

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
«Економіко-математичні моделі в управлінні та економіці»
для студентів напряму підготовки
6.030503 – «Міжнародна економіка»

Затверджено методичною
радою університету
протокол № від

Харків 2010

Укладачі: Покатаєва К.П.
Корек'ян К.А.

Кафедра міжнародної економіки

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Економіко-математичні моделі в управлінні та економіці» належить до вибірових дисциплін професійно-орієнтованого циклу підготовки бакалаврів галузі знань 0305 – «Економіка та підприємництво» за напрямом 6.030503 – «Міжнародна економіка». Дисципліна «Економіко-математичні моделі в управлінні та економіці» має комплексний характер, базується на категоріях, які вивчають такі дисципліни як «Макроекономіка», «Міжнародна економіка», «Математика для економістів», «Економіко-математичне моделювання», «Статистика», «Економетрія».

Метою дисципліни є формування у майбутніх фахівців-економістів системи теоретичних знань, умінь та практичних навичок з методології, методики та інструментарію побудови економіко-математичних моделей, їх аналізу та використання для прогнозування розвитку економічних систем.

Предметом навчальної дисципліни є методологія економіко-математичного моделювання та методи й інструментарій аналізу процесів, що відбуваються в економіці.

У результаті вивчення дисципліни у студентів сформуються знання, вміння і навички щодо:

- сучасної методології моделювання економіки, методів та інструментарію аналізу і прогнозування макроекономічних процесів;
- основних типів, можливостей та областей використання моделей ринкової економіки, методик їх розробки;
- використання інструментарію економіко-математичного моделювання для побудови моделей фінансово-економічних процесів різних рівнів господарської ієрархії та застосування цих моделей для вивчення реальних процесів і явищ економіки;
- моделювання поведінки учасників ринкових відносин і прогнозування розвитку соціально-економічних систем і процесів.

Лабораторні заняття спрямовані на те, щоб студенти детально опрацювали і засвоїли як теоретичні положення, так і практичні аспекти застосування інструментарію економіко-математичного моделювання у контексті різних господарських ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Загальні вимоги до оформлення лабораторних робіт

У цьому розділі надано порядок виконання лабораторних робіт згідно з індивідуальним варіантом студента.

Рішення завдань до лабораторних робіт передбачає використання відповідного програмного забезпечення на ЕОМ. Усі отримані результати повинні мати такі роз'яснення:

- роздруковані таблиці та графіки із нумерацією та заголовками;
- розрахункові формули із поясненням до них;
- оцінку отриманих результатів;
- загальний висновок до роботи.

Лабораторна робота оформлюється на окремих аркушах паперу формату А4. Припускається написання тексту як від руки, так і за допомогою машинних засобів.

Рішення кожного завдання має містити: вихідні умови; відповіді на поставлені питання; опис порядку рішення завдання з поясненнями розрахункових формул та отриманих результатів.

1.2 Порядок вибору індивідуального варіанта завдання до лабораторної роботи

У цих методичних вказівках на прикладі типових господарських ситуацій показано, як за допомогою засобів ППП Excel проводиться економетричний аналіз, експертне оцінювання, вирішуються лінійні оптимізаційні задачі.

Завдання до лабораторної роботи складається з задач, які відносяться до окремих тем навчальної дисципліни «Економіко-математичні моделі в управлінні та економіці».

Вибір варіанту індивідуального завдання на виконання роботи здійснюється за номером залікової книжки студента: i – остання цифра залікової книжки; j – передостання цифра залікової книжки.

ПЛАНИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота №1. Тема роботи «БАГАТОФАКТОРНИЙ КОРЕЛЯЦІЙНО- РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ»

1.1 Мета роботи: ознайомитися з сутністю багатofакторного кореляційно-регресійного аналізу, засвоїти методику і техніку побудови багатofакторних економетричних моделей.

1.2 Завдання до лабораторної роботи

На підставі результатів попередніх теоретичних досліджень передбачається, що на річний обсяг промислового виробництва країни (Y) можуть чинити значний вплив такі техніко-економічні показники (фактори): середньорічна вартість виробничих фондів (x_1), середньорічна чисельність працюючих (x_2); фондоддача (x_3); фондоозброєність праці (x_4); продуктивність праці (x_5). Значення цих показників за роками наведені у табл. А.1 (див. додаток А). Необхідно провести статистичне дослідження і розробити економетричну модель залежності річного обсягу продукції промисловості країни від названих факторів, яка дозволить отримувати якісні прогнози, за такою схемою:

1. Провести парний кореляційно-регресійний аналіз залежностей $Y = f(x_i)$, перевірити фактори x_1, x_2, \dots, x_p на мультиколінеарність і на підставі отриманих результатів відібрати фактори для моделі множинної регресії.

2. Провести багатofакторний кореляційно-регресійний аналіз:
- побудувати багатofакторну економетричну модель залежності $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_p)$;
- визначити загальну якість (адекватність) моделі;
- перевірити статистичну надійність (значущість) результатів регресійного моделювання та статистичну значущість оцінок параметрів моделі.

3. Визначити прогнозне значення результуючої змінної за умови, що всі факторні змінні моделі регресії дорівнюватимуть величинам, які на 40 % перевищують їх середні значення.

4. Зробити висновок.

1.3 Методичні вказівки до виконання завдання

Парний кореляційно-регресійний аналіз залежностей $Y = f(x_i)$ проводять шляхом розрахунку коефіцієнтів кореляції для кожної пари зв'язків. Модель множинної регресії повинна включати фактори, які мають сильний зв'язок із результативною змінною і не мають сильного зв'язку між собою ($r_{x_k x_l} < 0,8$).

Оцінку параметрів рівняння багатофакторної лінійної регресії $\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_p x_p$ проводять за методом найменших квадратів (МНК). Для цього доцільно скористатись інструментом аналізу «Регресія» надбудови «Аналіз даних» меню «Сервіс» ППП MsExcel. При цьому особливістю застосування цього інструменту є вимога до розміщення вихідних даних на робочому листі так, щоб усі масиви факторних змінних, які залишаються для побудови багатофакторної моделі після перевірки на мультиколінеарність, були суміжними діапазонами.

Результати використання інструменту аналізу «Регресія» виводяться на робочому листі ППП MsExcel у полі «Виведення підсумків».

Загальну якість (адекватність) багатофакторної моделі визначають за допомогою оціненого коефіцієнту детермінації. Статистичну надійність (значущість) результатів регресійного моделювання оцінюють за допомогою F -критерію Фішера, а статистичну значущість оцінок параметрів моделі множинної регресії – за допомогою t -критерію Стьюдента. Значення названих критеріїв автоматично обчислюються як результат використання інструменту аналізу «Регресія» і виводяться на робочому листі ППП MsExcel у полі «Виведення підсумків».

1.4 Контрольні запитання

1. Розкрийте методику проведення багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу економічних явищ.

2. За якими критеріями перевіряється адекватність і статистична надійність (значущість) результатів регресійного моделювання?

3. Які інструменти надає ППП MsExcel для багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу і моделювання?

Література: [2, 7-10, 13-14].

Лабораторна робота №2. Тема роботи «МЕТОД ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК»

2.1 Мета роботи: ознайомитися з сутністю експертного методу й областю його застосування, засвоїти методику і техніку отримання зведених таблиць результатів опитування експертів, а також методику і техніку перевірки статистичної гіпотези про узгодженість думок експертів.

2.2 Завдання до лабораторної роботи

Припустимо, що розглядається проблема оцінки педагогічної діяльності професорсько-викладацького складу (ПВС) кафедри міжнародної економіки ХНАДУ студентами 4 курсу спеціальності. Педагогічна діяльність – це об'єкт, який характеризується багатьма ознаками. Для її оцінки необхідно:

1. Сформулювати вимоги до якості читання лекцій і лекторів (розробити анкету експертного опитування).
2. Отримати думки студентів-експертів у зв'язку з поставленою проблемою.
3. Розробити структуру таблиць для узагальнення результатів експертного опитування, розробити методику заповнення і попередньої обробки зведених таблиць.
4. Згрупувати таблиці в середовищі ППП MsExcel, увести дані відповідей експертів та обчислити контрольні суми місьць.
5. Оцінити ступінь узгодженості думок експертів за коефіцієнтом конкордації і перевірити гіпотезу про його статистичну значущість за критерієм Пірсона для узагальненої матриці ранжирування критеріїв (вимог до лекторів) за важливістю та для матриць ранжирування викладачів за кожним із критеріїв.
6. Побудувати зведену таблицю ранжирування лекторів за критеріями якості викладання дисциплін (визначити кращого лектора).
7. Зробити висновок.

2.3 Методичні вказівки до виконання завдання

Для отримання якнайповнішого уявлення про маловивчені явища і об'єкти, дослідники застосовують метод експертних оцінок. Він припускає використання думок і суджень фахівців-експертів.

Як вимоги до якості читання лекцій і лекторів можуть бути використані такі критерії (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Пропонована система вимог до якості читання лекцій і лекторів

№ з/п	Найменування критеріїв (вимог)	Ранг
1	Зовнішній вигляд	
2	Культура мови	
3	Темп мови й інтонації, що дозволяють конспектувати	
4	Уміння зацікавити, захопити лекцією	
5	Уміння доступно, дохідливо викладати матеріал лекції	
6	Вимогливість до рівня знань студента і суворість при оцінюванні	
7	Справедливість при оцінюванні знань студентів	
8	Контактність з аудиторією	
9	Обсяг знань, що викладаються за лекцію	
10	Повага особистості студента	
11	Загальна ерудиція лектора	
12	Уміння зняти напруженість в аудиторії, використовуючи гумор	
Сума рангів:		

Примітка: найважливіший, на думку експерта, вимозі присвоюється 1-й ранг, самій незначущій – останній ранг (у даному випадку 12-й).

Анкета опитування студентів-експертів щодо оцінювання ПВС кафедри за сформованою системою критеріїв може мати такий принциповий вигляд (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Приклад анкети для експертного опитування

Експерт № __		Об'єкти експертного оцінювання (викладачі)			
Критерії		№ 1	№ 2	...	№ k
1	Зовнішній вигляд				
2	Культура мови				
...	...				
n	Уміння зняти напруженість в аудиторії, використовуючи гумор				
Сума рангів					
Місце					

Примітка: при оцінці викладачів 1-й ранг присвоюється самому кращому, на думку експерта, викладачу за тим чи іншим з критеріїв, на думку експерта, викладачеві вимозі привласнюється, k-й ранг – самому гіршому. У результаті 1-е місце отримує викладач, який набрав найменшу суму рангів, останнє – найбільшу.

Для узагальнення результатів експертного опитування може бути запропонована така структура зведених таблиць (табл. 2.3, 2.4, 2.5).

Таблиця 2.3 – Приклад зведеної таблиці ранжирування критеріїв викладання за значущістю (заповнюється 1 таблиця)

Об'єкт – критерій, i (вимога до якості читання лекцій і лекторів)	Експерт, j						Сума рангів (місць)	Підсумковий ранг, R_i
	1	2	...	j	...	m		
1	r_{11}	r_{1n}	...	r_{1j}	...	r_{1m}	$\sum_{j=1}^m r_{1j}$	R_1
2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2j}	...	r_{2m}	$\sum_{j=1}^m r_{2j}$	R_2
...
i	r_{i1}	r_{i2}	...	r_{ij}	...	r_{im}	$\sum_{j=1}^m r_{ij}$	R_i
...
n	r_{n1}	r_{n2}	...	r_{nj}	...	r_{nm}	$\sum_{j=1}^m r_{nj}$	R_n
Контрольна сума	$\sum_{i=1}^n r_{i1}$	$\sum_{i=1}^n r_{i2}$	...	$\sum_{i=1}^n r_{ij}$	...	$\sum_{i=1}^n r_{im}$	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}$	-

Таблиця 2.4 – Приклад зведеної таблиці ранжирування викладачів за кожним з критеріїв (заповнюється n таблиць, де n – кількість критеріїв)

Критерій, i Об'єкт – викладач, l	Експерт, j						Сума рангів (місць)	Підсумковий ранг, R_{il}
	1	2	...	j	...	m		
1	r_{11}	r_{1n}	...	r_{1j}	...	r_{1m}	$\sum_{j=1}^m r_{1j}$	R_{i1}
2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2j}	...	r_{2m}	$\sum_{j=1}^m r_{2j}$	R_{i2}
...
l	r_{l1}	r_{l2}	...	r_{lj}	...	r_{lm}	$\sum_{j=1}^m r_{lj}$	R_{il}
...
k	r_{k1}	r_{k2}	...	r_{kj}	...	r_{km}	$\sum_{j=1}^m r_{kj}$	R_{ik}
Контрольна сума	$\sum_{l=1}^k r_{l1}$	$\sum_{l=1}^k r_{l2}$	...	$\sum_{l=1}^k r_{lj}$	...	$\sum_{l=1}^k r_{lm}$	$\sum_{l=1}^k \sum_{j=1}^m r_{lj}$	-

Таблиця 2.5 – Приклад зведеної таблиці ранжирування усіма експертами усіх викладачів за усіма критеріями якості викладання дисциплін (заповнюється 1 таблиця)

Критерій, i	Викладач, l					
	1	2	...	l	...	k
1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1l}	...	R_{1k}
2	R_{21}	R_{22}	...	R_{2l}	...	R_{2k}
...
i	R_{i1}	R_{i2}	...	R_{il}	...	R_{ik}
...
n	R_{n1}	R_{n2}	...	R_{nl}	...	R_{nk}
Сума підсумкових рангів	$\sum_{i=1}^n R_{i1}$	$\sum_{i=1}^n R_{i2}$	...	$\sum_{i=1}^n R_{il}$	...	$\sum_{i=1}^n R_{ik}$
Підсумкове місце викладача	P_1	P_2	...	P_l	...	P_k

Примітка: 1-е місце отримує викладач, який набрав найменшу суму рангів, останнє – найбільшу.

Для ранжирування масиву чисел у ППП MsExcel існує функція:

$$\text{РАНГ}(\text{Число};\text{Ссылка};\text{Порядок}), \quad (2.1)$$

де «Число» – посилання на число, для якого визначається ранг у певному масиві;

«Ссылка» – посилання на масив – перелік усіх чисел, які підлягають ранжируванню;

«Порядок» – число, що визначає логіку ранжирування: «0» або не заповнене поле – 1-ий ранг присвоюється найбільшому числу з масиву; «1» або інше число – 1-ий ранг присвоюється найменшому числу з масиву.

При цьому у разі зміни абсолютних значень чисел у масиві, що підлягає ранжируванню, їх ранги автоматично перераховуються. Логіку використання цієї функції показано на рис. 2.1.

Після закінчення експертного опитування оцінюють ступінь узгодженості думок експертів за коефіцієнтом конкордації:

1) коефіцієнт конкордації за відсутності зв'язаних рангів:

А		В		А		В		С	Д
1	Вихідний масив чисел, які підлягають ранжируванню			1	Вихідний масив чисел, які підлягають ранжируванню				
2	9	=РАНГ(A2;\$A\$2:\$A\$6;0)		2	9	3			
3	18	=РАНГ(A3;\$A\$2:\$A\$6;0)		3	18	1			
4	3	=РАНГ(A4;\$A\$2:\$A\$6;0)		4	3	5			
5	11	=РАНГ(A5;\$A\$2:\$A\$6;0)		5	11	2			
6	6	=РАНГ(A6;\$A\$2:\$A\$6;0)		6	6	4			
7				7					
8	Вихідний масив чисел, які підлягають ранжируванню			8	Вихідний масив чисел, які підлягають ранжируванню				
9	9	=РАНГ(A9;\$A\$2:\$A\$6;1)		9	9	3			
10	18	=РАНГ(A10;\$A\$2:\$A\$6;1)		10	18	5			
11	3	=РАНГ(A11;\$A\$2:\$A\$6;1)		11	3	1			
12	11	=РАНГ(A12;\$A\$2:\$A\$6;1)		12	11	4			
13	6	=РАНГ(A13;\$A\$2:\$A\$6;1)		13	6	2			

а) вид функції

б) результати обчислення функції

Рисунок 2.1 – Логіка використання функції «РАНГ» ППП MsExcel

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2.2)$$

де m – кількість експертів;
 n – кількість об'єктів оцінювання;

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \bar{r} \right)^2 = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{r})^2, \quad (2.3)$$

де r_{ij} – індивідуальний ранг (або порядкове місце, або оцінка в балах), присвоєний i -му об'єкту j -м експертом;
 R_i – сума рангів, присвоєних i -му об'єкту всіма експертами;
 \bar{r} – середній ранг:

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}. \quad (2.4)$$

2) коефіцієнт конкордації за наявності зв'язаних рангів:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (2.5)$$

де T_j – показник урахування збігів рангів у j -му ранжируванні:

$$T_j = \sum_{s=1}^{H_j} (h_s^3 - h_s), \quad (2.6)$$

H_j – число груп зв'язаних рангів у j -му ранжируванні;

h_s – число рівних рангів у s -й групі зв'язаних рангів при ранжируванні j -м експертом.

Коефіцієнт конкордації має межі: $0 \leq W \leq 1$.

Виходячи з цього, спостерігають такі ступені узгодженості: $W \geq 0,5$ – задовільна узгодженість, $W \geq 0,7$ – добра узгодженість; $W = 1$ – повна узгодженість.

Для перевірки статистичної значущості коефіцієнта конкордації розраховується значення критерію Пірсона (χ^2) за формулою:

$$\chi_{\text{факт}}^2 = \frac{12 \cdot S}{m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{j=1}^m T_j}. \quad (2.7)$$

Кількість ступенів свободи у разі оцінки значущості коефіцієнта конкордації (W) визначається у такий спосіб:

$$df = n - 1. \quad (2.8)$$

Гіпотеза про узгодженість експертів щодо ранжирування приймається, якщо виконується умова:

$$\chi_{\text{факт}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2. \quad (2.9)$$

У разі $\chi_{\text{факт}}^2 < \chi_{\text{табл}}^2$ необхідно провести повторне або додаткове експертне опитування.

2.4 Контрольні запитання

1. Розкрийте сутність і процедуру реалізації методу експертного оцінювання.

2. Назвіть основні способи узагальнення результатів експертного опитування?

3. За яким критерієм перевіряється статистична гіпотеза про узгодженість думок експертів?

Література: [1-3, 5, 7-10, 12-14].

Лабораторна робота №3. Тема роботи «МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ (МАІ)»

3.1 Мета роботи: вивчити загальну процедуру реалізації методу аналізу ієрархій.

3.2 Завдання до лабораторної роботи

Ґрунтуючись на думках студентів 4 курсу спеціальності, дати оцінку педагогічної діяльності професорсько-викладацького складу (ПВС) кафедри міжнародної економіки ХНАДУ за методом аналізу ієрархій. Для цього необхідно:

1. Розробити структуру таблиць для проведення попарного порівняння критеріїв (вимог до якості читання лекцій і лекторів, далі – вимог) і попарних порівнянь викладачів за кожним із критеріїв, розробити методику заповнення і попередньої обробки матриць попарного порівняння.

2. Отримати думки студентів-експертів у зв'язку з поставленою проблемою.

3. Згрупувати таблиці в середовищі ППП MsExcel, увести дані відповідей експертів та обчислити локальні пріоритети критеріїв (вимог) і альтернатив (викладачів).

4. Оцінити ступінь узгодженості думок експертів за індексом узгодженості для матриці визначення взаємної значущості критеріїв (вимог) за важливістю, а також для матриць визначення взаємної значущості альтернатив (викладачів) за кожним із критеріїв.

5. Побудувати зведену таблицю й обчислити глобальні пріоритети альтернатив (викладачів) для їх ранжирування.

6. Зробити висновок.

3.3 Методичні вказівки до виконання завдання

Метод аналізу ієрархій передбачає таку процедуру реалізації:

Етап 1: вибір мети (якість педагогічної діяльності), критеріїв (вимоги до якості читання лекцій і лекторів) і альтернатив (викладачі).

Етап 2: аналіз ієрархії:

Етап 2.1: визначення взаємної значущості критеріїв по відношенню до мети та обчислення локальних пріоритетів критеріїв (вагових коефіцієнтів критеріїв).

Етап 2.2: визначення взаємної значущості альтернатив за кожним із критеріїв та обчислення локальних пріоритетів альтернатив (часткових вагових коефіцієнтів альтернатив за частковими критеріями).

Етап 3: синтез ієрархії (синтез пріоритетів) – обчислення глобальних пріоритетів альтернатив по відношенню до мети.

Визначення взаємної значущості критеріїв по відношенню до мети (альтернатив за кожним із критеріїв) проводиться шляхом попарного їх порівняння в термінах домінування одного об'єкта над іншим. При цьому експерти віддають перевагу одному з порівнюваних об'єктів шляхом присвоєння йому певної кількості балів (від 1 до 9), використовуючи т. з. шкалу відносної важливості (див. табл. 3.1). Остання переводить лінгвістичні оцінки в діапазон чисел від 1 до 9.

Таблиця 3.1 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості (бали)	Зміст	Пояснення
1	Рівна важливість	Рівний внесок двох порівнюваних критеріїв або об'єктів у мету
3	Помірна перевага	Досвід і судження дають легку перевагу одному критерію (об'єкту) над іншим
5	Істотна перевага	Досвід і судження дають істотну перевагу одному критерію (об'єкту) над іншим
7	Сильна перевага	Одному критерію (об'єкту) дається настільки сильна перевага, що вона стає практично значущою
9	Дуже сильна (безумовна) перевага	Очевидність переваги одного критерію (об'єкту) над іншим підтверджується найсильніше
2, 4, 6, 8	Проміжне значення між двома сусідніми судженнями	Застосовується в компромісному випадку

Результат попарного порівняння подається у вигляді матриць, складених за певними правилами:

- у верхньому лівому кутку матриці записується мета (критерій), відносно якої порівнюються попарно елементи;
- якщо i -й елемент перевершує j -й (i – номер рядка матриці, j – номер стовпця), то ij -му компоненту (w_{ij}) присвоюється один

з показників важливості зі шкали; у протилежному випадку ij -му компоненту присвоюється зворотне до показника важливості зі шкали значення.

У результаті заповнюється одна матриця II рівня та N матриць (N – кількість критеріїв) III рівня. Принцип їх заповнення наведено у табл. 3.2, 3.3.

Таблиця 3.2 – Приклад матриці II рівня (1 матриця)

Головна мета	Критерій 1	Критерій 2	Критерій N
Критерій 1	1	3	9
Критерій 2	1/3	1	5
Критерій N	1/9	1/5	1

Таблиця 3.3 – Приклад матриць III рівня (заповнюється N матриць)

Критерій N	Альтернатива 1	Альтернатива 2	Альтернатива L
Альтернатива 1	1	3	7
Альтернатива 2	1/3	1	5
Альтернатива L	1/7	1/5	1

Локальні пріоритети (ЛП) критеріїв і альтернатив визначаються за формулами:

$$q_i = \sqrt[k]{w_{i1} \cdot w_{i2} \cdot \dots \cdot w_{ik}}, \quad (3.1)$$

$$x_i = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^k q_i}, \quad (3.2)$$

де $w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ik}$ – рядок елементів матриці (k дорівнює числу критеріїв для матриці II рівня, тобто $k = N$, і числу альтернатив для матриць III рівня, тобто $k = L$);

q_i – компонент власного вектора матриці;

x_i – компонент нормованого власного вектора матриці.

Як загальний вид матриці попарного порівняння може бути запропонована така структура зведених таблиць (див. табл. 3.4).

Для синтезу пріоритетів складається зведена таблиця (див. табл. 3.5). Кожен стовпчик таблиці – це елемент вектора ЛП критеріїв і вектор ЛП альтернатив.

Таблиця 3.4 – Загальний вид матриці попарного порівняння

Головна мета (Критерій)	Критерій 1 (Альтернатива 1)	Критерій 2 (Альтернатива 2)	...	Критерій N (Альтернатива L)	Власний вектор $\{q_i\}$	Вектор пріоритетів $\{x_i\}$
Критерій 1 (Альтернатива 1)	$w_{11} = 1$	w_{12}	w_{1j}	w_{1k}	q_1	x_1
Критерій 2 (Альтернатива 2)	w_{21}	$w_{22} = 1$	w_{2j}	w_{2k}	q_2	x_2
...	w_{i1}	w_{i2}	w_{ij}	w_{ik}	q_i	x_i
Критерій N (Альтернатива L)	w_{k1}	w_{k2}	w_{kj}	w_{kk}	q_k	x_k
Сума	$W_1 = \sum_{i=1}^k w_{i1}$	$W_2 = \sum_{i=1}^k w_{i2}$	$W_j = \sum_{i=1}^k w_{ij}$	$W_k = \sum_{i=1}^k w_{ik}$	$S = \sum_{i=j=1}^k (x_i \cdot W_j)$	

Таблиця 3.5 – Зведена таблиця для синтезу пріоритетів

Альтернативи	ЛП альтернатив за критеріями				Глобальні пріоритети
	Критерій 1	Критерій 2	...	Критерій N	
Альтернатива 1	X_{11}	X_{21}	X_{n1}	X_{N1}	G_1
Альтернатива 2	X_{12}	X_{22}	X_{n2}	X_{N2}	G_2
...	X_{1l}	X_{2l}	X_{nl}	X_{Nl}	G_l
Альтернатива L	X_{1L}	X_{2L}	X_{nL}	X_{NL}	G_L
ЛП критеріїв	Y_1	Y_2	Y_n	Y_N	-

Примітка: X_{12} – це другий елемент вектора локальних пріоритетів альтернатив за першим критерієм тощо.

Глобальні пріоритети альтернатив визначаються за формулою:

$$G_l = \sum_{n=1}^N (X_{nl} \cdot Y_n), \quad (3.3)$$

де $\{Y_n\}$ – вектор ЛП критеріїв ($n = 1, 2, \dots, N$);

$\{X_{nl}\}$ – вектор ЛП альтернатив за n -м критерієм ($l = 1, 2, \dots, L$).

Кращою вважається та альтернатива, якій відповідає більше значення глобального пріоритету.

Індекс узгодженості розраховується за формулою:

$$IY = \frac{S - N}{N - 1} \text{ або } IY = \frac{S - L}{L - 1}, \quad (3.4)$$

де S – добуток нормалізованого вектору (вектору пріоритетів) матриці попарного порівняння та вектору, елементами якого є суми стовпців цієї матриці;

N, L – відповідно кількість критеріїв або альтернатив.

Ступінь узгодженості думок експертів визначається як добрий, якщо значення індексу узгодженості коливається у діапазоні 0,1-0,2.

3.4 Контрольні запитання

1. Розкрийте сутність і процедуру реалізації МАІ.
2. За яким критерієм визначається ступінь узгодженості думок експертів при застосування МАІ?

Література: [1-3, 5, 7-10, 12-14].

Лабораторна робота №4. Тема роботи «ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА»

4.1 Мета роботи: ознайомитися з засадами лінійного програмування у середовищі ППП MsExcel та засвоїти засоби пошуку рішень, за допомогою яких вирішуються лінійні оптимізаційні задачі, і техніку їх застосування на прикладі типової господарської ситуації – планування виробництва.

4.2 Завдання до лабораторної роботи

Підприємство випускає два товари A і B , для виробництва яких використовуються два продукти C і D (див. табл. 4.1). Максимально можливі добові запаси продуктів A і B для підприємства складають $10 \cdot (i + 7)$ та $(6 \cdot (i + 2) + 8 \cdot (j + 2))$ т відповідно.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані до завдання про планування виробництва

Продукт	Норма витрат продуктів на одиницю товару, т	
	товар A	товар B
C	$i + 7$	$i + 14$
D	$j + 2$	$j + 4$

Вивчення ринку збуту показало, що добовий попит на товар B ніколи не перевищує попиту на товар A більш ніж на 1 од. Крім того, встановлено, що попит на товар B ніколи не буває менше 2 од. на добу. Оптова ціна одиниці товару A дорівнює $(2000 + i \cdot 50)$ грн., товару B – $(3000 + j \cdot 50)$ грн.

Необхідно спланувати обсяги виробництва товарів A і B так, щоб добовий дохід підприємства від реалізації продукції був максимальним. Чому буде дорівнювати очікуваний дохід?

4.3 Методичні вказівки до виконання завдання

Задача планування виробництва належить до класу моделей лінійного програмування, для оптимізації яких широко використовується надбудова «Пошук рішення» меню «Сервіс» ППП MsExcel.

Побудова математичної моделі цієї задачі передбачає визначення змінних рішення, цільової функції та обмежень.

Змінними рішення моделі оптимізації є обсяги виробництва товарів. Позначимо:

x_A – добовий обсяг виробництва товару A ;

x_B – добовий обсяг виробництва товару B .

Цільовою функцією моделі оптимізації (Z) є максимізація добового сумарного доходу від реалізації продукції підприємства (для варіанту: $i = 0, j = 0$):

$$Z = 2000 \cdot x_A + 3000 \cdot x_B \rightarrow \max. \quad (4.1)$$

Обмеження цієї моделі є такими:

1) Обсяг виробництва товарів не може бути від'ємним:

$$x_A, x_B > 0. \quad (4.2)$$

2) Витрати продукту для виробництва обох видів товарів, не можуть перевершувати максимально можливий добовий запас цих продуктів:

$$7 \cdot x_A + 14 \cdot x_B \leq 70, \quad (4.3)$$

$$2 \cdot x_A + 4 \cdot x_B \leq 28. \quad (4.4)$$

3) обмеження на величину попиту на товари:

$$x_B - x_A \leq 1, \quad (4.5)$$

$$x_B \geq 2. \quad (4.6)$$

Для рішення задачі за допомогою надбудови «Пошук рішення» заповнюється робочий лист ППП MsExcel (див. рис. 4.1, 4.2).

	А	В	С	Д	Е
1	Исходный продукт, т	Расход исходных продуктов на тонну краски, т		Максимально возможный запас продукта, т	Ограничение по спросу
2		краска Е	краска І		
3	А	7	14	70	1
4	В	2	4	28	2
5					
6	Неизвестные			Система ограничений	
7	Хе	Хі		=В3*А8+С3*В8	=D3
8				=В4*А8+С4*В8	=D4
9				=В8-А8	=E3
10	Цена 1т краски			=E4	=В8
11	3000	2000			
12					
13	Целевая функция	=А11*А8+В11*В8	→ max		

Рисунок 4.1 – Приклад робочого листа ППП MsExcel

	А	В	С	Д	Е
1	Исходный продукт, т	Расход исходных продуктов на тонну краски, т		Максимально возможный запас продукта, т	Ограничение по спросу
2		краска Е	краска І		
3	А	7	14	70	1
4	В	2	4	28	2
5					
6	Неизвестные			Система ограничений	
7	Хе	Хі		70	70
8	6	2		20	28
9				-4	1
10	Цена 1т краски			2	2
11	3000	2000			
12					
13	Целевая функция	22000	→ max		

Рисунок 4.2 – Приклад робочого листа ППП MsExcel

1. Осередки B3:E4, A11:B11 заповнюються вихідними даними до задачі.

2. Осередки A8 і B8 відводяться під значення змінних рішення x_A і x_B .

3. До осередку B13 вводиться цільова функція:
 $B13=A11 \cdot A8+B11 \cdot B8$.

4. До діапазону осередків A7:A10 вводяться ліві частини обмежень:

$$A7=B3 \cdot A8+C3 \cdot B8,$$

$$A8=B4 \cdot A8+C4 \cdot B8,$$

$$A9=B8-A8,$$

$$A10=E4,$$

а до діапазону осередків B7:B10 – праві частини обмежень:

$$B7=D3,$$

$$B8=D4,$$

$$B9=E3,$$

$$B10=B8.$$

Після цього вибирається команда «Пошук рішення» меню «Сервіс» та заповнюється діалогове вікно, що відкрилося (рис. 4.3).

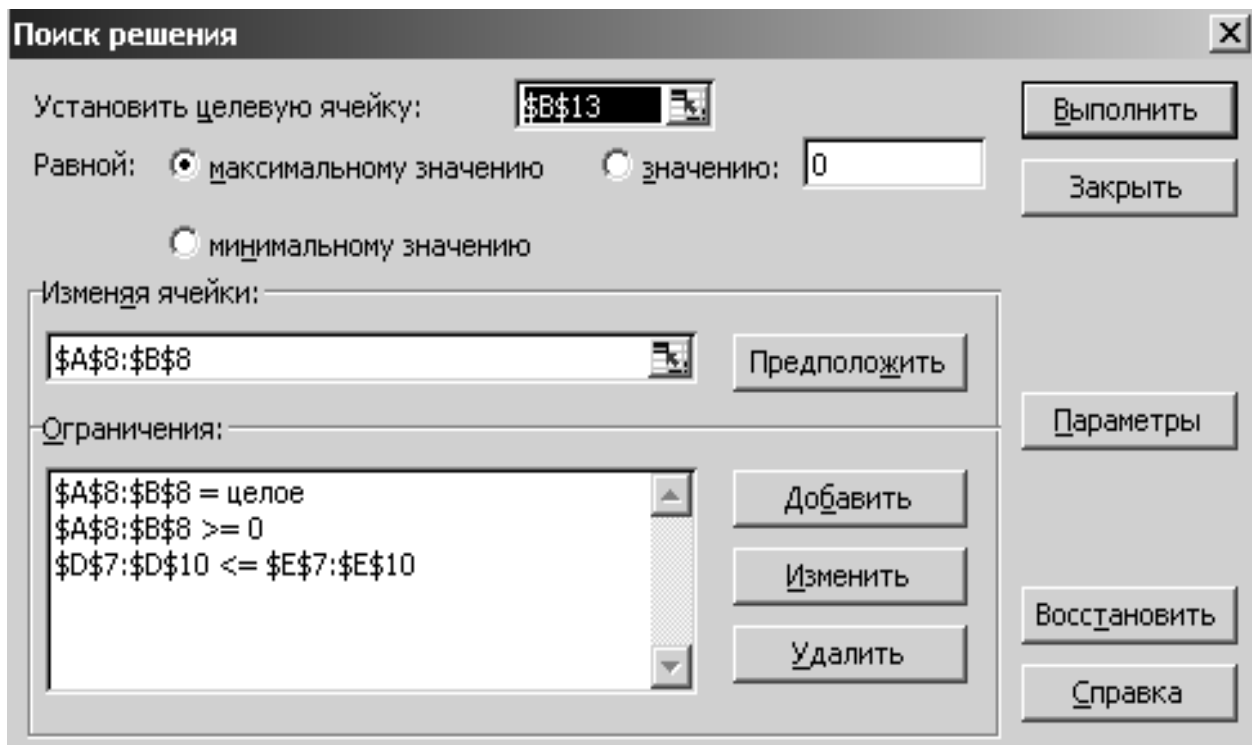


Рисунок 4.3 – Діалогове вікно ППП MsExcel «Пошук рішення»

4.4 Контрольні запитання

1. Для визначення яких величин будується модель?
2. У чому полягає мета, для досягнення якої з безлічі всіх припустимих значень змінних обираються оптимальні?
3. Яким обмеженням мають відповідати невідомі (змінні моделі)?

Література: [1-4, 6-15].

Лабораторна робота №5. Тема роботи «ПЛАНУВАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

5.1 Мета роботи: засвоїти техніку застосування засобів пошуку рішень ППП MsExcel до вирішення лінійної оптимізаційної задачі на прикладі типової господарської ситуації – планування перевезень.

5.2 Завдання до лабораторної роботи

Фірма має 4 фабрики і 5 центрів розподілу її товарів. Щоденні виробничі можливості фабрик, які розташовані в пунктах А, Б, В, Г, становлять відповідно $(200 + i \cdot 10)$, $(150 + j \cdot 10)$, 225 і 175 одиниць продукції. Щоденні потреби центрів розподілу, які розташовані в пунктах 1, 2, 3, 4, 5, становлять відповідно 100, $(200 + i \cdot 10)$, 50, 250 і $(150 + j \cdot 10)$ одиниць продукції. Зберігання на фабриці одиниці продукції, не поставленої до центру розподілу, обходиться у 0,75 грн./день, а штраф за прострочене постачання одиниці продукції, яка замовлена споживачем, але не знаходиться в центрі розподілу, становить 2,5 грн./день. Вартості перевезення одиниці продукції з фабрик до пунктів розподілу представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Транспортні витрати, грн.

Фабрики (центри виробництва)	Центри розподілу (центри споживання)				
	№1	№2	№3	№4	№5
<i>A</i>	$7 + i$	$14 + j$	$19 + i$	$12 + j$	$7 + i$
<i>B</i>	$2 + i$	$7 + j$	$9 + i$	$24 + j$	$2 + i$
<i>B</i>	$9 + i$	$4 + j$	$18 + i$	$16 + j$	$9 + i$
<i>Г</i>	$7 + i$	$9 + j$	$17 + i$	$9 + j$	$5 + i$

Необхідно спланувати перевезення так, щоб мінімізувати сумарні транспортні витрати.

5.3 Методичні вказівки до виконання завдання

Задача планування перевезень (транспортна задача) належить до класу моделей лінійного програмування.

Оскільки задача збалансована (сумарний обсяг виготовленої фабриками продукції дорівнює сумарному обсягу потреб у ній центрів розподілу), то в цій моделі не треба враховувати витрати, пов'язані як із складуванням, так і штрафи за постачання продукції в обсязі, меншому за потрібний.

Побудова математичної моделі цієї задачі передбачає визначення змінних рішення, цільової функції та обмежень.

Змінними рішення моделі оптимізації є обсяги перевезення товарів фірми до кожного центру розподілу. Позначимо:

x_{ij} – обсяг перевезень з i -ї фабрики до j -го центру розподілу;

c_{ij} – вартість перевезення одиниці продукції з i -ї фабрики до j -го центру розподілу.

Цільовою функцією моделі оптимізації (Z) є мінімізація сумарних транспортних витрат (для варіанту: $i = 0, j = 0$):

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} c_{ij}) \rightarrow \min. \quad (5.1)$$

Обмеження цієї моделі є такими:

1) Обсяги перевезень не може бути від'ємними:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = [1, n] = [1, 4], \quad j = [1, m] = [1, 5]. \quad (5.2)$$

2) Оскільки модель збалансована, то вся продукція має бути вивезена з фабрик, а потреби всіх центрів розподілу мають бути повністю задоволені:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i, \quad i = [1, n] = [1, 4]; \quad (5.3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j, \quad j = [1, m] = [1, 5], \quad (5.4)$$

де a_i – обсяг виробництва на i -й фабриці;

b_j – попит у j -му центрі розподілу.

Для рішення задачі за допомогою надбудови «Пошук рішення» заповнюється робочий лист ППП MsExcel (див. рис. 5.1, 5.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		1	2	3	4	5		
2	A	7	14	19	12	7		
3	B	2	7	9	24	2		
4	B	9	4	18	16	9		
5	Г	7	9	17	9	5		
6								
7		1	2	3	4	5	Обсяги виробництва	Контрольна сума
8	A						=СУММ(В8:F8)	200
9	B						=СУММ(В9:F9)	150
10	B						=СУММ(В10:F10)	225
11	Г						=СУММ(В11:F11)	175
12	Обсяги споживання	=СУММ(В8:В11)	=СУММ(С8:С11)	=СУММ(D8:D11)	=СУММ(Е8:Е11)	=СУММ(F8:F11)	=СУММ(Г8:Г11)	=СУММ(Н8:Н11)
13	Контрольна сума	100	200	50	250	150	=СУММ(В13:F13)	=СУММПРОИЗВ(В8:F11;В2:F5)

Рисунок 5.1 – Приклад робочого листа ППП MsExcel

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		1	2	3	4	5		
2	A	7	14	19	12	7		
3	B	2	7	9	24	2		
4	B	9	4	18	16	9		
5	Г	7	9	17	9	5		
6								
7		1	2	3	4	5	Обсяги виробництва	Контрольна сума
8	A						0	200
9	B						0	150
10	B						0	225
11	Г						0	175
12	Обсяги споживання	0	0	0	0	0	0	750
13	Контрольна сума	100	200	50	250	150	750	0

Рисунок 5.2 – Приклад робочого листа ППП MsExcel

1. Діапазон осередків B2:F5, B13:F13, H8:H11 заповнюються вихідними даними до задачі – вартість перевезень, потреба у продукції та обсяги виробництва.

2. Діапазон осередків B8:F11 відводиться під значення змінних рішення x_{ij} .

3. До осередку H13 вводиться цільова функція:
 $H13 = \text{СУММПРОИЗВ}(B8:F11; B2:F5)$.

4. До діапазону осередків B12:F12 вводяться формули, що визначають обсяг продукції, яка ввозиться до кожного центру розподілу з усіх фабрик:

$$B12 = \text{СУММ}(B8:B11),$$

$$C12 = \text{СУММ}(C8:C11),$$

D12=СУММ(D8:D11),
E12=СУММ(E8:E11),
F12=СУММ(F8:A11).

5. До діапазону осередків G8:G11 вводяться формули, що визначають обсяг продукції, яка вивозиться з кожної фабрики до усіх центрів розподілу:

G8=СУММ(B8:F8),
G9=СУММ(B9:F9),
G10=СУММ(B10:F10),
G11=СУММ(B11:F11).

Після цього вибирається команда «Пошук рішення» меню «Сервіс» та заповнюється діалогове вікно, що відкрилося (рис. 5.3).

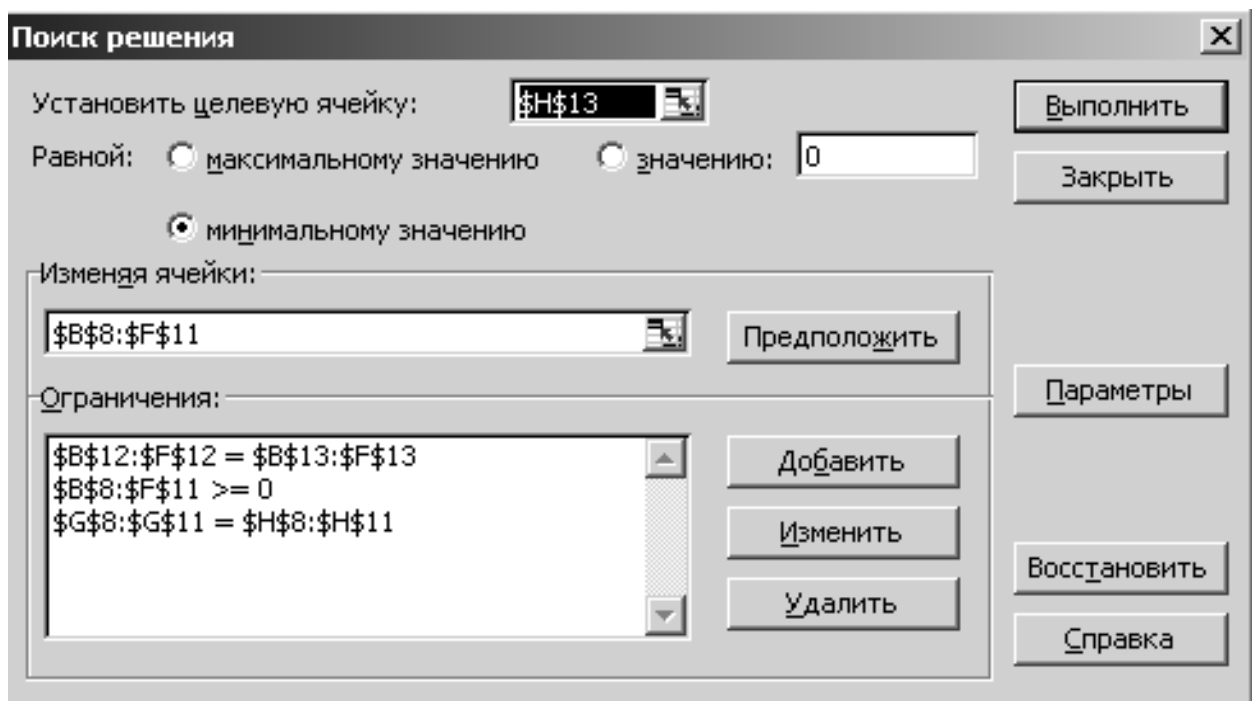


Рисунок 5.3 – Діалогове вікно ППП MsExcel «Пошук рішення»

5.4 Контрольні запитання

1. Для визначення яких величин будується модель?
2. У чому полягає мета, для досягнення якої з безлічі всіх припустимих значень змінних обираються оптимальні?
3. Яким обмеженням мають відповідати невідомі (змінні моделі)?

Література: [1-7, 9-14].

Лабораторна робота №6. Тема роботи «ПЛАНУВАННЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ»

6.1 Мета роботи: засвоїти техніку застосування засобів пошуку рішень ППП MsExcel до вирішення лінійної оптимізаційної задачі на прикладі типової господарської ситуації – планування виконання робіт.

6.2 Завдання до лабораторної роботи

Четверо робочих можуть виконувати чотири види робіт за оплату, представлену у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Вартість виконання робіт, грн.

	Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4
Робочий 1	$7 + i$	$14 + i$	$19 + i$	$12 + i$
Робочий 2	$2 + j$	$7 + j$	$9 + j$	$24 + j$
Робочий 3	$9 + i$	$4 + i$	$18 + i$	$16 + i$
Робочий 4	$7 + j$	$9 + j$	$17 + j$	$9 + j$

Необхідно скласти план виконання робіт так, щоб усі роботи були виконані, кожен робочий був завантажений лише на одній роботі, а сумарна вартість виконання всіх робіт була мінімальною.

6.3 Методичні вказівки до виконання завдання

Задача планування виконання робіт (планування штатного розпису) належить до класу моделей лінійного програмування.

Задача є збалансованою, оскільки число робіт співпадає з числом робочих.

Побудова математичної моделі цієї задачі передбачає визначення змінних рішення, цільової функції та обмежень.

Змінними рішення моделі оптимізації є логічні змінні, які відбивають факт виконання чи невиконання i -м робочим j -ї роботи.

Нехай змінна $x_{ij} = 1$, якщо i -м робочим виконується j -та робота, і $x_{ij} = 0$, якщо i -м робочим не виконується j -та робота, тобто:

$$x_{ij} = [0, 1], \quad i = [1, n] = [1, 4], \quad j = [1, m] = [1, 4]. \quad (6.1)$$

Цільовою функцією моделі оптимізації (Z) є мінімізація сумарної вартості виконання всіх робіт (для варіанту: $i = 0, j = 0$):

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} c_{ij}) \rightarrow \min, \quad (6.2)$$

де c_{ij} – вартість виконання i -м робочим j -ї роботи.

Обмеження цієї моделі є такими:

1) Оскільки кожна робота має бути виконана, а кожен робочий може бути завантажений лише на одній роботі, то:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = [1, n] = [1, 4], \quad (6.3)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad j = [1, m] = [1, 4], \quad (6.4)$$

Обмеження (6.3) означає, що кожна робота виконується лише 1 раз, а обмеження (6.4) – кожний робочий виконує лише 1 роботу.

Для рішення задачі за допомогою надбудови «Пошук рішення» заповнюється робочий лист ППП MsExcel (див. рис. 6.1, 6.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4			Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4		
2	Робочий 1	7	14	19	12		Робочий 1					=СУММ(H2:K2)	1
3	Робочий 2	2	7	9	24		Робочий 2					=СУММ(H3:K3)	1
4	Робочий 3	9	4	18	16		Робочий 3					=СУММ(H4:K4)	1
5	Робочий 4	7	9	17	9		Робочий 4					=СУММ(H5:K5)	1
6								=СУММ(H2:H5)	=СУММ(I2:I5)	=СУММ(J2:J5)	=СУММ(K2:K5)	=СУММ(Л2:Л5)	
7								1	1	1	1		

Рисунок 6.1 – Приклад робочого листа ППП MsExcel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4			Робота 1	Робота 2	Робота 3	Робота 4		
2	Робочий 1	7	14	19	12		Робочий 1					0	1
3	Робочий 2	2	7	9	24		Робочий 2					0	1
4	Робочий 3	9	4	18	16		Робочий 3					0	1
5	Робочий 4	7	9	17	9		Робочий 4					0	1
6								0	0	0	0	0	
7								1	1	1	1		

Рисунок 6.2 – Приклад робочого листа ППП MsExcel

1. Діапазон осередків B2:E5 заповнюються вихідними даними до задачі – вартість виконання робіт.

2. Діапазон осередків H2:K5 відводиться під значення змінних рішення x_{ij} .

3. До осередку L6 вводиться цільова функція:
 $L6 = \text{СУММПРОИЗВ}(B2:E5;H2:K5)$.

4. До діапазону осередків H7:K7 і M2:M5 вводяться формули, що є лівими частинами обмежень моделі:

$H7 = \text{СУММ}(H2:H5)$,

$I7 = \text{СУММ}(I2:I5)$,

$J7 = \text{СУММ}(J:J5)$,

$K7 = \text{СУММ}(K2:K5)$,

$M2 = \text{СУММ}(H2:K2)$,

$M3 = \text{СУММ}(H3:K3)$,

$M4 = \text{СУММ}(H4:K4)$,

$M5 = \text{СУММ}(H5:K5)$.

Після цього вибирається команда «Пошук рішення» меню «Сервіс» та заповнюється діалогове вікно, що відкрилося (рис. 6.3).

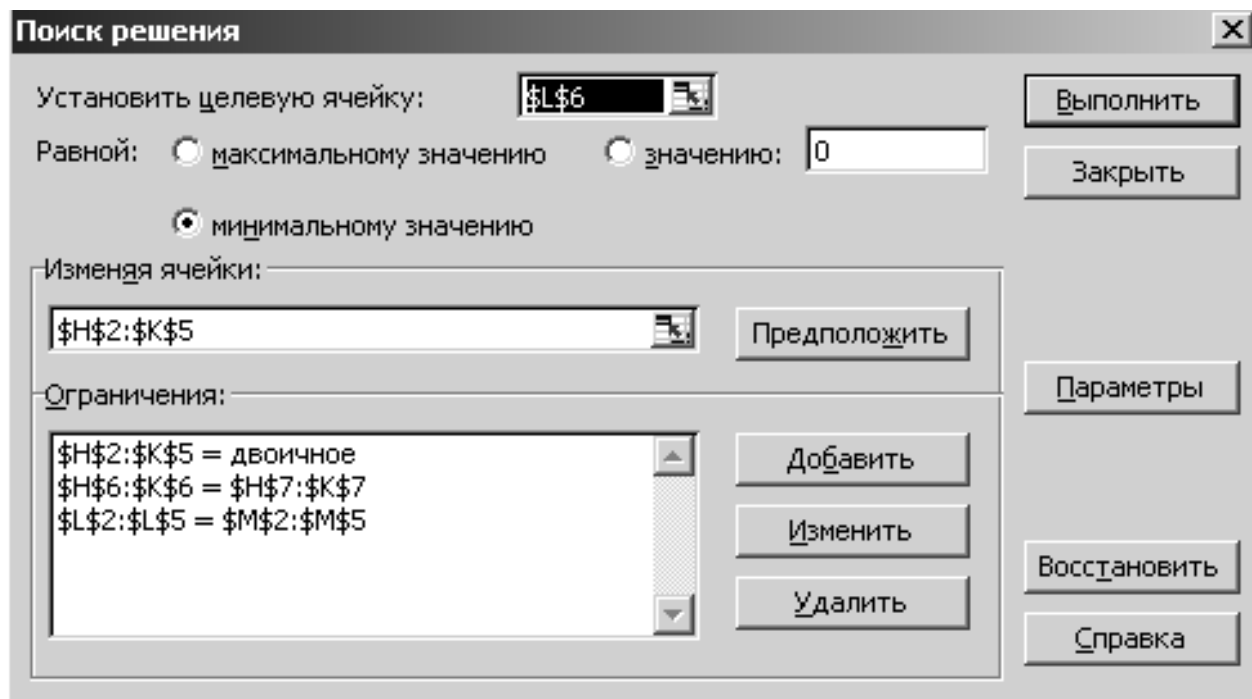


Рис. 6.3 – Діалогове вікно ППП MsExcel «Пошук рішення»

6.4 Контрольні запитання

1. Для визначення яких величин будується модель?
2. У чому полягає мета, для досягнення якої з безлічі всіх припустимих значень змінних обираються оптимальні?
3. Яким обмеженням мають відповідати невідомі (змінні моделі)?

Література: [1-7, 9-12, 14-15].

Таблиця А.1 – Вихідні дані до лабораторної роботи №1 (цифри умовні)

Рік	Річний обсяг промислового виробництва країни, млн. грн. (Y)	Середньорічна вартість виробничих фондів, млн. грн., (x_1)	Середньорічна чисельність працюючих, чол., (x_2)
1	856	636	229
2	964	701	236
3	1252	1019	240
4	1588	1252	235
5	1674	1317	233
6	1736	1473	250
7	1960	1619	248
8	2141	1835	250
9	2150	1803	255
10	2325	1867	252
11	2326	1884	254
12	2440	1997	258
13	2623	1965	255
14	2623	1965	247
15	2965	2130	258
16	3248	2306	253
17	3494	2305	266
18	3746	2606	264
19	3754	2418	259
20	3760	2489	261
21	3900	2580	265
22	4021	2668	268
23	4200	2591	266
24	4340	2742	274
25	4465	2847	272
26	4815	3121	271
27	4631	3132	275
28	4761	3099	266
29	4887	3220	275
30	4984	3418	273

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Вітлінський В. В. Моделювання економіки : навч. посіб. / В. В. Вітлінський, Г. І. Великованенко. – К. : КНЕУ, 2005. – 306 с.
2. Додж М. Эффективная работа с Microsoft Excel : / М. Додж, Г. Смит, К. Стинсон ; [пер. с англ.]. – СПб. : Питер, 1998. – 1072 с.
3. Жданов С. А. Экономические модели и методы в управлении : [учеб. пособие] / С. А. Жданов. – М. : Дело и сервис, 1998. – 176 с.
4. Жлуктенко В. І. Стохастичні моделі в економіці : [монографія] / В. І. Жлуктенко, А. В. Бегун. – К. : КНЕУ, 2005. – 352 с.
5. Замков О. О. Математические методы в экономике : [учебник] / О. О. Замков, А. В. Толстопятенко, Ю. Н. Черемных. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова; ДИС, 1997.
6. Кігель В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці / В. Р. Кігель. – К. : ЦУЛ, 2003. – 202 с.
7. Малыхин В. И. Математическое моделирование экономики : [учеб.-практ. пособие] / В. И. Малыхин. – М. : УРАО, 1998. – 160 с.
8. Моделирование экономики : [учеб. пособие] / Т. С. Клебанова, В. А. Забродский, О. Ю. Полякова, В. Л. Петренко. – Х. : Изд-во ХГЭУ, 2001. – 140 с.
9. Мур Дж. Экономическое моделирование в Microsoft Excel / Дж. Мур, Л. Уэдерфорд ; [пер. с англ.]. – М. : Вильямс, 2004. – 1024 с.
10. Самарский А. А. Математическое моделирование : [учеб. пособие] / А. А. Самарский, А. П. Михайлова. – М. : Физматлит, 2001.
11. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе : [учеб. пособие для вузов] / С. И. Шелобаев. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 367 с.
12. Шикин Е. В. Математические методы и модели в управлении : учеб. пособие / Е. В. Шикин. – М. : Дело, 2000. – 440 с.
13. Экономико-математические методы и модели : [учеб. пособие] / Н. И. Холод и др. – МИНСК : БГЭУ, 1999. – 413 с.
14. Экономико-математические методы и прикладные модели : [учеб. пособие для вузов] / [под ред. В. В. Федосеева]. – М. : ЮНИТИ, 1999. – 391 с.
15. Экономическая кибернетика : [учеб. пособие] / Ю. Г. Лысенко, П. В. Егоров, Г. С. Овечко, В. Н. Тимохин. – Донецк : ООО «Юго-Восток Лтд», 2003. – 516 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
«Економіко-математичні моделі в управлінні та економіці»
для студентів напрямку підготовки
6.030503 – «Міжнародна економіка»

Укладачі ПОКАТАЄВА Катерина Петрівна
КОРЕК'ЯН Карина Артурівна

Відповідальний за випуск *К.П. Покатаєва*

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка