

Ця система завжди має єдине рішення.

Точність прогнозу далі можна оцінити за допомогою кореляційного аналізу. Вищенаведені методи не вичерпують різноманіття методів аналізу часових рядів, із яких багато таких, що не тільки основані на простих розрахунках, але й потребують значної аналітичної і комп'ютерної бази.

Для складання середньострокових і довгострокових прогнозів застосовуються казуальні та якісні методи, які значно складніші вищенаведених методів аналізу часових рядів.

Питання для самоперевірки

1. Поняття математичної моделі, залежні та незалежні змінні моделі.
2. Охарактеризуйте основні групи статистичних методів аналізу маркетингової інформації.
3. Призначення вибіркового аналізу.
4. Основні критерії перевірки гіпотези про закон розподілу вибіркової сукупності.
5. Визначення необхідного об'єму вибірки.
6. Призначення дисперсійного аналізу.
7. Методика проведення однофакторного дисперсійного аналізу.
8. Однофакторний регресійний аналіз.
9. Дискримінантний аналіз.
10. Призначення кластерного аналізу.
11. Часові ряди та їх моделювання.
12. Методи аналізу часових рядів.

ТЕМА 6. Реалізація маркетингових моделей

План

1. Проведення регресійно-кореляційного аналізу засобами Excel.
2. Засоби підтримки прийняття маркетингових рішень.
3. Реалізація оптимізаційних маркетингових рішень.

Інформаційні джерела

1. Оксанич А. П. Інформаційні системи і технології маркетингу / А. П. Оксанич, В. Р. Петренко, О. П. Костенко : навч.-практ. посіб. – Київ : Видавничий дім «Професіонал», 2008. – 320 с.
2. Бутник О. М. Економіко-математичне моделювання перехідних процесів у соціально-економічних системах : монографія. – Харків : Видавничий Дім «ІНЖЕК» : СПД Лібуркіна Л. М., 2004. – 304 с.
3. Валентинов В. А. Економетрика : практикум / В. А. Валентинов. – Москва : РДЛ, 2007. – 436 с.
4. Дослідження операцій : навч. посіб. / М. Г. Медведєв, О. В. Колодінська. – 2-ге вид., перероб. і допов. – Київ : Вид-во Європ. ун-ту, 2006. – 158 с.

1. Проведення регресійно-кореляційного аналізу засобами Excel

Сучасний розвиток інформаційних технологій і засобів передавання інформації дозволяє автоматизувати збирання, пошук та обробку як внутрішньої, так і зовнішньої інформації, створюючи таким чином необхідні передумови для аналізу економічної ситуації, прогнозування її подальшого розвитку, визначення її впливу на ефективність функціонування підприємства, визначення різних варіантів маркетингових рішень, вибору найбільш доцільних заходів, які забезпечують достатньо ефективність виробництва чи підприємства.

Саме володіння методами побудови інструментальних моделей економічних і виробничих ситуацій та прийняття на їх основі рішень щодо управління діяльністю підприємства є необхідною умовою забезпечення ефективності його функціонування.

Розглянемо метод, який дозволяє прийняти рішення з урахування фактора невизначеності – *регресійно-кореляційний аналіз*.

Регресійний та кореляційний аналізи дозволяють аналізувати значні обсяги інформації з метою дослідження ймовірного взаємозв'язку двох чи більше змінних. У ході аналізу економічних процесів регресія застосовується з кореляцією. Тобто, за допомогою регресії визначають аналітичні залежності між змінними,

а через кореляційний аналіз – силу зв'язку між факторами та відгуком.

Для виконання регресійно-кореляційного аналізу необхідно виконати такі етапи:

1. Побудувати систему факторів, які найсуттєвіше впливають на результативну ознаку.
2. Розробити модель, що відображає загальний зміст взаємозв'язків, які вивчаються, та кількісна оцінка її параметрів.
3. Перевірити якості моделі.
4. Оцінити вплив окремих факторів.

Регресійна модель – це рівняння (або система рівнянь), що показує, які фактори, на думку дослідника, мають бути залучені до взаємозв'язку, що аналізується. Регресійне рівняння дає уявлення про форму зв'язку. Регресійні рівняння класифікують за такими ознаками:

- за кількістю змінних: однофакторні, багатфакторні;
- за видом залежності: лінійні, нелінійні.

Регресія називається однофакторною (парною), якщо вона відображає залежність між результативною ознакою та фактором.

Для визначення форми рівняння регресії використовують графічне відображення точок (діаграма розсіювання):

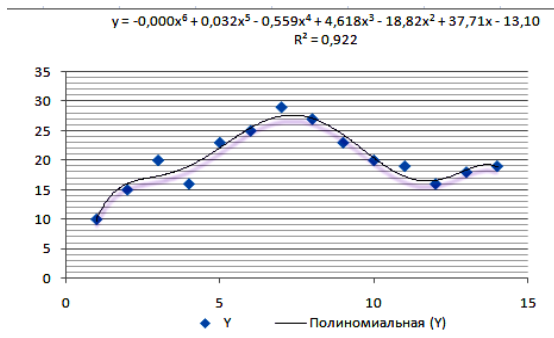


Рисунок 15 – Точкова діаграма з лінією тренда

Для визначення параметрів лінійного рівняння регресії в Ms Excel використовують вбудовану функцію ЛИНЕЙН(), яка

повертає додаткову регресійну статистику. До цієї статистики входять:

Se_b, \dots, Se_n – стандартні значення помилок для коефіцієнтів m_1, \dots, m_n ;

Se_b – стандартні значення помилок b ;

R^2 – величина вірогідності апроксимації (коефіцієнт детермінації);

Se_y – стандартні значення помилок y ;

F - F – статистика, або F -відношення;

df – кількість ступенів вільності ($N - m - 1$);

$S^2_{рег}$ – регресійна сума квадратів;

$S^2_{зал}$ – залишкова сума квадратів.

Для отримання цієї статистики потрібно виділити діапазон осередків із п'яти рядків і кількістю стовців, що на одиницю більше кількості незалежних змінних, і натиснути на панелі інструментів кнопку **Вставка функції**. У діалоговому вікні виберемо функцію **ЛИНЕЙН ()** і вкажемо перші два параметри (діапазон осередків, де знаходяться значення залежної, та діапазон осередків зі значеннями незалежної змінної), тримаючи натиснутими клавіші **Ctrl** та **Shift**, натиснемо клавішу **Enter**.

Послідовність розрахунку регресійної статистики в осередках робочого аркуша при введенні формули з функцією **ЛИНЕЙН ()** у верхній лівий кут цього діапазону представлено в табл. 14.

Таблиця 14 – Розрахунок регресійної статистики

m_n	m_{n-1}	...	m_2	m_1	b
Se_n	Se_{n-1}	...	Se_2	Se_1	Se_b
R^2	Se_y				
F	df				
$S^2_{рег}$	$S^2_{зал}$				

Для перевірки значимості моделі регресії використовується F -критерій Фішера (F -відношення), якщо обчислене значення

F -критерію більше його критичного значення, то R^2 – коефіцієнт детермінації визначається суттєвим, а модель значимою. Для перевірки коефіцієнтів регресії на їх корисність, введемо гіпотезу, що їх фактичні значення є нульовими. Щоб перевірити цю гіпотезу, розрахуємо параметр *t-статистику*, котрий має назву *стандартизована* або *нормована змінна*. Ця змінна обчислюється шляхом ділення значення коефіцієнта регресії на стандартне значення його помилки.

Табличне значення визначається за функцією **FRASPOBR** (вероятность, $k-1$; $n-k$),

де Вероятность = 0,05;

Степени_свободы 1 = $k-1$;

Степени_свободы 2 = $n-k-8$.

Якщо $F > F_{\text{таб}}$, то отримана економетрична модель достовірна, або така, що відповідає статистичним даним. Згідно з критерієм Фішера, отримана модель достовірна.

Достовірність коефіцієнтів моделі виконується під час порівняння розрахункових значень із табличним значенням критерія Стьюдента:

$$t_{a1} = \frac{a_1}{Sa_1}; \quad t_{a0} = \frac{a_0}{Sa_0}.$$

$t_{\text{таб}} = \text{СТЬЮДРАСПОБР}($ вероятность, $n-k)$,

де Вероятность = 0,05;

Степень_свободы $n-k = 8$:

Так як $t(a_1) > t_{\text{таб}}$, то отримане значення коефіцієнта a_1 достовірне з імовірністю 0,95.

Так як $t(a_0) < t_{\text{таб}}$, то отримане значення коефіцієнта a_0 статистично не відрізняється від нуля. Це значить, що отримана оцінка коефіцієнта a_0 є не точною, або зміщеною, це свідчить, можливо, про недостатню кількість спостережень ($n = 10$).

Достовірним є значення коефіцієнта a_1 згідно з критерієм Стьюдента. Згідно з цим критерієм коефіцієнт a_0 статистично не відрізняється від нуля.

2. Засоби підтримки прийняття маркетингових рішень Аналіз «ЩО – ЯКЩО»

Для ефективного управління в ринкових умовах важливий принцип випередження, передбачення ситуації, який базується на складних методах аналітичних розрахунків: метод прямого розрахунку, математично-статистичного аналізу, оптимізації, графічного моделювання тенденції та інших. Але існують більш прості методи аналізу, узагальнено названі «що, якщо», та їх варіації, методи аналізу чутливості прогнозів, які застосовують у маркетинговому плануванні й дослідженнях.

Засоби однофакторного аналізу «що, якщо» дозволяють побудувати одномірну таблицю чутливості, на основі якої можемо прослідкувати як зміна значень якогось одного фактора впливатиме на дані, що цікавлять маркетолога. Засоби двофакторного аналізу дозволяють проаналізувати одночасний вплив зміни двох факторів на показник.

Для використання цього методу необхідно пройти нижченаведені технологічні етапи.

На підготовчому етапі, дотримуючись вимог щодо розміщення даних і формул, створюється таблична модель, в яку вводять вхідні значення залежної величини і формули її зв'язку з комірками рівнів фактору, які розміщуються зовні факторної таблиці.

Залежна величина (наприклад, об'єм продажів) розміщується у стовпці, який є лівою межею табличної моделі. Порожня комірка безпосередньо над першим значенням стовпця є початком службового рядка і може виконувати роль комірки введення. Через цю комірку (пізніше, на основному етапі розрахунків), у формули зв'язку згідно зі стандартним алгоритмом будуть циклічно підставлятися змінні значення із стовпця залежної величини.

Формули зв'язку створюються в єдиному службовому рядку таблиці і не копіюються на решту комірок. У цьому й полягає сутність ефективності та економічності моделі. *Верхньою межею* однофакторної табличної моделі є службовий рядок. Ліва комірка службового рядка завжди порожня. Її абсолютна адреса грає роль змінної залежної величини, на яку посилаються всі

формули зв'язку. Формули посилаються, з одного боку, на комірку введення і, із другого боку, на комірки, що містять конкретні рівні фактору, які розміщуються за рамками розрахункової моделі.

Підготовка однофакторної моделі до розрахунку вважається закінченою, якщо: створено стовпець значень залежної величини; залишено (над ним) одну порожню комірку введення; за межами розрахункової таблиці (вище або лівіше) відвели місця коміркам рівнів фактору; правіше комірки введення вводяться у службовий рядок формули зв'язку комірки введення з комірками рівнів фактору.

Основний етап технологічного процесу полягає у виконанні команди: *Данные / Таблица подстановки*. Але спочатку необхідно виділити прямокутний блок розрахункової таблиці, яку створили на підготовчому етапі. Саме цей простір і є зображенням однофакторної моделі, починаючи з порожньої комірки у верхньому лівому кутку й закінчуючи коміркою праворуч знизу на перетині останнього рядка та стовпця останньої формули. Після цього треба звернутись до команди *Данные / Таблица подстановки*. Відкриється діалогове вікно, у якому достатньо вказати (визначити) клітинку введення стовпця (*«Подставляют значения по столбцам в...»*). *«Подставляют значения по строкам в...»*). За замовчанням курсор буде знаходитись у вікні визначення комірки введення рядка, тому спочатку перевести курсор, клацнувши ЛКМ у нижньому віконці цього діалогового вікна, і потім клацнути по порожній комірці введення створеної табличної моделі. Далі необхідно ініціалізувати розрахунок клацанням по кнопці **OK**, після чого вільні комірки результатної зони таблиці заповняться числами.

На заключному етапі технології може стати потрібним внесення корективи в таблицю: змінити або додати нові вхідні дані, змінити значення фактору, додати нові формули. Якщо зміниться яке-небудь значення залежної величини, воно відразу ж автоматично перераховується у відповідному рядку таблиці. Якщо ж змінюється яке-небудь значення рівня фактору, що

лежить за межами однофакторної моделі, то автоматично перераховується весь стовпець пов'язаних із ним значень.

У двофакторній моделі маємо два осередки для введення: один фактор розташовано у лівому стовпці (фактор-стовпець), другий – у верхньому рядку (фактор-рядок). На їх перетині знаходиться чарунка з формулою, яка зв'язує ці фактори. Чарунка введення знаходиться за межею розрахункової таблиці.

Приклад 8. Сім'я вирішила купити квартиру, для чого їй необхідно взяти в банку позику на суму 45 000 дол. на 10 років (тобто на 120 місяців). Обчислити розмір щомісячних виплат і загальну суму виплат по цій позиції, для декількох відсоткових ставок (наприклад, 5 %, 5,5 %, 6 %, 6,5 %, 7 %, 7,5 %, 8 % і 8,5 %).

Обчислити вказані величини можна, використавши таблицю підстановки з одним входом. Для цього спочатку необхідно скласти таблицю даних і у відповідні комірки таблиці ввести параметри: сума позики, строк погашення позики (у місяцях), відсоткова ставка (наприклад, 7 %), щомісячні виплати й загальна сума. Слід задати потрібний формат комірок (рис. 16).

Для розрахунку щомісячних виплат можна скористатися функцією ПЛТ (повертає суму чергової виплати за позикою на основі постійних періодичних виплат і постійної відсоткової ставки; належить до категорії Фінансові). У комірку B5 введена така формула обчислення щомісячної виплати: =ПЛТ(B4/12; B3;- B2)

У комірку B6 введена формула розрахунку загальної суми виплат: = B5 · B3.

Тепер можна починати створювати таблицю підстановки. Для цього потрібно виконати такі дії:

У діапазон A10:A17 ввести значення відсоткових ставок, для яких потрібно обчислити розмір щомісячних виплат та загальної суми виплат.

У комірки B8 і C8 ввести написи з комірок A5 і A6 (Щомісячна виплата і Загальна сума). А в комірки B9 і C9 – посилання на комірки з формулами, за якими буде обчислено результат. У нашому випадку потрібно виконати посилання на комірки B5 і B6.

Виокремити діапазон таблиці підстановки. Це мінімальний діапазон комірок, що містить формули та всі значення діапазону вихідних даних (у даному прикладі – діапазон A9: C17).

Вибрати команду **Данные/Таблица подстановки**, після чого з'явиться діалогове вікно **Таблица подстановки**. казати комірку робочого аркуша, куди слід підставляти вихідні дані. У нашому випадку вихідні дані – це значення відсоткових ставок, тому потрібно вказати комірку B4. Оскільки вихідні дані містяться в стовпці, ввести адресу комірки в поле **Підставлять значення по строкам в**.

Клацнути на кнопці ОК, після чого таблицю підстановки буде створено (рис. 16).

Виконання				Результат			
	A	B	C		A	B	C
1				1			
2	Сума позики	\$ 45 000,00		2	Сума позики	\$ 45 000,00	
3	Термін, місяці	120		3	Термін, місяці	120	
4	Відсоткова ставка	7%		4	Відсоткова ставка	7%	
5	Щомісячна виплата	\$522,49		5	Щомісячна виплата	\$522,49	
6	Загальна сума	\$62 698,58		6	Загальна сума	\$62 698,58	
7				7			
8		Щомісячні виплати	Загальна сума	8		Щомісячні виплати	Загальна сума
9		\$522,49	\$62 698,58	9		\$522,49	\$62 698,58
10	5,00%			10	5,00%	477,2948186	57275,3782
11	5,50%			11	5,50%	488,3682508	58604,1901
12	6,00%			12	6,00%	499,5922587	59951,071
13	6,50%			13	6,50%	510,9658975	61315,9077
14	7,00%			14	7,00%	522,4881565	62698,5788
15	7,50%			15	7,50%	534,1579611	64098,9553
16	8,00%			16	8,00%	545,9741746	65516,901
17	8,50%			17	8,50%	557,9355999	66952,272

Рисунок 16 – Фрагмент виконання прикладу 8 у Excel

Зверніть увагу, що ліва верхня комірка цієї таблиці не використовується.

Щоб дізнатися, якими будуть щомісячні виплати для відсоткових ставок 5 %, 5,5 %, 6 %, 6,5 %, 7 %, 7,5 %, 8 % і 8,5 % при строках 5, 10, 15 та 20 років (тобто 60, 120, 180 та 240 місяців), доведеться створити таблицю підстановки із двома входами (приклад 9).

Щоб створити таблицю підстановки із двома входами, слід виконати такі дії:

1. Увести у діапазон комірок A10:A17 значення відсоткових ставок, для яких слід визначити розмір щомісячних виплат (рис. 17).

2. У діапазон В9: Е9 ввести строки позики: 60, 120, 180 і 240, а в комірку В8 – напис Термін погашення позики, місяці.

3. У комірку, що розміщується на перетині рядка та стовпця з вихідними значеннями, тобто в комірку А9, увести посилання на формулу розрахунку щомісячних виплат (ця формула в нашій таблиці знаходиться у клітинці В5).

4. Виокремити діапазон таблиці підстановки, це буде діапазон А9:Е17 (мінімальний діапазон комірок, що містить два діапазони й вихідних значень та формулу).

5. Вибрати команду **Данные/Таблица подстановки**.

6. В отриманому діалоговому вікні **Таблица** задати відповідні комірки.

У нашому прикладі в поле **Подставляют значения по столбцам** слід ввести посилання на комірку В3, а в поле **Подставляют значения по строкам в** – посилання на комірку В4.

7. Клацнути на кнопці **ОК**, щоб створити таблицю підстановки.

	A	B	C	D	E	F
1						
2	Сума позики	\$ 45 000,00				
3	Термін, місяць	120				
4	Відсоткова ставка	7%				
5	Щомісячна виплата	\$522,49				
6	Загальна сума	\$62 698,58				
7						
8			Термін погашення позики			
9		\$522,49	60	120	180	240
10		5,00%	849,205514	477,29482	355,85713	296,98008
11		5,50%	859,5522977	488,36825	367,68755	309,54929
12		6,00%	869,9760688	499,59226	379,73557	322,39398
13		6,50%	880,4766698	510,9659	391,99831	335,50791
14		7,00%	891,0539343	522,48816	404,47272	348,88452
15		7,50%	901,7076868	534,15796	417,15556	362,51694
16		8,00%	912,437743	545,97417	430,04344	376,39803
17		8,50%	923,2439097	557,9356	443,1328	390,52046

Рисунок 17 – Фрагмент створення таблиці підстановки із двома входами

Якщо треба визначити, як впливає зміна вихідних параметрів на результати обчислень в інших формулах, слід створити декілька таблиць підстановки (по одній таблиці для кожної формули).

Аналіз «Підбор параметра»

Підбір параметра – це інструмент, який дозволяє відшукати значення одного невідомого параметра, від якого залежить результат.

Цей інструмент дає змогу цілеспрямовано перебрати множини значень одиночного параметра з одночасним контролем результуючого значення. По суті, він підбирає вихідні дані під бажану відповідь. При цьому чергове значення параметра підставляється у формулу, виконується обчислення, і отриманий результат порівнюється із шуканим (цільовим) значенням.

Під час підбору параметра потрібно визначити три складові:

- 1) місце розміщення цільової комірки (вміст якої обов'язково має бути формулою);
- 2) значення, яке має бути досягнуте в цільовій комірці після зміни параметра;
- 3) комірку, вміст якої (параметр) зміниться для досягнення цільовою коміркою шуканого значення.

Усі три складові об'єднані в діалоговому вікні **Підбор параметра**, яке викликається з меню **Данные**.

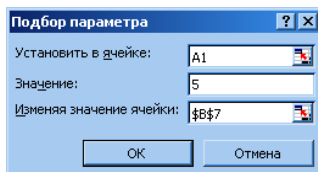


Рисунок 18 – Діалогове вікно «Підбор параметра»

Розв'язання за допомогою підбора параметра є наближеними й лише в деяких випадках дають точні значення.

Підбір параметра – це ітераційний процес. Для комірки, яку задано в полі **Изменяя значения ячейки**, Excel по черзі перевіряє різні значення доти, поки не відшукає найбільш придатне. За замовчуванням програма робить до 100 ітерацій або продовжує обчислювати значення, доки не буде досягнена відносна похибка 0,001.

Приклад 9. Використовуючи засіб **Підбор параметра**, визначити, яку максимальну позику можна взяти на 10 років, щоб придбати

квартиру за відсоткової ставки 7 % і за умови щомісячної виплати не більш 400 дол.

Розв'язання:

1. Внести потрібні дані в таблицю. Установити табличний курсор у клітинці B5 (рис. 19).

2. Вибрати команду **Данные / Подбор параметра**.

3. В отриманому діалоговому вікні **Подбор параметра** задати посилання на відповідні комірки. У полі **Установить в ячейке** автоматично з'явиться посилання на комірку B5.

4. У поле **Значение** ввести бажане значення щомісячних виплат, а саме 400 (число вводиться зі знаком «мінус», оскільки гроші будуть виплачуватися).

5. У поле **Изменяя значения ячейки** ввести посилання на комірку B2.

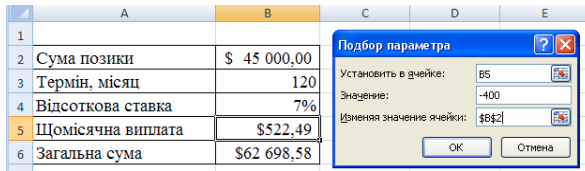


Рисунок 19 – Фрагмент виконання прикладу 9

6. Клацнути на кнопці ОК у вікні **Подбор параметра**, після чого з'явиться вікно **Результат подбора параметра**, де Excel повідомить, що розв'язок знайдено. В клітинці B5 відобразиться значення \$400, а в клітинці B2 робочої таблиці – шукане значення позики (рис. 20).

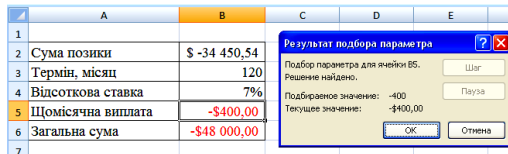


Рисунок 20 – Результат використання «Подбор параметра»

Диспетчер сценаріїв

Диспетчер сценаріїв – цей інструмент аналізу «що–якщо» дає змогу створювати і зберігати на робочому аркуші різні на-

бори значень (сценарії) вхідних даних, а потім переключатися на будь-який з них для перегляду результатів, щоб порівняти поведінку модельованого об'єкта в різних ситуаціях.

Для того щоб задати умови, які характеризують певну ситуацію, потрібно, як правило, змінити значення декількох клітин, які містять вхідні дані. Тому таблиці даних, що дають змогу варіювати не більше двох змінних, для цього не завжди підходять. Саме в таких випадках застосовуються сценарії. З їх допомогою можна проводити багатофакторний параметричний аналіз, маніпулюючи одночасно 32 змінними.

Диспетчер сценаріїв дає змогу:

- створювати сценарії, вибираючи для кожного з них до 32 клітин із вхідними змінними;
- задавати значення кожної клітини, що містить вхідну змінну;
- присвоювати імена, зберігати і переглядати створені сценарії;
- створювати звіти для огляду і порівняння значень вхідних змінних і результатів сценаріїв;
- об'єднувати декілька сценаріїв у єдину модель;
- захищати сценарії від несанкціонованих змін;
- захищати сценарії від несанкціонованого перегляду.

Створення (додавання) нового сценарію. Сценарії можна створювати на кожному аркуші робочої книги, але слід мати на увазі, що вони можуть використовувати клітини лише того аркуша, на якому створюються.

Перш ніж створювати сценарій, треба перевірити, чи надано клітинам, що використовуватимуться у сценарії (клітинам із даними, що змінюватимуться, і клітинам із результатами обчислень, що переглядатимуться) змістовні інформативні імена. Якщо цього не зробити, то за огляду звіту сценаріїв буде важко отримати інформацію про наслідки, до яких призведе зміна певних вхідних даних.

Для визначення нового сценарію виконуються такі дії:

1. Вибирається команда *Данные / Диспетчер сценариев ...* і в діалоговому вікні *Диспетчер сценаріїв* натискується кнопка *Додати*.

2. У діалоговому вікні *Додавання сценарію* у текстовому полі *Назва сценарію* набирається ім'я сценарію. На відміну від імен клітин назва сценарію може починатися з цифри, містити пропуски й мати довжину до 255 символів.

3. Якщо перед додаванням сценарію були виділені клітини робочого аркуша, то в текстовому полі *Комірки, що змінюються* з'явиться адреса цього діапазону клітин. У разі потреби в полі *Комірки, що змінюються*, можна набрати посилання на потрібні клітини або виділити за допомогою миші. Якщо треба виділити несуміжні діапазони, то тримається натиснутою клавіша *Ctrl*. Виділятися можуть лише клітини з даними, а не ті, що містять формули.

4. За умовчання в текстовому полі *Коментар* з'явиться ім'я користувача і поточна дата. Можна вилучити або відредагувати цю інформацію.

5. Режим *Заборонити зміни* вибирається за замовчанням, а режим *Сховати* – ні. Активізуються встановлені режими лише у разі включення захисту робочого аркуша командою *Рецензування / Захистити аркуш*.

6. За натискання кнопки *OK* з'явиться діалогове вікно *Значення комірок сценарію*. Якщо клітинам, адреси яких визначалися в пункті 3, були надані імена, то вони з'являться в цьому діалоговому вікні. Тільки п'ять імен (або адрес клітин) будуть видимі. Щоб побачити інші, використовується смуга прокручування.

7. У разі потреби на даному кроці можна змінити значення. Якщо це перший сценарій на цьому аркуші, то можна зберегти його з величинами, заведеними за замовчанням. Після введення потрібних значень можна або натиснути кнопку *Додати* і повернутись у діалогове вікно *Додавання сценарію*, або натиснути кнопку *OK* і повернутись у вікно *Диспетчер сценаріїв*.

Використання сценаріїв. Найпростіший спосіб перегляду значень, що відповідають певному сценарію, – це використання діалогового вікна *Диспетчер сценаріїв*. Спочатку за допомогою смуг прокручування робочого аркуша в поле зору виводиться та частина робочого аркуша, де знаходяться відповідні вихідні зна-

чення. Після виконання команди *Данні / Диспетчер сценаріїв* у текстовому полі *Сценарії* діалогового вікна *Диспетчер сценаріїв* вибирається назва потрібного сценарію і натискається кнопка *Вивести*. Це призведе до заміни вхідних даних моделі, її перерахунку та виведенню значень відповідно до вибраного сценарію (попередні вхідні дані, якщо вони не були збережені у вигляді сценарію, будуть загублені).

Але такий спосіб аналізу варіантів розвитку подій придатний лише для відносно простих моделей. Для складніших використовуються підсумкові звіти для різних сценаріїв на додаткових робочих аркушах. Щоб отримати такий звіт, треба відкрити діалогове вікно *Диспетчер сценаріїв* (команда *Сервіс / Диспетчер сценаріїв*) і натиснути кнопку *Звіт*. Це призведе до відкриття діалогового вікна *Звіт за сценарієм*, у якому є текстове поле *Комірки результату* та два перемикачі (*структура* та *зведена таблиця*), що визначають тип звіту.

У разі включення у звіт декількох клітин із результатами адреси цих клітин у полі *Комірки результату* мають відокремлюватися крапкою з комою (за введення адрес з допомогою миші треба тримати натиснутою клавішу *Ctrl*).

У структурному звіті всі імена клітин, які змінюються і в яких одержуються результати, розміщені в першій колонці. Дані й результати кожного сценарію містяться в окремій колонці.

У зведеній таблиці кожний сценарій показується у вигляді окремого рядка, при цьому значення кожної комірки результату відображається в окремій колонці.

Вивчаючи засоби побудови інструментальних маркетингових моделей, особливу увагу слід звернути на способи застосування цих моделей для прийняття маркетингових рішень з урахуванням факторів невизначеності у сфері вивчення попиту, визначення найвигіднішого асортименту продукції та сегментування ринку.

3. Реалізація оптимізаційних маркетингових рішень

Оптимізаційні моделі дають можливість знайти найкраще рішення за певним критерієм. При цьому після формулювання критерію рішення розшукується, як правило, без оцінювання

альтернатив людиною, тобто автоматично. Необхідність використання таких моделей пояснюється тим, що за великої кількості альтернатив метод прямого оцінювання множини можливих рішень стає непридатним. Саме у такому разі слід застосовувати оптимізаційні моделі. Але при цьому слід розуміти, що є значна кількість факторів, вплив яких неможливо визначити кількісно або з необхідною точністю. Тому отримане за допомогою оптимізаційних моделей рішення не слід сприймати як абсолютно точне, його потрібно перевіряти та в разі потреби коригувати, спираючись на досвід та інтуїцію спеціалістів.

В Excel є потужний і простий у застосуванні інструмент – надбудова *Пошук рішення*, що дає змогу розв’язувати широкий клас оптимізаційних задач: лінійного, нелінійного та цілочисельного програмування.

Варто наголосити, що спочатку необхідно забезпечити доступ до цього інструмента. Якщо в меню *Сервіс* відсутня команда *Пошук рішення*, то треба вибрати команду *Сервіс/Надбудова*, прокрутити список надбудов і встановити прапорець *Пошук рішення*. Якщо ця надбудова не була інстальована разом з MS Office, то її треба інстальувати окремо.

Оптимізаційні моделі дають змогу вирішувати широке коло питань планування економічних процесів, знаходити найкращі (оптимальні) рішення, що відповідають певним обмеженням. Методи вибору з низки альтернативних рішень найсприятливішого (з найменшими витратами, максимальним прибутком тощо за однакових інших умов) використовуються для вирішення багатьох маркетингових проблем: пошуку найвигіднішого асортименту за обмежених ресурсів; розрахунку оптимальної величини товарних запасів; планування маршрутів руху агентів зі збуту та ін. Саме тому програма *Пошук рішення*, яка є в Excel, може стати потужним допоміжним інструментом у маркетинговій діяльності. Користувач може задати режим, за якого отримані значення змінних автоматично заноситимуться у таблицю і, крім того, представити результати роботи програми у вигляді звітів.

Етапи роботи із прийняття оптимальних рішень

Розв’язання задачі за допомогою програми *Пошук рішення* складається з таких етапів:

- постановка задачі та створення математичної моделі;
- запис задачі у табличній формі, придатній для введення даних;
- уведення даних у комп'ютер і розв'язання задачі;
- економіко-математичний аналіз отриманого рішення.

За моделювання реальної задачі робота з моделлю на цьому не закінчується. Економіко-математична модель лише з деяким наближенням відбиває реальні обставини. Тому після аналізу отриманого рішення ці обставини уточнюються, постановка задачі й модель належним чином коригуються, уведені дані змінюються й програма знову запускається на виконання. Цей ітераційний процес триває, доки не буде отримано модель, найбільш адекватну для вирішення поставленої проблеми.

Задача, розв'язувана програмою *Поиск решения*, у найзагальнішому вигляді формулюється так:

знайти вектор $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, який мінімізує (або максимізує) функцію $Z(\mathbf{x})$ за обмежень

$$X_{k \min} \leq x_k \leq X_{k \max}, \quad k = 1, \dots, n; \quad (86)$$

$$F_{i \min} \leq g_i(\mathbf{x}) \leq F_{i \max}, \quad i = 1, \dots, m; \quad (87)$$

$$h_j(\mathbf{x}) = F_j, \quad j = 1, \dots, p. \quad (88)$$

Функція $Z(\mathbf{x})$ називається цільовою функцією, умови (86) – прямими, а умови (87) та (88) – функціональними обмеженнями.

Якщо функції $Z(x)$, $g_i(x)$, $h_j(x)$ лінійні, то задача називається задачею лінійного програмування, якщо хоча б одна з них нелінійна – задачею нелінійного програмування. Моделі, які використовують тільки складання, віднімання або функцію *СУММ*, є лінійними. Якщо використовується множення, ділення або такі функції, як експоненційна, модель є нелінійною. Приклади нелінійних задач:

- розсилання рекламних листівок звичайно веде до збільшення обсягів продажу, але в разі значного зростання їх настає насичення, за якого процентне співвідношення відповідей на відправлені листівки зменшуватиметься;
- збільшення чисельності службовців сприяє кращому обслуговуванню клієнтів і збільшенню прибутку. Проте за досяг-

нення певного рівня кількості працівників залучення додаткових призведе до зменшення прибутку.

Якщо поряд з обмеженнями (86), (87), (88) накладається умова, щоб x_k були цілими числами, то задача називається задачею цілочисельного програмування; якщо накладається умова, щоб x_k дорівнювали 1 або 0, – то задачею двоїстого програмування.

Для застосування програми *Поиск решения* необхідно побудувати модель аналізованого об'єкта чи процесу у вигляді таблиці з формулами, які відбивають задані обмеження і цільову функцію. Від форми подання цих даних і структури табличної моделі значною мірою залежать трудомісткість і безпомилковість уведення даних у програму, а також придатність моделі для обґрунтування рішень, що приймаються на підставі отриманого результату. З огляду на це, часто (але не завжди) є сенс подавати модель у вигляді, принаймні, трьох секцій: секції керованих змінних; секції цільової функції; секції функціональних обмежень (якщо вони є). Орієнтовний вигляд цих секцій наведено на рис. 21.

Цільова функція			
Назва	Поточне значення		

Змінні			
Назва	Поточні значення	Межі	
		макс.	мін.

Функціональні обмеження				
Назва	Поточні значення	Межі		
		макс.	мін.	=

Рисунок 21 – Основні секції моделі

Клітина колонки *B* секції цільової функції називається *цільовою клітиною*. Це клітина, у якій відбивається значення опти-

мізованого показника. Цільова клітина має містити формулу (або адресу клітини з формулою), результат якої змінюється залежно від значення клітин колонки *B* секції змінних. Програма *Пошук рішення* змінює значення клітин секції змінних, доки в цільовій клітині не з'явиться результат, який потрібно отримати (якщо, звичайно, його можна отримати). У клітини колонок *C* і *D* секції змінних вносяться допустимі граничні значення змінюваних клітин (прямі обмеження).

У клітини колонки *B* секції функціональних обмежень вводяться формули для обчислення значення функцій g_i та h_j або адреси їх розташування. У колонки *C*, *D* та *E* цієї секції даних вводяться відповідно значення $F_{i \max}$, $F_{i \min}$ та F_j .

Для полегшення введення обмежень (як прямих, так і функціональних) бажано, щоб рядки з обмеженнями одного типу створювали безперервну групу.

Крім цих секцій у моделі можуть бути (а в більшості задач обов'язково мають бути) й інші блоки, кількість яких залежить від складності модельованих процесів і вміння розробника моделі подати їх у наочному вигляді.

Для запуску програми *Поиск решения* виконується команда *Сервис/Поиск решения*. Після цього з'явиться вікно діалогу *Поиск решения*. У його полі *Изменя ячейки* необхідно вказати діапазон, що містить клітини, значення яких програма повинна змінити для отримання оптимального значення (клітини колонки *B* секції *Изменить*). Після активізації цього поля за допомогою миші треба виділити ці клітини або із клавіатури ввести адресу діапазону.

Для того щоб задати обмеження (як прямі, так і функціональні), треба натиснути на кнопку *Добавить*. У результаті з'явиться наступне діалогове вікно – *Добавить ограничения*.

У лівому полі *Ссылка на ячейку* вказується адреса клітини або діапазону клітин, вміст яких має відповідати одному типу обмежень.

Праве поле (*Ограничения*) цього вікна призначене для введення значення обмеження або у вигляді константи, або у вигляді

ді адреси клітини, яка містить це значення. Кнопка *Добавить* використовується для переходу до введення наступного обмеження (або групи обмежень).

Після введення введення всіх параметрів натискається кнопка *OK*.

Для внесення змін і вилучення обмежень використовуються відповідно кнопки *Изменить* та *Удалить*.

Для того щоб користувач мав можливість, змінюючи параметри, кілька разів послідовно повторювати пошук оптимального значення, уведений параметри зберігаються в робочому аркуші так само, як і інші дані робочої книги.

У разі натискання у вікні *Поиск решения* кнопки *Параметры* з'явиться вікно *Параметры поиска решения*, в якому можна задати додаткові параметри.

Слід звернути увагу на те, що в разі використання лінійної моделі треба включити параметр *Линейная модель*. Результат буде отримано швидше, і він матиме більшу точність, а звіт на стійкість міститиме більше інформації, яка може бути використана для прийняття більш слушних рішень.

Запуск програми на виконання обчислень здійснюється натисканням кнопки *Выполнить*. Залежно від складності задачі та швидкості процесора пошук рішення може відібрати певний час. Окремі кроки цього процесу відображаються в нижній частині вікна Excel у рядку стану. Якщо оптимальне рішення буде знайдено, відповідні значення вставляються в таблицю і на екрані з'явиться діалогове вікно *Результаты поиска решения* з інформацією про закінчення цього процесу.

Однак не завжди задача має рішення. У такому разі в діалоговому вікні замість *«Рішення знайдено. Усі обмеження та умова оптимальності виконані»* буде повідомлення *«Поиск не может найти слушное решение»*.

Якщо рішення знайдено, то користувач повинен вибрати один із режимів (збереження отриманого рішення або поновлення початкових значень) і матиме змогу задати видачу звітів, потрібних для проведення аналізу оптимального рішення. Такий аналіз – дуже важливий етап використання *Програми пошуку*. Передусім, це пояснюється тим, що значна частина маркетин-

гових даних є неточною – на практиці здебільшого використовуються наближені значення. Саме тому користувач повинен з'ясувати, як зміни в даних позначаються на оптимальному рішенні. Загалом можна задати видачу звітів трьох типів: *Результати, Стійкість, Межі*.

Приклад 10. Необхідно вибрати оптимальний план розвитку підприємств, що випускають однорідну продукцію, урахувавши, що підприємства П-1 і П-2 вже існують, а П-3 може бути збудоване за необхідності. Потенційні альтернативні варіанти розвитку цих підприємств наведені в табл. 15.

Таблиця 15 – Варіанти розвитку підприємств

Підприємство	№ варіанта	Характеристика варіанта
П-1	1	Залишити виробничу потужність на поточному рівні
	2	Збільшити виробничу потужність за рахунок модернізації обладнання на 30 %
	3	Збільшити виробничу потужність за рахунок розширення виробництва на 50 %
П-2	1	Залишити виробничу потужність на поточному рівні
	2	Збільшити виробничу потужність за рахунок модернізації обладнання на 15 %
П-3	1	Організувати виробництво за проектом А
	2	Організувати виробництво у більшому розмірі за проектом Б

Більш докладна інформація щодо кожного варіанта розвитку наведена у табл. 16.

Для визначення свого варіанта студент до кожного значення виробничої потужності та вартості виробництва одиниці продукції додає $10 \cdot N$, а до необхідних інвестиційних витрат – $N(N - \text{номер студента за списком})$.

Продукція повинна бути доставлена трьом замовникам. Прогнозне значення перспективного попиту на продукцію дорівнює $400 + 30 \cdot N$ тис. од. на рік, із подальшим розподілом між споживачами С-1 – $160 + 10 \cdot N$ тис. од. пр./рік, С-2 – $130 + 10 \cdot N$ тис. од. пр./рік, С-3 – $110 + 10 \cdot N$ тис. од. пр./рік.

**Таблиця 16 – Основні техніко-економічні показники
потенційних варіантів розвитку підприємства**

Показник	Підприємство 1			Підприємство 2		Підприємство 3	
	варіант 1	варіант 2	варіант 3	варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2
Виробнича потужність, тис. од. продукції на рік	100	130	150	200	230	100	150
Необхідні інвестиційні витрати, млн грн	1	12	20	3	15	75	90
Вартість виробництва одиниці продукції, грн	200	200	190	180	170	170	160

Транспортні витрати на перевезення одиниці продукції від виробників споживачам, за прогнозами експертів, дорівнюватимуть даним, наведеним у табл. 17. Для визначення варіанта студент до кожного значення транспортного тарифу додає $0,1 \cdot N$.

**Таблиця 17 – Транспортні тарифи (гривень за
одиницю продукції)**

Підприємство	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3
Підприємство 1	5	15	25
Підприємство 2	10	10	5
Підприємство 3	5	20	15

Максимально можливий обсяг залучення інвестицій на розвиток усіх підприємств – $95+3 \cdot N$ млн грн. Нормативний коефіцієнт економічної ефективності інвестицій – 0,2.

Економіко-математична модель задачі має вигляд:

$$v = e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} I_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} c_{ij} y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p d_{ik} z_{ik} \rightarrow \min;$$

$$x_{ij} \in 0;1, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n_i};$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, m};$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} I_{ij} x_{ij} \leq R;$$

$$0 \leq y_{ij} \leq N_{ij} x_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n_i};$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = \sum_{k=1}^p z_{ik}, \quad \sum_{i=1}^m z_{ik} \geq b_k, \quad z_{ik} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, p},$$

де відомими є величини:

i – номер підприємства, існуючого або запроєктованого;

$i = 1, \dots, m$;

j – номер варіанта розвитку підприємства;

$j = 1, \dots, n_i$; n_i – кількість варіантів розвитку підприємства;

m – кількість підприємств;

N_{ij} – виробнича потужність i -го підприємства за умови його розвитку за j -м варіантом;

I_{ij} – інвестиційні витрати, необхідні для реалізації j -го варіанта розвитку на i -му підприємстві;

R – максимально можливий обсяг інвестиційних витрат, які спрямовуватимуться на забезпечення розвитку усіх підприємств;

e – нормативний коефіцієнт економічної ефективності інвестицій (норма дисконту);

c_{ij} – собівартість одиниці продукції, яку буде виготовлено на i -му підприємстві за умови його розвитку за j -м варіантом;

k – номер споживача продукції;

$k = 1, \dots, p$;

p – кількість споживачів продукції;

b_k – попит на продукцію з боку k -го споживача;

d_{ik} – транспортні витрати на перевезення одиниці продукції за маршрутом $i \rightarrow k$;

невідомими виступають: x_{ij} – логічна змінна, яка відбиває факт вибору для реалізації j -го варіанта розвитку i -го підприємства:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i - \text{те підприємство буде розвиватись} \\ & \text{за } j - \text{м варіантом,} \\ 0, & \text{у супротивному випадку} \end{cases}$$

u_{ij} – обсяг виробництва продукції на i -му підприємстві згідно з j -м варіантом розвитку;

z_{ik} – обсяг перевезень продукції за маршрутом $i \rightarrow k$;

v – загальні зведені витрати на інвестування, виробництво та перевезення продукції.

Пошук розв'язку задачі з оптимізації передбачає такий порядок дій:

1. Увести вхідні дані (див. рис. 22) в робочий аркуш та організувати таблиці, які містять формули залежностей між даними для оптимізації (рис. 23).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Початкові дані										
2											
3	Основні техніко-економічні показники потенційних варіантів розвитку підприємства										
4		показник	підприємство 1			підприємство 2		підприємство 3			
5			варіант 1	варіант 2	варіант 3	варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2		
6		виробнича потужність, тис. од. продукції на рік	100	130	150	200	230	100	150		
7		необхідні інвестиційні витрати, млн грн	1	12	20	3	15	75	90		
8		вартість виробництва одиниці продукції, грн	200	200	190	180	170	170	160		
9											
10		максимальний обсяг інвестицій, млн. грн.						95			
11		нормативний коефіцієнт екон.ефектив.інвест						0,2			
12											
13		прогнозовані значення перспективного попиту на продукцію, тис. од. пр./рік						400			
14								споживач 1	споживач 2	споживач 3	
15								160	130	110	
16											
17											
18		Транспортні тарифи (гривень за одиницю продукції)									
19											
20			споживач 1	споживач 2	споживач 3						
21		підприємство 1	5	15	25						
22		підприємство 2	10	10	5						
23		підприємство 3	5	20	15						
24											

Рисунок 22 – Організація початкових даних

Для комірок, у які під час розв'язання підбиратимуться значення, можна додати примітку за допомогою команди **Вставка/Примечание**.

2. Вибрати команду **Сервис/Поиск решения**, після чого відкриється діалогове вікно **Поиск решения** (рис. 24).

Розрахункові дані										
	підприємство 1			підприємство 2			підприємство 3			
	варіант 1	варіант 2	варіант 3	варіант 1	варіант 2	варіант 3	варіант 1	варіант 2	варіант 3	
27	підприємство 1									
28	варіант 1			варіант 2			варіант 3			
29	Вибір варіанту розвитку									
30	Кількість обраних варіантів									
31	Виробнина поужиття за обраним варіантом									
32	Кількість виготовленої продукції по варіантам									
33	Кількість виготовленої продукції по підприємствам									
34	Вартість виготовленої продукції									
35	Інвестиційні витрати									
36										
37										
38	Кількість перевезеної продукції									
39	споживач 1			споживач 2			споживач 3			
40	підприємство 1									
41	підприємство 2									
42	підприємство 3									
43	Завезено споживачам									
44										
45	Загальна вартість виготовленої продукції, тис. грн									
46	Загальні інвестиційні витрати, млн. грн									
47	Загальна вартість перевезень, тис. грн									
48	Загальні зведені витрати, тис. грн									

Рисунок 23 – Організація таблиць для пошуку рішення

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: максимальному значению значению: 0

минимальному значению

Изменить ячейки:

Ограничения:

-
-
-
-
-
-

Рисунок 24 – Вікно пошуку розв'язку

3. У полі **Установить целевую ячейку:** ввести адресу тієї комірки, значення якої використовується як критерій оптимізації. Ця комірка має містити формулу, що відображає зв'язок із комірками змінних величин (цільову функцію).

4. За допомогою перемикача **Равной:** визначити тип критерію оптимізації: забезпечення мінімального, максимального або певного значення. В останньому випадку слід увести це значення у відповідне поле.

5. У поле **Изменяя ячейки**: ввести адреси блока комірок, у яких програма має змінювати значення змінних для одержання оптимального результату, і помістити в них розв'язок – оптимальні значення змінних. Для цього слід активізувати це поле та виділити на робочому аркуші відповідні комірки. Під час натискування кнопки **Предположить Excel** указує діапазон комірок, на які є посилання в цільовій комірці.

6. Для введення обмежень натиснути кнопку **Добавить** і в діалоговому вікні **Добавление ограничения** ввести адресу комірки (або діапазону комірок), вміст якої (яких) має задовольняти обмеження, величину та тип обмеження (=, < чи >). Далі натиснути кнопку **Добавить** для продовження введення обмежень або **OK** для завершення.

7. Для виконання розрахунку натиснути кнопку **Выполнить** діалогового вікна **Поиск решения**. Після завершення розрахунку одержані значення будуть вставлені в таблицю, і відкриється вікно з повідомленням про завершення пошуку розв'язку (рис. 25). Для оновлення таблиці слід встановити в цьому вікні перемикач **Сохранить найденное решение**. Для створення звіту з результатами розрахунку належить вибрати тип звіту у відповідному полі.

8. Для зазначення параметрів пошуку розв'язку є відповідна кнопка у вікні **Поиск решения**.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
25	Розрахункові дані										
26											
27		підприємство 1			підприємство 2			підприємство 3			
28		варіант 1	варіант 2	варіант 3	варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2			
29	Вибір варіанту розвитку	1	0	0	0	0	1	0			
30	Кількість обранки варіантів		1			1		1			
31	Виробнича потужність за обранням варіантом	100	0	0	0	230	100	0			
32	Кількість виготовленої продукції по варіантам	70	0	0	0	230	100	0			
33	продукції по підприємствам		70			230		100			
34	Вартість виготовленої продукції	14000	0	0	0	39100	17000	0			
35	Інвестиційні витрати	1	0	0	0	15	75	0			
36											
37											
38	Кількість перевезеної продукції										
39		споживач 1	споживач 2	споживач 3	Вивезено з підприємства		споживач 1	споживач 2	споживач 3		
40	підприємство 1	60	10	0	70		підприємство 1	300	150	0	
41	підприємство 2	0	120	110	230		підприємство 2	0	1200	550	
42	підприємство 3	100	0	0	100		підприємство 3	500	0	0	
43	Завезено споживачам	160	130	110							
44											
45	Загальна вартість виготовленої продукції, тис. грн	70100									
46	Загальні інвестиційні витрати, млн. грн	91									
47	Загальна вартість перевезеної, тис. грн	2700									
48	Загальні зведені витрати, тис. грн	91000									
49											

Результати поиска решения

Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены.

Сохранить найденное решение

Восстановить исходные значения

Тип отчета: Результаты оптимальности

Пределы:

OK Отмена Сохранить сценарий... Справка

Рисунок 25 – Повідомлення про результат розв'язання задачі