,9	35,9	37,8	14,5
Y	2,7	2,4	2,3	2,3	2,5	2,5	2,4	2,6
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	16,1	31,1	32,4	14,0	17,4	34,5	13,4	38,3
Y	2,7	2,6	2,2	2,7	2,6	2,3	2,6	

Варіант №6

Залежність урожайності соняшника Y (ум.од.) від глибини зволоження ґрунту X (ум.од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0	5	8	14	16	10	12	18
Y	10	12	14	20	22	16	18	24
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	20	24	32	28	30	26	33	
Y	26	30	38	34	36	32		

Варіант №7

Залежність урожайності пшениці Y (ум.од.) від кількості внесених добрив X (ум.од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	10	30	60	50	40	70	80	90
Y	10	12	18	16	14	20	22	24
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	120	110	100	123				
Y	30	28	26					

Варіант №8

Залежність рівня заощаджень Y (млрд. грн) від доходу населення X (млрд. грн)

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	15,8	16,5	17,2	17,9	18,6	19,3	20,0	20,7
Y	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	21,4	22,1	25,6	23,5	24,2	24,9	27,0	26,3
Y	3,9	4,0	4,7	4,3	4,4	4,6	4,9	4,8
№	17	18	19	20	21	22	23	24
X	36,1	27,7	28,4	29,1	29,8	30,5	31,2	31,9
Y	6,6	5,1	5,2	5,3	5,5	5,6	5,7	5,8
№	25	26	27	28	29	30	31	32
X	32,6	33,3	34,0	34,7	35,4	22,8	36,8	37,3
Y	6,0	6,1	6,2	6,4	6,5	4,2	6,7	

Варіант №9

Залежність обсягу випуску продукції підприємством Y (тис. грн) від капіталу на його устаткування X (тис. грн)

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	395	409	501	547	566	568	571	667
Y	57	67	76	76	91	92	101	103
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	586	606	664	709	673	680	684	684
Y	103	103	103	122	105	117	120	120
№	17	18	19	20	21	22	23	24
X	687	574	744	751	787	809	812	1203
Y	121	102	124	125	129	131	140	

Варіант №10

Залежність кредитового обороту районних філій банку Y (млн. грн) від кількості їх клієнтів доходу населення X (тис. осіб)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	6	5	7	8	4	5	7	7	4	9
Y	7,4	7,2	8,6	9,5	4,6	7,3	8,6	9,8	7	

Варіант №11

Залежність між обсягом випуску продукції Y (млрд. грн) та виробничими фондами X (млн. грн).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	4	5	7	6,5	8	7,5	8	6
Y	12	10	13	12,5	14,5	14	14	12
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	11	12	9	10	13	14,3		
Y	9	10	8,5	9	11			

Варіант №12

Залежність між вартістю основних виробничих фондів Y (млн. грн) та вартістю випущеної валової продукції X (млн. грн).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	3,11	3,15	3,85	4,84	4,62	4,87	6,09	7,06
Y	10,65	11,87	12,96	13,4	15,12	16,03	16,29	18,07
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	6,23	6,83	8,01	8,26	9,37	9,02	9,73	
Y	18,4	19,53	20,46	21,72	23,17	23,57		

Варіант №13

Залежність урожайності капусти Y (ум. од.) від кількості внесених добрив та вартістю випущеної валової продукції X (ум. од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	83	92	162	132	112	154	144	181	183
Y	369	380	436	395	370	412	400	420	

Варіант №14

Залежність продуктивності праці за рік у виробництві Y (ум. од.) від питомої ваги механізованих робіт X (%).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>X</i>	85	84	68	64	70	71	74	82
<i>Y</i>	4300	4150	3000	3420	3300	3400	3460	4100
№	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>X</i>	78	73	81	84	86	71	88	93
<i>Y</i>	3700	300	4000	4450	4270	3300	4500	

Варіант №15

Залежність продуктивності праці за рік у виробництві *Y* (ум. од.) від питомої ваги працівників з відповідною кваліфікацією *X* (%).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>X</i>	74	71	57	56	59	64	63	71
<i>Y</i>	4300	4150	3000	3420	3300	3400	3460	4100
№	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>X</i>	67	64	70	77	73	60	77	83
<i>Y</i>	3700	300	4000	4450	4270	3300	4500	

Варіант №16

Залежність об'єму торгівлі *Y* (ум. од.) від доходів населення *X* (ум. од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>X</i>	30	22	35	37	40	45	51	51	57	63
<i>Y</i>	2	25	26	28	30	35	40	48	45	

Варіант №17

Залежність між денним товарообігом *Y* (тис. грн) і середньоденною інтенсивністю потоку покупців *X* (чол/день).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>X</i>	1,9	2,8	4,7	4	3,8	5,73	9,3	8,17
<i>Y</i>	8	10,75	11,66	13,49	17,44	18,3	21,42	22,6
№	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>X</i>	11,16	12,72	16,07	20,1	21,3			
<i>Y</i>	24,4	31,2	32,9	36,4				

Варіант №18

Залежність між обсягом випуску продукції Y (млн. грн) та трудовими ресурсами X (млн. год./люд.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	3	3	4	8	6,5	5,5	6	4,5
Y	12	10	12	16	15	14	14	12,5
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	5	7	7	6,5	9,5	13		
Y	13	15,5	15	14,5	16,4			

Варіант №19

Залежність виручки Y (ум. од.) від кількості покупців X (ум. од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
X	31	75	89	26	35	73	91	21	56	21	93
Y	64	100	103	50	63	95	109	43	93	37	

Варіант №20

Залежність витрат на споживання Y (ум. од.) від рівня доходів населення X (ум. од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	4,52	5,03	6,62	5,52	6,47	5,93	7,23	7,27
Y	31,02	38,1	33,67	51,15	56,46	46,15	60,76	39,11
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	9,00	8,26	8,67	8,17	9,47	9,24	9,60	9,63
Y	53,06	47,29	46,00	52,37	40,27	40,9	76,33	

Варіант №21

Залежність витрат на споживання Y (ум. од.) від рівня заощаджень X (ум. од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	10,81	13,04	19,15	16,48	20,9	10,26	23,26	13,06
Y	31,02	38,1	51,15	46,15	56,46	33,67	60,76	39,11
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	18,68	16,06	14,15	18,84	12,04	11,15	29,93	
Y	52,37	47,29	46,00	53,06	40,90	40,27		

Варіант №22

Залежність між якістю заготовленої сировини підприємством Y (%) та відстанню перевезень X (км).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	110	42	157	132	126	65	102	148
Y	77	84	74	78	79	83	80	75
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	174	86	93	113				
Y	72	82	75					

Варіант №23

Залежність кількості проданих одиниць товару Y (штук) від середньої роздрібною ціни на ринку X (грн).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	1,26	1,44	1,57	1,51	1,53	1,47	1,59	1,23
Y	6482	5348	5429	6079	4924	5862	4216	1253
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	1,6	1,49	1,77	1,44	1,62	1,43		
Y	4038	3476	2911	3950	4134			

Варіант №24

Залежності об'єму випуску продукції Y (млн. грн) від вартості виробничих фондів X (млн. грн).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	4,5	4,5	5	7,5	5	6	7	5,5	8	8,5
Y	10	10,5	10	13	11	12	12,5	11,5	13,5	

Варіант №25

Залежність витрат на споживання Y (ум. од.) від рівня заробітної плати X (ум. од.).

№	1	2	3	4	5	6	7	8
X	23,9	25,19	27,5	31,00	35,92	32,67	34,63	28,79
Y	31,02	38,1	51,15	56,46	39,11	33,67	60,76	46,15
№	9	10	11	12	13	14	15	16
X	36,89	37,57	41,45	39,69	42,11	43,66	44,68	45,03
Y	52,37	47,29	53,06	46,00	40,9	40,27	76,33	

ДОДАТОК А

Приклад титульної сторінки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ІНІ ЕКОНОМІКИ

Кафедра бухгалтерського обліку, оподаткування та аудиту

Розрахунковою робота

з дисципліни
«Економетричні моделі в економіці»

Варіант _____

Виконав(ла):
ЗВО групи ___-___

(прізвище та ініціали)

(дата виконання)

Перевірив(ла):
к.ф.-м..н., доц. Юрченко М.Є.

Чернігів, 20___

Я, _____, підтверджую, що дана робота є моєю власною письмовою роботою, оформленою з дотриманням цінностей та принципів етики і академічної доброчесності відповідно до Кодексу академічної доброчесності Національного університету «Чернігівська політехніка». Я не використовував/ла жодних джерел, крім процитованих, на які надано посилання в роботі.