

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**



**РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та контрольні завдання
до вивчення дисципліни «Моделювання економіки»
для студентів напрямку навчання
6.030502 – економічна кібернетика**

Дніпропетровськ НМетАУ 2013

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та контрольні завдання
до вивчення дисципліни «Моделювання економіки»
для студентів напряму навчання
6.030502 – економічна кібернетика**

Затверджено
на засіданні кафедри
економічної інформатики
Протокол № _____ від
_____ р.

Дніпропетровськ НМетАУ 2013

УДК 338.001.57

Робоча програма, методичні вказівки та контрольні завдання до вивчення дисципліни «Моделювання економіки» для студентів напряму навчання 6.030502 – економічна кібернетика / Укл. к.е.н., доц. Л.М. Бандоріна — Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. — 54 с.

Наведено методичні матеріали з формування базових знань про підходи та інструментарії, що дають можливість розробляти адекватні математичні моделі у сфері економіки та підприємництва.

Призначена для студентів напряму навчання 6.030502 – економічна кібернетика заочної форми навчання.

Укладач Л.М. Бандоріна, канд. екон. наук., доцент

Відповідальна за випуск Л.М. Савчук, канд. екон. наук, проф.

Рецензент К.Ф.Ковальчук, д-р екон. наук, проф. (НМетАУ)

Підписано до друку _____ 2013. Формат 60x84 1/16. Папір друк. Друк плоский.

Облік.-вид. арк. 2,82. Умов. друк. арк. 2,79. Тираж 100 пр. Замовлення №

Національна металургійна академія України
49600, Дніпропетровськ-5, пр. Гагаріна, 4

Вступ

Економіка, як наука про об'єктивні причини розвитку суспільства, активно користується різноманітними числовими характеристиками, і тому увібрала в себе велику кількість математичних методів. Сьогодні в економічній науці на перший план виступає математична модель як інструмент дослідження й прогнозу економічних явищ. Математичну модель можна визначити як внутрішньо несуперечливу замкнуту систему математичних співвідношень (об'єкт кінцевої складності), призначену для відтворення певної якості (або групи певних якостей) досліджуваного реального явища або процесу. Математичні моделі являють собою основу комп'ютерного моделювання й обробки інформації. Вони розвивають наші уявлення про закономірності економічних процесів і сприяють формуванню способу мислення й аналізу на новому, більше високому рівні.

Останнім часом для позначення специфічності класу математичних моделей, застосовуваних в економіці, вживають термін «економіко-математичне моделювання». Це виправдано тим, що економічна теорія вже давно використовує елементи математики у своїх висновках. Більше того, необхідність вирішення актуальних економічних проблем нерідко ініціює й розвиток математичного апарата. Наприклад, поява класу продуктивних матриць у лінійній алгебрі обумовлено дослідженням моделей міжгалузевого балансу; математичне програмування у своїй основі має суцільно економічний аспект оптимального планування розподілу обмежених ресурсів.

Варто особливо підкреслити, що використання математичних методів і моделей актуально як на рівні діяльності фірми в умовах ринку, так й у макроекономіці — на рівні планування й аналізу аспектів економічної діяльності регіону й країни.

В умовах глобалізації світової економіки й становлення інформаційного суспільства математичні моделі стають потужним інструментом прогнозів еволюції цивілізації на нашій планеті, що дозволяє визначати оптимальні магістралі розвитку економіки насамперед у плані забезпечення життєдіяльності людини.

Активне використання математичного апарата в економіці ґрунтується на оволодінні необхідною базою математичних знань. Математичні теореми й докази являють собою строгі логічні міркування, що не допускають

множинного трактування. Математичний апарат також вміщує чинність логічних побудов й умовиводів, що надає можливість удосконалювати методику досліджень складних процесів, які мають місце в економіці, суспільстві й навколишньому світі.

Для успішного опанування основ економіко-математичного моделювання необхідні також знання з політекономії, макро- і мікроекономіки, фінансів, теорії ймовірностей і математичної статистики, економічної інформатики тощо.

Вивчення математичних методів й інструментарію економічних досліджень дозволить майбутньому фахівцю-кібернетику сформувати необхідні компоненти мислення, рівень, кругозір і культуру, які знадобляться йому як у теоретичному плані, так й у плані орієнтації в його професійній і практичній діяльності.

РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ «МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІКИ»

1.1 Мета вивчення дисципліни

Навчальна дисципліна «Моделювання економіки» є нормативною і входить до циклу дисциплін професійно-практичної підготовки.

Мета вивчення дисципліни — формування системного мислення та навичок побудови і ефективного використання економіко-математичних моделей, що описують механізм функціонування економічної системи.

1.2 Завдання вивчення дисципліни

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

знати:

- концептуальні засади математичного моделювання економіки;
- можливості моделювання і прогнозування розвитку економічних об'єктів і процесів на макро- та мікроекономічному рівнях.

вміти:

- застосовувати методичні підходи та інструментарій для створення економіко-математичних моделей;
- аналізувати і використовувати адекватні математичні моделі у сфері економіки та підприємництва.

Критерій успішності — отримання позитивних оцінок на іспиті.

Засоби діагностики успішності навчання – контрольна робота.

Зв'язок з іншими дисциплінами — дисципліна є основою для вивчення дисциплін «Прогнозування соціально-економічних процесів», «Моделювання системних характеристик в економіці», «Моделювання економічної динаміки», «Адаптивні моделі економіки».

1.3 Розподіл годин за навчальним планом

	с е м е с т р и					
		8				
Усього годин за навчальним планом		180				
у тому числі аудиторні заняття:		24				
з них:		12				
- лекції;						
- лабораторні заняття.		12				
Самостійна робота		156				
Види контролю:						
- виконання контрольної роботи.		1				
Підсумковий контроль (іспит, залік)		іспит				

1.4 Зміст дисципліни

Тема 1. Економіка як об'єкт моделювання.

Деякі аспекти характеристики економіки, її структури як об'єкту моделювання. Нелінійність взаємозв'язків між основними чинниками економічних процесів.

Тема 2. Концептуальні засади математичного моделювання економіки.

Моделювання як метод наукового пізнання. Практичні рекомендації щодо зменшення складності моделі. Поняття «економіко-математичного» моделювання. Етапи моделювання. Класифікація економіко-математичних моделей. Аналіз адекватності моделі.

Тема 3. Алгоритмічні (імітаційні) моделі в економіці та підприємстві.

Основні принципи алгоритмічного (імітаційного) моделювання з урахуванням невизначеності і конфліктності. Концептуальні підходи до моделювання випадкових величин з різними розподілами вірогідності.

Моделювання простої події. Моделювання випадкових величин з рівномірним законом розподілу. Моделювання випадкових величин з нормальним законом розподілу. Моделювання випадкових величин з експоненціальним законом розподілу.

Тема 4. Прикладні математичні моделі фінансово-економічних процесів.

Модель ціноутворення з використанням нелінійної оптимізації. Аналіз стійкості моделі. Квадратичне програмування на прикладі моделі формування інвестиційного портфеля. Лінійна динамічна модель управління фінансами. Цілочислова оптимізація і її використання в моделюванні фінансових процесів. Застосування двійкових змінних у моделях ЦЛП. Модель розподілу бюджету. Формування моделі фіксованих витрат на основі частково-цілочислового ЛП.

Тема 5. Рейтингове оцінювання та управління в економіці. Реінжиніринг бізнес-процесів на підприємствах.

Концепція рейтингового управління. Моделювання системи рейтингового управління. Загальна схема проведення експертизи (експертного оцінювання). Зміст і технологія проведення деяких видів опиту. Методи обробки експертної інформації. Економіко-математичне моделювання реінжинірингу бізнес-процесів на підприємствах.

Тема 6. Модель міжгалузевого балансу.

Принципова схема міжгалузевого балансу. Економіко-математична модель міжгалузевого балансу. Коефіцієнти прямих і повних матеріальних витрат. Способи вирішення задач на основі моделі міжгалузевого балансу.

Тема 7. Моделі прогнозування економічних процесів.

Трендові моделі на основі кривих зростання. Моделі прогнозування тимчасових рядів. Метод ковзного середнього. Модель експоненціального згладжування. Ситуації, що ілюструють різний вибір значення параметра α (реакція на стрибок, реакція на постійні зміни, реакція на сезонні зміни).

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

2.1 Порядок підготовки та захисту контрольної роботи

Навчальним планом з дисципліни «Моделювання економіки» передбачено у восьмому семестрі виконання однієї контрольної роботи студентами заочного факультету. Контрольна робота виконується протягом семестру після установчих занять. Робота подається особисто або надсилається в деканат заочного факультету для реєстрації. Потім робота передається на кафедру економічної інформатики для перевірки викладачем. Робота, що

виконана з грубими помилками й відхиленнями від вимог методичних вказівок, повертається студенту для доопрацювання. Захист контрольної роботи здійснюється під час екзаменаційної сесії. Під час захисту контрольної роботи оцінюються:

- функціональна повнота і працездатність розробленого практичного та індивідуального завдання;
- ефективність і теоретична обґрунтованість використання можливостей відповідного класу моделей;
- ступінь теоретичної підготовки студента ступінь самостійності студента при модифікації моделі за вказівкою викладача;
- повнота і якість оформлення пояснювальної записки.

2.2 Загальні вимоги до пояснювальної записки

Пояснювальну записку до контрольної роботи виконують з використанням текстового редактора WORD (за винятком розділу *«Теоретична частина. Відповіді на контрольні питання до практичних робіт»*, який студентом виконується письмово), на аркушах білого паперу формату А4 з одного боку аркуша. Розмір полів аркуша: верхнє та нижнє — 2 см, ліве — 2,5 см, праве — 1 см.

Сторінки записки нумерують арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації. Номер друкують у верхньому правому куті сторінки без крапки в кінці.

Текст записки вирівнюється *«по ширині»*, абзацний відступ — 1,5 см, міжрядковий інтервал — *«полуторный»*. Тип шрифту — Times New Roman; накреслення — *«обычный»*; розмір — 12; колір — чорний. Помилки, описки та графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням коректором з наступним нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого тексту або графіки чорним кольором.

Власні назви в записці наводять мовою оригіналу. Скорочення слів і словосполучень, які використовуються у записці, повинні відповідати чинним стандартам із бібліотечної та видавничої справи.

Студент зобов'язаний надати електронний варіант виконаної роботи у якості додатка до пояснювальної записки (файли з розширенням doc і xls).

2.3 Структура контрольної роботи та загальні вимоги до її виконання

Структуру пояснювальної записки наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Структура пояснювальної записки

№ розділу	Найменування розділу (структурного елементу пояснювальної записки)	Об'єм, стор.
	Титульний лист	1
	Зміст	1
	Вступ	1
1	Практична частина. Результати виконання практичних робіт	7–10
2	Індивідуальна частина. Результати виконання індивідуальних завдань	5–7
3	Теоретична частина. Відповіді на контрольні питання до практичних робіт	3–5
	Висновки	1
	Перелік посилань	1

Титульний аркуш оформлюється за загальними правилами.

У **змісті** вступ, висновки та перелік посилань не нумеруються.

У **вступі** стисло описується актуальність вивчення курсу та методи програмування, що дозволяють добиватися максимальної ефективності при створенні економіко-математичних моделей.

Розділ 1 контрольної роботи **«Практична частина. Результати виконання практичних робіт»** виконується на основі вивчення конспекту лекцій з дисципліни, прикладів виконання практичних робіт, наданих в них інструкцій і рекомендованих літературних джерел.

Цей розділ містить:

- 1) **вікна**, що демонструють **самостійне виконання** студентом **кожної практичної роботи** (таблична версія моделі, формули моделі, вікно «Пошук рішення» і три типи звітів — результати, стійкість, межі — для моделей, де можливо їх отримати);
- 2) **інструкції**, в яких надається опис дій розробника даної моделі (для кожної практичної роботи);

3) **аналіз** отриманих результатів у вигляді висновку по роботі (для кожної практичної роботи).

Завдання до практичних робіт з моделювання економіки представлені у додатку А.

Розділ 2 контрольної роботи «**Індивідуальна частина. Результати виконання індивідуальних завдань**» містить матеріали реферату за відповідною тематикою і рішення двох задач.

Варіанти індивідуальних завдань представлені в додатку Б.

Варіант індивідуальних завдань визначається студентом за останньою цифрою номера залікової книжки.

Розділ 3 контрольної роботи «**Теоретична частина. Відповіді на контрольні питання до практичних робіт**» містить відповіді на поставлені питання та демонстрацію виконання додаткових завдань у письмовій формі на аркушах білого паперу формату А4 (з одного боку аркуша).

Контрольні питання представлені в додатку В.

Орієнтовний перелік питань для підсумкового контролю знань наведено в додатку Г.

Висновок і перелік посилань оформлюються за загальними правилами.

Обсяг пояснювальної записки складає 25–27 сторінок.

Пояснювальна записка подається на кафедру для попередньої перевірки не пізніше, як за 10 днів до захисту контрольної роботи.

Рекомендована навчально-методична література

1. Вітлінський В.В. Великоіваненко Г.І. Моделювання економіки: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. — К.: КНЕУ, 2005. — 306 с.

2. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб.пособие / Под ред. А.А.Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 368 с.

3. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике: Учебник — М.: МГУ им. М.В.Ломоносова. — ДИС, 1997. — 368 с.

4. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математические методы и модели для магистрантов экономики: Учебное пособие. — СПб.: Питер, 2006. — 496 с.

5. Моделирование экономических процессов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления / Под ред. М.В. Грачевой, Л.Н. Фадеевой, Ю.Н. Черемных. — М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2005. — 351 с.

Додаток А

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

НЕЛІНІЙНІ МОДЕЛІ

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ НА РЕКЛАМУ

Середні щоденні витрати ресторану на рекламу становлять \$100, причому всі кошти йдуть на рекламні оголошення в газеті й по радію. Позначимо через x_1 середню суму в день, витрачену на рекламні оголошення в газеті, а x_2 — середню суму в день, витрачену на рекламу по телебаченню. Тоді сумарні річні витрати ресторану на утримання відділу реклами, включаючи щоденні видатки на рекламні оголошення, оцінюються наступною нелінійною функцією:

$$\text{Витрати} = C(x_1, x_2) = 20000 - 440x_1 - 300x_2 + 20x_1^2 + 12x_2^2 + x_1x_2.$$

Необхідно знайти розподіл бюджету ресторану, що дозволить мінімізувати ці сумарні щорічні витрати, зберігши щоденні витрати на рекламу на рівні \$100.

Математична модель має вигляд:

$$F = 20000 - 440x_1 - 300x_2 + 20x_1^2 + 12x_2^2 + x_1x_2 \rightarrow \min$$

Обмеження моделі:

$$x_1 + x_2 = 100;$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

Таблична версія даної моделі, пошук рішення, результати оптимізації й звіт по стійкості представлені на рис. А.1–А.4.

Н4		fx		=B4+СУММПРОИЗВ(C3:G3;C4:G4)				
	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Расходы на рекламу						
2			Газеты	Телевидение	(Газеты)^2	(Телевидение)^2	(Газеты)*(Телевидение)	
3		Решения:	0	0	=C3^2	=D3^2	=C3*D3	Расходы в год
4		20000	-440	-300	20	12	1	=B4+СУММПРОИЗВ(C3:G3;C4:G4)
5					Итого в день	Бюджет		
6		Расходы:	=C3	=D3	=СУММ(C6:D6)	=100		
7								

Рисунок А.1 — Модель задачі оптимізації витрат на рекламу

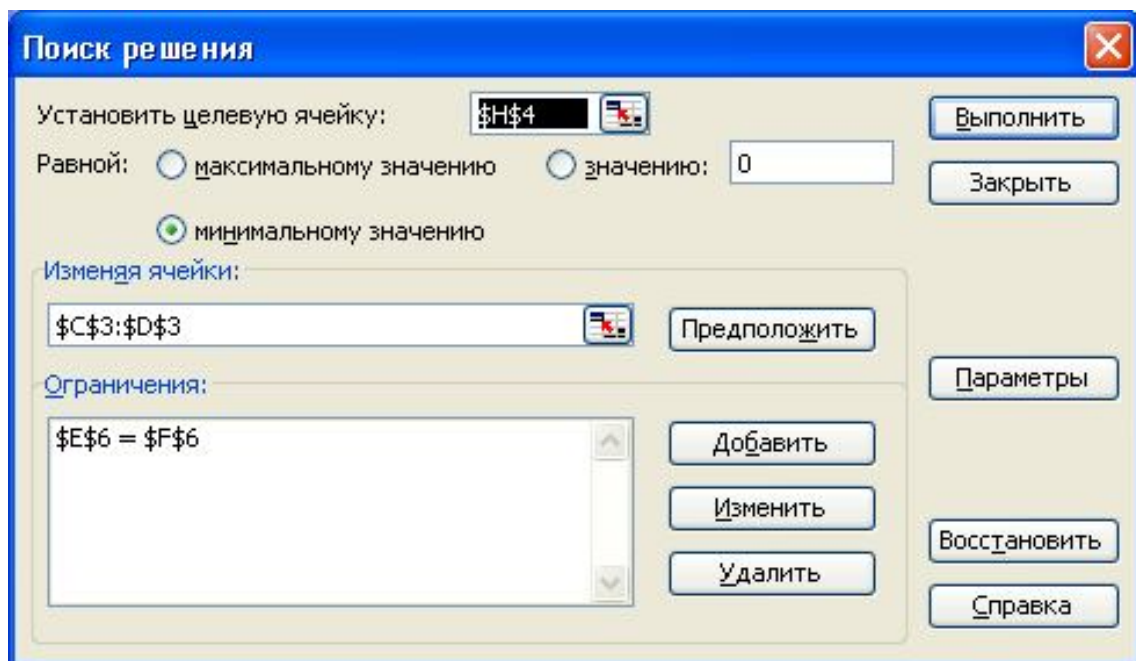


Рисунок А.2 — Діалогове вікно «Пошук рішення»

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Расходы на рекламу						
2			Газеты	Телевидение	(Газеты)^2	(Телевиден	(Газеты)*(Телевидение)	
3	Решения:		39,35	60,65	1548,80	3677,84	2386,68	Расходы в год
4	20000		-440	-300	20	12	1	61987,09797
5					Итого в день Бюджет			
6	Расходы:		39,35	60,65	100,00	100		
7								

Рисунок А.3 — Результати оптимізації

I10	fx					
A	B	C	D	E	F	
1	Microsoft Excel 11.0 Отчет по устойчивости					
2	Рабочий лист: [МОДЕЛИРОВАНИЕ2_прим.xls]Расходы на рекламу					
3	Отчет создан: 27.08.2008 12:36:04					
4						
5						
6	Изменяемые ячейки					
7			Результ.	Нормир.		
8	Ячейка	Имя	значение	градиент		
9	\$C\$3	Решения: Газеты	39,35483908	0		
10	\$D\$3	Решения: Телевидение	60,64516192	0		
11						
12	Ограничения					
13			Результ.	Лагранжа		
14	Ячейка	Имя	значение	Множитель		
15	\$E\$6	Расходы: Итого в день	100,000001	1194,839478		
16						

Рисунок А.4 — Звіт по стійкості

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

НЕЛІНІЙНІ МОДЕЛІ. ВИКОРИСТАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

Щомісячний попит на мережний кабель (МК) за попередній рік представлено у таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Щомісячний попит на МК

Місяць	Попит, шт
Січень	5 300
Лютий	5 100
Березень	4 800
Квітень	4 700
Травень	5 000
Червень	5 200
Липень	5 300
Серпень	4 900
Вересень	4 800
Жовтень	5 000
Листопад	4 800
Грудень	5100

Сукупний річний попит (приблизно 60000 шт.

Середній щомісячний попит (приблизно 5000 шт.

Модель визначення оптимального розміру замовлення (ОРЗ)

У моделі будуть використані наступні позначення.

1. Витрати розміщення замовлення C_p .

Компанія оцінює вартість розміщення одного замовлення на МК (поза залежністю від кількості замовлених одиниць) в \$25. У цю вартість входить \$20, направлених на оплату праці канцелярських працівників і агентів по закупівлі, і \$5 на матеріальні витрати й оплату послуг зв'язку.

2. Витрати зберігання запасу C_x .

По оцінці компанії, вартість зберігання одного МК протягом року становить **24%** його відпускну ціни. Оскільки кожний МК коштує \$8, витрати зберігання в запасі однієї штуки протягом року становлять $C_x = 0,24 \cdot 8,00 = \$1,92$.

Таблична версія моделі управління запасами компанії представлена на рис. А.5–А.7:

	А	В	С	С
1	МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ.			
2	Определение объема заказа			
3	Стоимость хранения		0,24	
4	Стоимость размещения заказа		25	
5	Годовой спрос		60000	
6				
7			<u>Удельные затраты</u>	
8	Закупочная цена		8	
9	Издержки хранения		=C3*C8	
10				
11			<u>Объем заказа</u>	
12			0	
13				
14			<u>Годовые затраты</u>	
15	Стоимость размещения заказа		=C4*C5/C12	
16	Издержки хранения		=C9*C12/2	
17	Стоимость закупки		=C8*C5	
18	Всего:		=СУММ(C15:C17)	

Рисунок А.5 — Модель управління запасами компанії

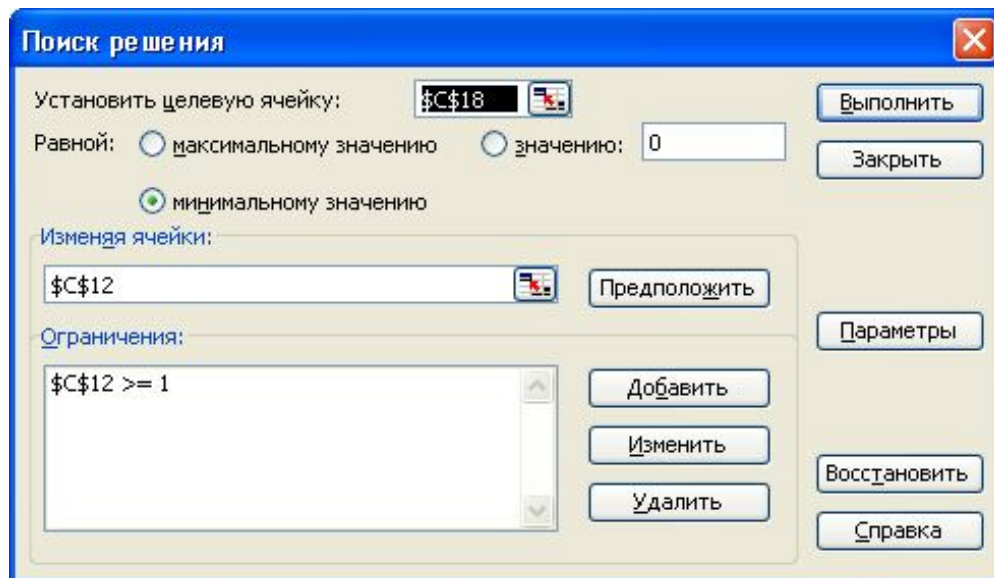


Рисунок А.6 — Пошук рішення

Використання засобу ПОШУК РІШЕННЯ дозволить отримати наступний результат:

	A	B	C	D
1	МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ. Определение объема заказа			
2				
3	Стоимость хранения		24%	
4	Стоимость размещения заказа		\$ 25,00	
5	Годовой спрос		60000	
6				
7			<u>Удельные затраты</u>	
8	Закупочная цена		\$ 8,00	
9	Издержки хранения		\$ 1,92	
10				
11			<u>Объем заказа</u>	
12			1249,999999	
13				
14			<u>Годовые затраты</u>	
15	Стоимость размещения заказа		\$ 1200,00	
16	Издержки хранения		\$ 1200,00	
17	Стоимость закупки		\$ 480000,00	
18	Всего:		\$ 482400,00	

Рисунок А.7 — Результат оптимізації

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

ПРИКЛАДНІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

КВАДРАТИЧНЕ ПРОГРАМУВАННЯ.

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ

Формалізація моделі інвестиційного портфеля для двох видів цінних паперів.

Інвестор має P доларів, які може вкласти в 2 види цінних паперів; і він хоче визначити, скільки коштів вкладати в кожний вид паперів. Інвестор прагне, щоб портфель був з високим очікуваним доходом і низьким ризиком. Ці цілі суперечливі, оскільки найчастіше портфелі з високим очікуваним доходом мають також і високий ризик.

Оскільки завдання полягає в забезпеченні низького ризику й високого доходу, можна сформулювати модель таким чином, щоб мінімізувати величину дисперсії доходу (тобто мінімізувати ризик) при заданій нижній границі для очікуваного доходу (рис. А.8).

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Модель портфеля инвестиций	Ценные бумаги 1	Ценные бумаги 2	Всего (все средства)	
3		Решение: % вложений	0	0	=СУММ(C3:D3)	
4		Ограничения (верхняя граница инвестиций в ценные бумаги S1,S2)	0,75	0,9	1	Нижняя граница ожидаемого дохода инвестиционного портфеля (b)
5		Ожидаемый годовой доход портфеля (доход от ценных бумаг R1,R2)	0,06	0,02	=СУММПРОИЗВ(\$C\$3:\$D\$3;C5:D5)	0,03
6		Показатели риска	Ценные бумаги 1	Ценные бумаги 2	Ковариация годового дохода от ценных бумаг	
7		Дисперсия годового дохода от ценных бумаг σ_i^2	0,09	0,06	0,02	ИТОГО
8		Дисперсия\Ковариация портфеля	=C7*C3^2	=D7*D3^2	=2*E7*C3*D3	=СУММ(C8:E8)

Рисунок А.8 — Модель портфеля інвестицій

У формулюванні завдання використовуються наступні позначення:

σ_i^2 — дисперсія річного доходу від цінних паперів i ($i=1,2$),

σ_{12} — коваріація річного доходу від цінних паперів 1 і 2,

R_i — очікуваний річний дохід від цінних паперів i ($i=1,2$),

b — нижня границя очікуваного річного доходу від всіх інвестицій,

S_i — верхня границя інвестицій у цінні папери i ($i=1,2$).

Виходячи з даних визначень цільова функція моделі інвестиційного портфеля може бути записана в такий спосіб:

$$F = \sigma_1^2 x_1^2 + 2\sigma_{12} x_1 x_2 + \sigma_2^2 x_2^2 \rightarrow \min \text{ (дисперсія доходу)}$$

Обмеження моделі:

$$x_1 + x_2 = 1;$$

$$x_1 R_1 + x_2 R_2 \geq b;$$

$$x_1 \leq S_1;$$

$$x_2 \leq S_2;$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

Нехай маємо значення: $\sigma_1^2=0,09$; $\sigma_2^2=0,06$; $R_1=0,06$; $R_2=0,02$; $S_1=0,75$; $S_2=0,9$; $\sigma_{12}=0,02$; $b=0,03$. На рис. А.9–А.10 представлено вирішення задачі формування інвестиційного портфеля за допомогою засобу Пошук рішення.

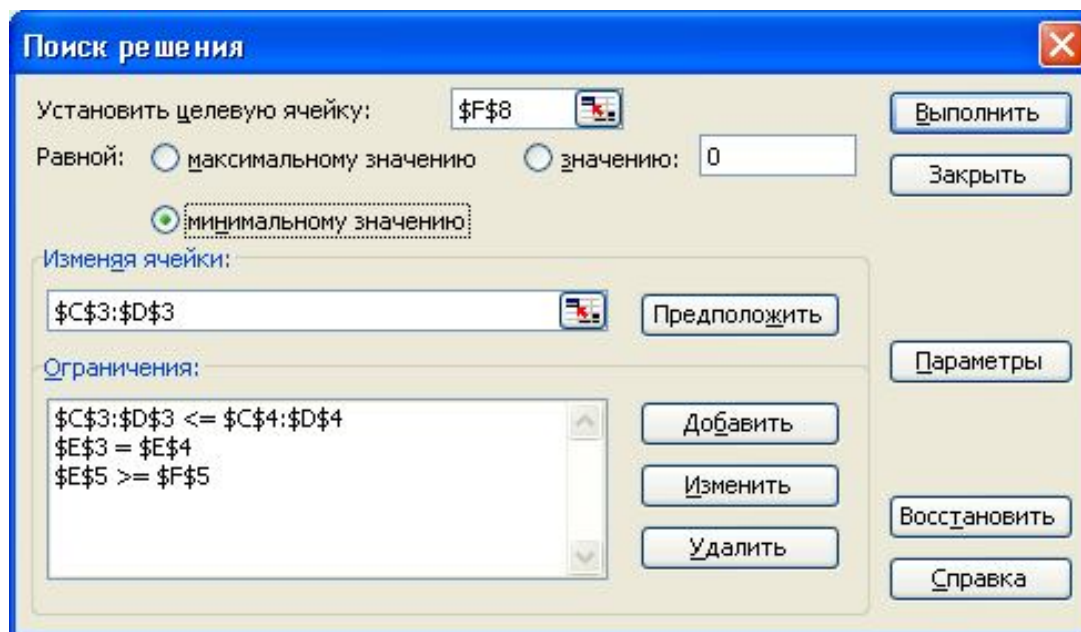


Рисунок А.9 — Діалогове вікно «Пошук рішення»

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Модель портфеля инвестиций	Ценные бумаги 1	Ценные бумаги 2	Всего (все средства)	
3		Решение: % вложений	36%	64%	100%	
4		Ограничения (верхняя граница инвестиций в ценные бумаги S1,S2)	<= 75%	<= 90%	= 100%	Нижняя граница ожидаемого дохода инвестиционного портфеля (b)
5		Ожидаемый годовой доход портфеля (доход от ценных бумаг R1,R2)	6%	2%	0,0345	>= 3%
6		Показатели риска	Ценные бумаги 1	Ценные бумаги 2	Ковариация годового дохода от ценных бумаг σ_{12}	
7		Дисперсия годового дохода от ценных бумаг σ_i^2	0,09	0,06	0,02	ИТОГО
8		Дисперсия\Ковариация портфеля	0,0119	0,0243	0,0093	0,0455

Рисунок А.10 — Рішення задачі формування інвестиційного портфеля

Формалізація моделі інвестиційного портфеля для трьох видів цінних паперів.

Позначимо три види цінних паперів як x , y и z . Нехай X — частка цінних паперів x в інвестиційному портфелі, Y — частка цінних паперів y , Z — частка цінних паперів z в інвестиційному портфелі.

Введемо додаткові позначення: b — нижня границя очікуваного доходу інвестиційного портфеля; S_i — верхня границя долі, яку цінні папери i можуть складати в структурі портфеля.

Формулювання задачі для трьох типів цінних паперів виглядає в такий спосіб: $F = \sigma_x^2 X^2 + \sigma_y^2 Y^2 + \sigma_z^2 Z^2 + 2\sigma_{xy} XY + 2\sigma_{xz} XZ + 2\sigma_{yz} YZ \rightarrow \min$

при обмеженнях:

$$R_x X + R_y Y + R_z Z \geq b,$$

$$X + Y + Z = 1,$$

$$X \leq S_x,$$

$$Y \leq S_y,$$

$$Z \leq S_z,$$

$$X, Y, Z \geq 0.$$

Цільовою функцією є дисперсія доходу портфеля, що, як відзначалося в попередньому прикладі, звичайно вважається мірою ризику портфеля інвестицій.

Як конкретний приклад розглянемо три види цінних паперів, для яких є дані про доходи за минулі 12 років: це акції компанії А, компанії В и компанії С. Показники доходу від акцій надаються в таблиці А.2.

Таблиця А.2 — Статистична інформація про доходи за 12 років

Рік	Компанія А	Компанія В	Компанія С
1	30,0	22,5	14,9
2	10,3	29,0	26,0
3	21,6	21,6	41,9
4	-4,6	-27,2	-7,8
5	-7,1	14,4	16,9
6	5,6	10,7	-3,5
7	3,8	32,1	13,3
8	8,9	30,5	73,2
9	9,0	19,5	2,1
10	8,3	39,0	13,1
11	3,5	-7,2	0,6
12	17,6	71,5	90,8

Таблична модель задачі, рішення, що знайдено за допомогою засобу Пошук рішення, і звіт по стійкості представлені на рис. А.11–А.13.

	A	B	C	D	E	F	G
1			Доход от акций Компании А, %	Доход от акций Компании В, %	Доход от акций Компании С, %	Год	
2			0,3	0,225	0,149	1	
3			0,103	0,29	0,26	2	
4			0,216	0,216	0,419	3	
5			-0,046	-0,272	-0,078	4	
6			-0,071	0,144	0,169	5	
7			0,056	0,107	-0,035	6	
8			0,038	0,321	0,133	7	
9			0,089	0,305	0,732	8	
10			0,09	0,195	0,021	9	
11			0,083	0,39	0,131	10	
12			0,035	-0,072	0,006	11	
13			0,176	0,715	0,908	12	
14		Средний доход, %	=СРЗНАЧ(C2:C13)	=СРЗНАЧ(D2:D13)	=СРЗНАЧ(E2:E13)		
15		Матрица ковариаций	Доход от акций Компании А, %	Доход от акций Компании В, %	Доход от акций Компании С, %		
16		Доход от акций Компании А, %	=КОВАР(C2:C13;\$C\$2:\$C\$13)	=КОВАР(D2:D13;\$C\$2:\$C\$13)	=КОВАР(E2:E13;\$C\$2:\$C\$13)		
17		Доход от акций Компании В, %	=КОВАР(C2:C13;\$D\$2:\$D\$13)	=КОВАР(D2:D13;\$D\$2:\$D\$13)	=КОВАР(E2:E13;\$D\$2:\$D\$13)		
18		Доход от акций Компании С, %	=КОВАР(C2:C13;\$E\$2:\$E\$13)	=КОВАР(D2:D13;\$E\$2:\$E\$13)	=КОВАР(E2:E13;\$E\$2:\$E\$13)	Всего	Дисперсия портфеля
19		Решения (доля ценных бумаг в инвестиционном портфеле)	0	0	0	=СУММ(C19:E19)	=C16*C19^2+D17*D19^2+E18*E19^2
20		Ограничения (верхняя граница доли ценных бумаг в портфеле)	0,75	0,75	0,75	1	Нижняя граница ожидаемого дохода
21		Ожидаемый доход	=C19*C14	=D19*D14	=E19*E14	=СУММ(C21:E21)	0,15

Рисунок А.11 — Модель портфеля инвестиций для 3 видов ценных бумаг

Поиск решения

Установить целевую ячейку: 

Равной: ☐ максимальному значению ☐ значению: ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки: 

Ограничения:

Рисунок А.12 — Поиск решения

	A	B	C	D	E	F	G
1			Доход от акций Компании А, %	Доход от акций Компании В, %	Доход от акций Компании С, %	Год	
2			30,00%	22,50%	14,90%	1	
3			10,30%	29,00%	26,00%	2	
4			21,60%	21,60%	41,90%	3	
5			-4,60%	-27,20%	-7,80%	4	
6			-7,10%	14,40%	16,90%	5	
7			5,60%	10,70%	-3,50%	6	
8			3,80%	32,10%	13,30%	7	
9			8,90%	30,50%	73,20%	8	
10			9,00%	19,50%	2,10%	9	
11			8,30%	39,00%	13,10%	10	
12			3,50%	-7,20%	0,60%	11	
13			17,60%	71,50%	90,80%	12	
14		Средний доход, %	8,91%	21,37%	23,46%		
15		Матрица ковариаций	Доход от акций Компании А, %	Доход от акций Компании В, %	Доход от акций Компании С, %		
16		Доход от акций Компании А, %	0,0099	0,0114	0,0120		
17		Доход от акций Компании В, %	0,0114	0,0535	0,0508		
18		Доход от акций Компании С, %	0,0120	0,0508	0,0864	Всего	Дисперсия портфеля
19		Решения (доля ценных бумаг в инвестиционном портфеле)	53,01%	35,64%	11,35%	100%	0,0205
20		Ограничения (верхняя граница доли ценных бумаг в портфеле)	75%	75%	75%	100%	Нижняя граница ожидаемого дохода
21		Ожидаемый доход	4,72%	7,62%	2,66%	15,00%	15%

Рисунок А.13 — Результати оптимізації моделі

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

ПРИКЛАДНІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

ДВІЙКОВЕ ЦІЛОЧИСЛОВЕ ЛІНІЙНЕ ПРОГРАМУВАННЯ. МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ БЮДЖЕТУ

Раді директорів компанії А надійшла інформація, представлена в таблиці 1, на підставі якої рада має вибрати кілька варіантів капіталовкладень із запропонованих. Якщо приймається рішення про розширення заводу в Кривому Розі, то текуча вартість чистого прибутку складе \$400 000. Цей проект вимагає виділення коштів у розмірі \$100 000 у перший рік, \$50 000 у другий рік і т.д.

Рада директорів раніше ухвалила рішення щодо виділення до \$500 000 на всі капіталовкладення в році 1, до \$450 000 у році 2 і т.д. (табл. А.3).

Таблиця А.3 — Варіанти капіталовкладень компанії А

Варіант	Чистий прибуток, тис. дол.	Вкладення по роках, тис. дол.				
		1	2	3	4	5
Розширення заводу в Кривому Розі	400	100	50	200	100	0
Розширення потужностей по виробництву малих генераторів у Дніпропетровську	700	300	200	100	100	100
Відкриття нового заводу в Харкові	800	100	200	270	200	100
Розширення потужностей по виробництву більших генераторів у Дніпропетровську	1000	200	100	400	200	200
Наявні кошти	Наявні кошти	500	450	700	400	300

Необхідно розробити модель ЦПП для розподілу бюджету компанії А.

Дану ситуацію можна представити за допомогою *двійкової моделі ЦПП*, у якій всі змінні двійкові (рис. А.14).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Модель распределения бюджета, тыс. долл							
2		Варианты вложений	Расширение завода в Кривом Розе	Расширение выпуска малых генераторов в Днепропетровск	Открытие нового завода в Харькове	Расширение выпуска больших генераторов в Днепропетровск			
3		Обозначения	X1	X2	X3	X4			
4		Решения	0	0	0	0	Суммарная прибыль		
5		Чистая прибыль	400	700	800	1000	=СУММПРОИЗВ(\$C\$4:\$F\$4;C5:F5)		
6		Ограничения по средствам				Необходимо:	Имеется: Резерв:		
7		Необходимо в году 1	100	300	100	200	=СУММПРОИЗВ(\$C\$4:\$F\$4;C7:F7)	500	=H7-G7
8		Необходимо в году 2	50	200	200	100	=СУММПРОИЗВ(\$C\$4:\$F\$4;C8:F8)	450	=H8-G8
9		Необходимо в году 3	200	100	270	400	=СУММПРОИЗВ(\$C\$4:\$F\$4;C9:F9)	700	=H9-G9
10		Необходимо в году 4	100	100	200	200	=СУММПРОИЗВ(\$C\$4:\$F\$4;C10:F10)	400	=H10-G10
11		Необходимо в году 5		100	100	200	=СУММПРОИЗВ(\$C\$4:\$F\$4;C11:F11)	300	=H11-G11

Рисунок А.14 — Двійкова модель ЦПП розподілу бюджету

Нехай змінна $x_i=1$, якщо проект i приймається, і $x_i=0$ у протилежному випадку. Тоді модель прийме наступний вид:

$$F = 400x_1 + 700x_2 + 800x_3 + 1000x_4 \rightarrow \max,$$

при обмеженнях:

$$100x_1 + 300x_2 + 100x_3 + 200x_4 \leq 500,$$

$$50x_1 + 200x_2 + 200x_3 + 100x_4 \leq 450,$$

$$200x_1 + 100x_2 + 270x_3 + 400x_4 \leq 700,$$

$$100x_1 + 100x_2 + 200x_3 + 200x_4 \leq 400,$$

$$100x_2 + 100x_3 + 200x_4 \leq 300,$$

$$x_i = 0 \quad \text{або} \quad 1, \quad i = 1, \dots, 4.$$

На рис. А.15–А.16 представлено обмеження і результати оптимізації рішення задачі.

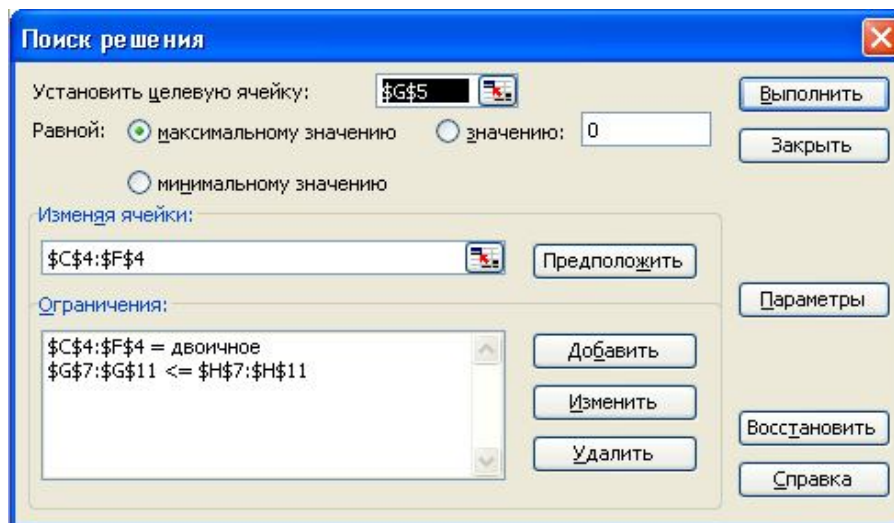


Рисунок А.15 — Пошук рішення

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Модель распределения бюджета, тыс. долл							
2		Варианты вложений	Расширение завода в Кривой Рог	Расширение выпуска малых генераторов в Днепропетровске	Открытие нового завода в Харькове	Расширение выпуска больших генераторов в Днепропетровске			
3		Обозначения	X1	X2	X3	X4			
4		Решения	1	1	1	0	Суммарная прибыль		
5		Чистая прибыль	400	700	800	1000	1900		
6		Ограничения по средствам					Необходимо:	Имеется:	Резерв:
7		Необходимо в году 1	100	300	100	200	500	500	0
8		Необходимо в году 2	50	200	200	100	450	450	0
9		Необходимо в году 3	200	100	270	400	570	700	130
10		Необходимо в году 4	100	100	200	200	400	400	0
11		Необходимо в году 5		100	100	200	200	300	100

Рисунок А.16 — Результаты оптимізації задачі

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

АЛГОРИТМІЧНІ (ІМІТАЦІЙНІ) МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ Й ПІДПРИЄМНИЦТВІ

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ФІНАНСОВОГО ПЛАНУВАННЯ З ВИПАДКОВИМ ПОПИТОМ

Аналітик працює в компанії, що займається проектуванням і випуском літаків. У даний момент аналітик розглядає фінансові наслідки запуску у виробництво нової моделі літака. Початкові витрати, які включають вартість розробки й проектування, створення й випробування дослідного зразка становлять \$150 млн. (ця й інші наведені суми в робочій книзі (рис. А.17) виражаються в тисячах доларів). Новий літак буде продаватися за ціною \$35 млн. за одиницю. Постійні витрати оцінюються в \$15 млн. у рік, тоді як змінні витрати в рік становлять 75% від доходу.

Табличне подання моделі представлено на рис. А.17.

	A	B	C	D	E	F
1	Начальные данные					
2	Начальные затраты	150000	Переменные затраты	0,75		
			Стоимость капитала (ставка дисконтир)	0,1		
3	Цена продажи	35000	Ставка налога	0,34		
4	Постоянные затраты	15000				
5	Амортизация/год	10000				
6			Спрос/год	10		
8	Год 0		1	2	3	4
9	Спрос		=D\$6	=D\$6	=D\$6	=D\$6
10	Доход		=C9*\$B\$3	=D9*\$B\$3	=E9*\$B\$3	=F9*\$B\$3
11	Постоянные затраты		=B\$4	=B\$4	=B\$4	=B\$4
12	Переменные затраты		=C10*\$D\$2	=D10*\$D\$2	=E10*\$D\$2	=F10*\$D\$2
13	Амортизация		=B\$5	=B\$5	=B\$5	=B\$5
14	Прибыль перед налогом		=C10-CYMM(C11:C13)	=D10-CYMM	=E10-CYMM	=F10-CYMM
15	Налог		=C14*\$D\$4	=D14*\$D\$4	=E14*\$D\$4	=F14*\$D\$4
16	Прибыль после налога		=C14-C15	=D14-D15	=E14-E15	=F14-F15
17	Чистая прибыль	=-B2	=C16+C13	=D16+D13	=E16+E13	=F16+F13
19	Чистая приведенная стоимость (ЧПС)	=ЧПС(D\$3;C17:F17)+B17				

Рисунок А.17 — Робоча книга «Модель фінансового планування»

Генерування випадкового попиту

Припустимо, аналітик вирішив генерувати випадковий попит на 4 роки, щоб побачити, як може змінюватися значення чистої приведеної вартості (у таблиці – ЧПС). Він припустив, що попит може приймати значення **8, 9, 10, 11, 12** з рівними ймовірностями. Це *приклад рівномірного дискретного розподілу*.

Для цього він у своїй робочій книзі в комірки, що містять значення попиту, увів формулу, яка буде повертати цілі значення 8, 9, 10, 11 або 12 з рівними ймовірностями (рис. А.18):

$$=\text{ЦЕЛОЕ}(8+5)*\text{СЛЧИС}()).$$

	A	B	C	D	E	F
1	Начальные данные					
2	Начальные затраты	\$ 150 000	Переменные затраты	75% от дохода		
3	Цена продажи	\$ 35 000	Стоимость капитала (ставка дисконтир)	10% от дохода		
4	Постоянные затрат	\$ 15 000	Ставка налога	34% от дохода		
5	Амортизация/год	\$ 10 000				
6			Спрос/год	10,0 единиц		
8	Год	0	1	2	3	4
9	Спрос		8,0 ед	10,0 ед	11,0 ед	10,0 ед
10	Доход		280 000	350 000	385 000	350 000
11	Постоянные затраты		\$ 15 000	\$ 15 000	\$ 15 000	\$ 15 000
12	Переменные затраты		210 000	262 500	288 750	262 500
13	Амортизация		\$ 10 000	\$ 10 000	\$ 10 000	\$ 10 000
14	Прибыль перед налогом		45 000	62 500	71 250	62 500
15	Налог		15 300	21 250	24 225	21 250
16	Прибыль после налога		29 700	41 250	47 025	41 250
17	Чистая прибыль	-\$ 150 000	39 700	51 250	57 025	51 250
19	Чистая приведенная стоимость (ЧПС)	\$ 6 294,45				

Рисунок А.18 — Генерування випадкового попиту

Результати імітації.

Побудована імітаційна модель покликана допомогти відповісти на два питання щодо розподілу ЧПС:

- 1) чому дорівнює *математичне очікування (очікуване значення)* ЧПС?;
- 2) яка ймовірність того, що ЧПС прийме негативне значення?

Щоб відповісти на ці питання, треба кілька разів виконати імітацію й отримані значення ЧПС зберегти в окремій таблиці, краще на окремому робочому листі, для чого можна використовувати *таблиці даних Excel*.

Побудова таблиць даних.

Виконати наступні дії (припускаємо, що відкрито робочу книгу, лист із моделлю випадкового попиту названий Генерування випадкового попиту)

1. Вставити у робочу книгу новий лист.

2. Двічі клацніть на корінці нового листа й дайте йому нове ім'я, наприклад, «100 ітерацій випадкового попиту».

3. Уведіть початкове значення 1 в комірку A2 і натисніть <Enter>.

4. Поверніться в комірку A2 і виконайте команду

Главная/Редактирование/кнопка  **/Прогрессия.**

5. У діалоговому вікні, що відкрилося, установіть *перемикач* **По столбцах** і введіть значення 100 у поле **Предельное значение**.

6. Клацніть на кнопці ОК.

Excel автоматично заповнить 100 комірок стовпця A починаючи з комірки A2 послідовними значеннями від 1 до 100.

Далі:

1. Увести заголовки стовпців в комірки A1 та B1 (**№ ітерації** й **Значення ЧПС**) відповідно).

2. Зв'язати комірку B2 нового робочого листа з коміркою B19 листа «Генерування випадкового попиту» (формула в комірці B2 ='Генерування випадкового попиту'!B19). Тепер створимо таблицю даних.

3. Виділити діапазон A2: B101.

4. Виконати команду **Данные/ Работа с данными/кнопка**  **/Таблица данных.**

5. У діалоговому вікні **Таблица данных** встановити курсор у поле **Подставляют значения по строкам** і виконати клацання мишею по комірці C1 (по комірці, що знаходиться вище й правіше комірки B1. Див. довідку «Таблица данных»).

6. Клацніть на кнопці ОК.

Excel підставить по черзі всі значення з діапазону A2:A101 в комірку C1 (що не зробить ніякого ефекту), перерахує робочу книгу й збереже отримані значення ЧПС у сусідніх комірках стовпця B, як показано на рис. А.19.

Оскільки значення функції СЛЧИС() змінюються при кожному перерахуванні робочого листа, те й отримані значення ЧПС також будуть надалі змінюватися при будь-яких обчисленнях.

Щоб зафіксувати отримані значення ЧПС (так, щоб вони не змінювалися при перерахуванні робочого листа), треба перетворити формули в стовпці **В** листа «100 ітерацій випадкового попиту» у значення. Для цього варто виконати дії:

1. Виділити діапазон В1:В101.
2. Скопіювати вміст цього діапазону в буфер обміну за допомогою, наприклад, команди **Главная/Копировать**.

B2		fx =Генерирование случайного спроса!B19					
	A	B	C	D	E	F	G
1	№ итерации	Значения ЧПС					
2	1	7600,04					
3	2	4566,80					
4	3	16833,89					
5	4	13410,15					
6	5	24249,37					
7	6	11161,84					
8	7	10321,68					
9	8	5548,95					
10	9	5083,52					
11	10	39873,15					
12	11	30844,41					
13	12	7556,66					
14	13	-4978,66					
15	14	29499,37					
16	15	30844,41					
17	16	25077,69					
18	17	19350,42					
19	18	16711,61					
20	19	25554,97					
21	20	13800,65					
22	21	-5889,81					
23	22	23389,49					
24	23	4566,80					
25	24	24178,37					

Рисунок А.19 — Результати імітації моделі випадкового попиту (Таблиця даних)

3. Виконати команду **Главная/розкрити список Вставить/вибрати Специальная вставка**.

4. У діалоговому вікні **Специальная вставка** встановити *перемикач значення* й клацнути на кнопці ОК.

Статистичний аналіз отриманих значень ЧПС можна провести за допомогою вбудованих засобів Excel. Для підключення цих засобів необхідно

виконати наступні дії: **кнопка Office/ Параметры Excel/ Надстройки/** у діалоговому вікні **Надстройки** виберіть **Пакет анализа/** увімкніть **Пакет анализа**.

В Excel **Пакет анализа** дозволяє одержати численні статистичні характеристики (середнє, стандартне відхилення, мінімальне й максимальне значення й т.д.). Щоб скористатися цими засобами, необхідно зробити наступне.

1. Виконати команду **Данные/Анализ данных/** у списку інструментів аналізу вибрати **Описательная статистика** й клацнути на кнопці **ОК**.

2. Заповнити діалогове вікно, що відкрилося, так, як показано на рис. А.20. Клацнути на кнопці **ОК**.

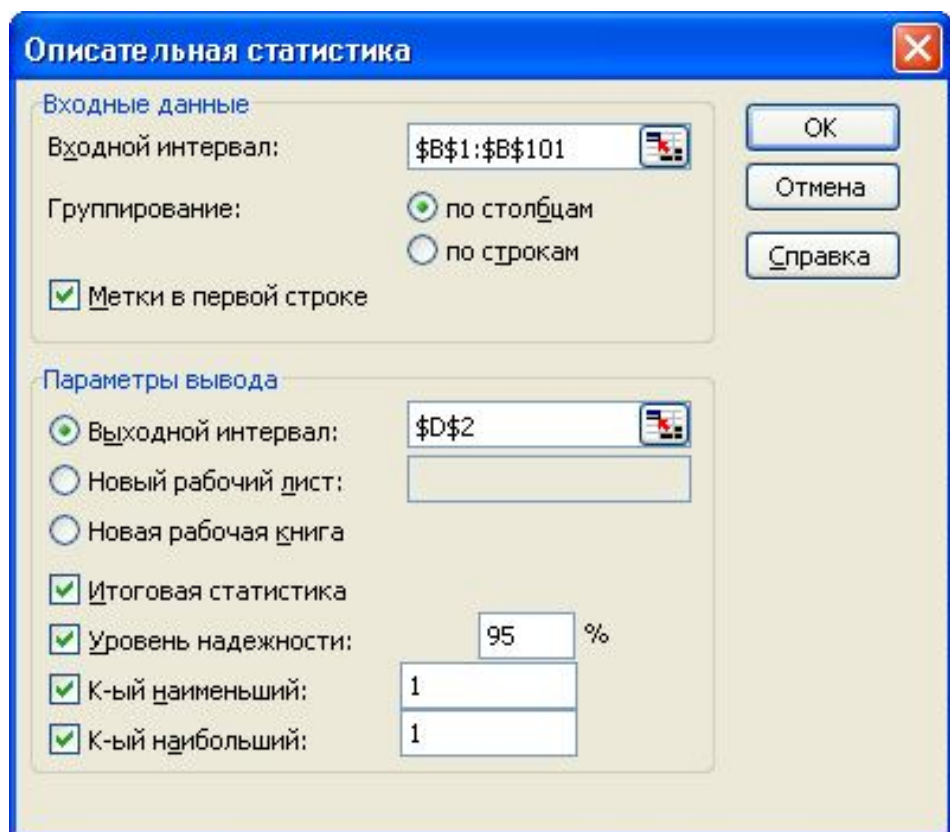


Рисунок А.20 — Вхідні дані та параметри виводу вікна описової статистики

Результати роботи засобу **Аналіз даних** показано на рис. А.21: середнє ЧПС дорівнює \$12 814,74, а стандартна помилка — \$ 1218,78.

Отримані результати також показують, що значення ЧПС можуть змінюватися від \$39 873,14 до (\$15044,77 — це інтервал можливих значень ЧПС.

D23					
	A	B	C	D	E
1	№ итерации	Значения ЧПС			
2	1	7600,044396		Значения ЧПС	
3	2	4566,798716			
4	3	16833,89113	Среднее		12814,74199
5	4	13410,14958	Стандартная ошибка		1218,775518
6	5	24249,36821	Медиана		13563,98129
7	6	11161,84004	Мода		-1988,798579
8	7	10321,68226	Стандартное отклонение		12187,75518
9	8	5548,954989	Дисперсия выборки		148541376,3
10	9	5083,51547	Эксцесс		-0,499803716
11	10	39873,14733	Асимметричность		-0,05459195
12	11	30844,40953	Интервал		54917,91886
13	12	7556,655966	Минимум		-15044,77153
14	13	-4978,65583	Максимум		39873,14733
15	14	29499,36821	Сумма		1281474,199
16	15	30844,40953	Счет		100
17	16	25077,69278	Наибольший(1)		39873,14733
18	17	19350,42005	Наименьший(1)		-15044,77153
19	18	16711,61464	Уровень надежности(95,0%)		2418,31498
20	19	25554,96551			
21	20	13800,64545			
22	21	-5889,812854			
23	22	23389,48842			
24	23	4566,798716			
25	24	24178,36896			
26	25	8550,645448			

100 итераций случайного спроса Зафиксированные значения ЧПС

Рисунок А.21 — Результаты аналізу даних

Розподіл ЧПС

Незважаючи на те, що дані на рис. А.21 досить повно характеризують ЧПС, вони не дозволяють відповісти на деякі істотні питання. Наприклад, яка ймовірність крайніх значень ЧПС (тобто найкращого й найгіршого варіантів)?

Щоб відповісти на подібні питання, необхідно знати *розподіл чистої приведеної вартості (ЧПС)*. Для цього Excel має вбудовані засоби. Щоб одержати гістограму (графічне подання розподілу ймовірностей), функцію розподілу й таблицю частот, треба виконати наступні дії:

1. Виконати команду **Данные/Анализ данных/**
2. У діалоговому вікні **Анализ данных** у списку інструментів аналізу вибрати **Гистограмма** й клацніть на кнопці ОК.
3. Заповнити діалогове вікно **Гистограмма** так, як показано на рис. А.22 і клацнути на кнопці ОК.

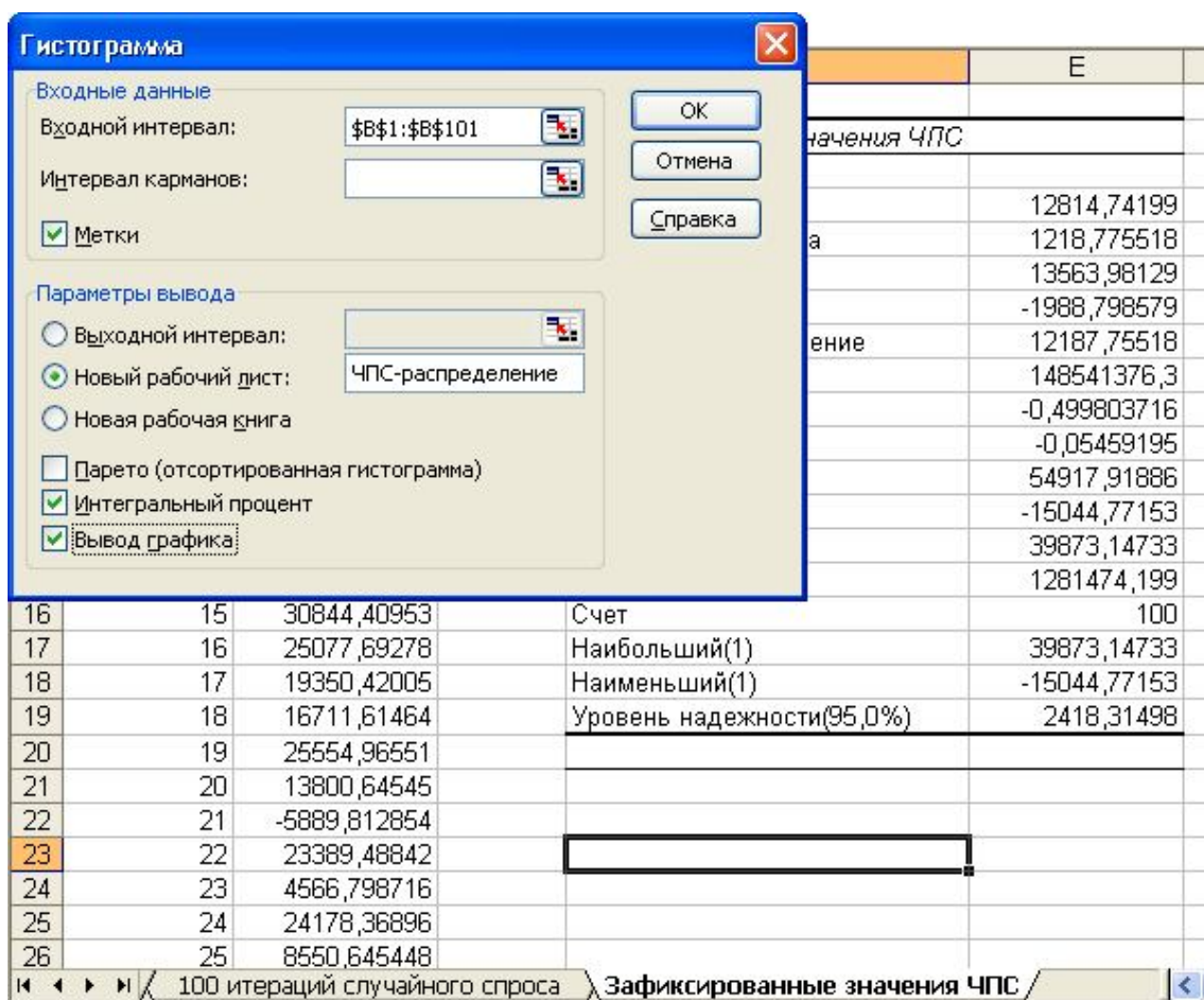


Рисунок А.22 — Вхідні дані та параметри виводу вікна гістограми

У цьому випадку результати представлені на окремому робочому листі (рис. А.23).

Дані в стовпці **В** показують, скільки значень ЧПС (зі ста) потрапили в інтервали, визначені Excel у стовпці **А** (ці інтервали називаються *кишенями*). Наприклад, тільки два значення ЧПС менше або дорівнює $-\$15044,8$. Одне значення лежить у межах від $-\$9552,98$ до $-\$4061,19$. Найбільша кількість значень (19) лежать в інтервалі $\$17905,98$ – $\$23397,77$.

Дані в стовпці **С** показують, що приблизно від 9% до 19% значень ЧПС негативні (див. рис. А.23).

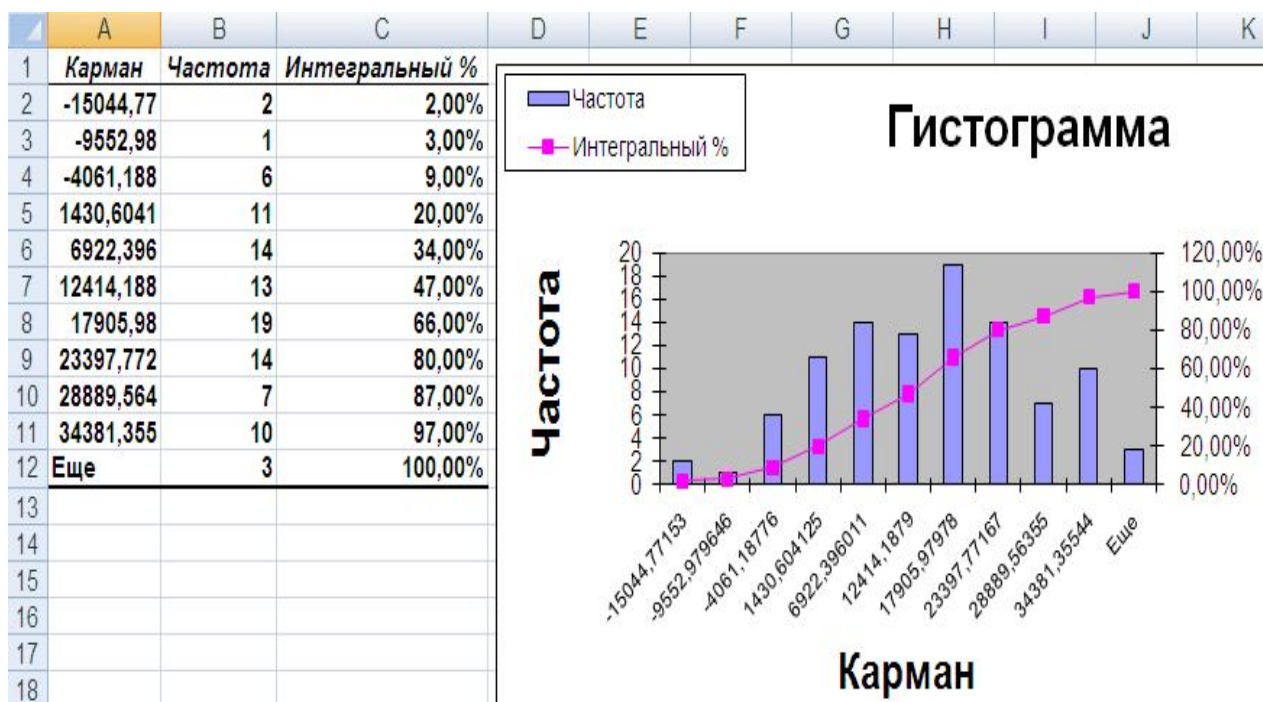


Рисунок А.23 — Гістограма й таблиця частот

Надійність результатів імітаційного моделювання

Аналітикові необхідно було відповісти на два питання щодо розподілу ЧПС:

- 1) яке середнє значення ЧПС (відповідь — \$12 814,7);
- 2) яка ймовірність негативних значень ЧПС (відповідь — не менш 9%).

Тепер прийшов час задати інші питання: яка надійність отриманих відповідей і чи можна її підвищити, збільшивши кількість випробувань (імітацій) моделі?

Інтуїція підказує, що, збільшуючи кількість проведених випробувань імітаційної моделі, ми підвищуємо надійність отриманих результатів. Але як чисельно оцінити цю надійність, якщо ми провели рівно 100 випробувань? З курсу математичної статистики ви повинні знати, що на основі отриманих у результаті випробувань даних можна побудувати **довірчий інтервал** для статистичних характеристик, що цікавлять нас. Наприклад, можна побудувати довірчий інтервал, що з імовірністю 95% містив би істинне значення середнього ЧПС. Довірчий інтервал будується так: **нижня границя цього інтервалу** дорівнює отриманому значенню середнього мінус 1,96 стандартного відхилення, діленого на корінь із числа випробувань; **верхня границя цього інтервалу** дорівнює отриманому значенню середнього плюс 1,96 стандартного відхилення, діленого на корінь із числа випробувань (рис. А.24).

E24		fx =E4-1,96*E8/КОРЕНЬ(100)			
	A	B	C	D	E
1	№ итерации	Значения ЧПС			
2	1	7600,044396		Значения ЧПС	
3	2	4566,798716			
4	3	16833,89113		Среднее	12814,74199
5	4	13410,14958		Стандартная ошибка	1218,775518
6	5	24249,36821		Медиана	13563,98129
7	6	11161,84004		Мода	-1988,798579
8	7	10321,68226		Стандартное отклонение	12187,75518
9	8	5548,954989		Дисперсия выборки	148541376,3
10	9	5083,51547		Эксцесс	-0,499803716
11	10	39873,14733		Асимметричность	-0,05459195
12	11	30844,40953		Интервал	54917,91886
13	12	7556,655966		Минимум	-15044,77153
14	13	-4978,65583		Максимум	39873,14733
15	14	29499,36821		Сумма	1281474,199
16	15	30844,40953		Счет	100
17	16	25077,69278		Наибольший(1)	39873,14733
18	17	19350,42005		Наименьший(1)	-15044,77153
19	18	16711,61464		Уровень надежности(95,0%)	2418,31498
20	19	25554,96551			
21	20	13800,64545			
22	21	-5889,812854			
23	22	23389,48842		95% доверительный интервал	
24	23	4566,798716		Нижняя граница	10425,94
25	24	24178,36896		Верхняя граница	15203,54
26	25	8550,645448			

Зафиксированные значения ЧПС

ЧПС-распределение

Рисунок А.24 — Побудова довірчого інтервалу

Такий довірчий інтервал для середнього (\$10425,94; \$15203,54) побудований на робочому листі, показаному на рис. А.24. Таким чином, крім поточного припущення, що середнє дорівнює \$12 814,7, **можна стверджувати, що з надійністю (імовірністю) 95% істинне (невідоме) значення середнього лежить у межах від \$10425,9 до \$15203,54.**

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕІНЖИНІРИНГУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ДЕЛФІ

Вибір бізнес-процесів для реінжинірингу здійснює група експертів; при цьому виникає далеко не просте завдання узгодження суперечливих оцінок. Кожний експерт одержує таблицю-опитування, у якій перераховані *критичні фактори успіху* (КФУ) підприємства (стовпці) і *бізнес-процеси* (рядки).

Таблицю експерт заповнює самостійно незалежно від інших, тобто проводиться індивідуальне опитування експертної комісії.

Нехай запрошено k експертів, що оцінюють m бізнес-процесів і їхній вплив на n критичних факторів успіху підприємства.

Етапи моделювання.

I. Для кожного експерта будується матриця оцінок Q розмірністю m х n :

$$Q = \|q_{ij}\| = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} \dots & q_{2n} \\ \dots & & \\ q_{m1} & q_{m2} \dots & q_{mn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

II. Після оцінювання впливу бізнес-процесів на КФУ для k експертів буде отримано k матриць Q^l виду, де $l = 1, \dots, k$ — це номер експерта:

$$Q^l = \|q^l_{ij}\| = \begin{pmatrix} q^l_{11} & q^l_{12} \dots & q^l_{1n} \\ q^l_{21} & q^l_{22} \dots & q^l_{2n} \\ \dots & & \\ q^l_{m1} & q^l_{m2} \dots & q^l_{mn} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Тут q^l_{ij} — оцінка, дана l -м експертом i -го бізнес-процесу для j -го критичного фактору успіху.

III. Визначається середні оцінки впливу i -го бізнес-процесу на досяжність j -го КФУ:

$$\bar{q}_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k q^l_{ij} \quad (3)$$

IV. Формується матрицю середніх оцінок:

$$\bar{Q} = \|\bar{q}_{ij}\| = \begin{pmatrix} \bar{q}_{11} & \bar{q}_{12} \dots & \bar{q}_{1n} \\ \bar{q}_{21} & \bar{q}_{22} \dots & \bar{q}_{2n} \\ \dots & & \\ \bar{q}_{m1} & \bar{q}_{m2} \dots & \bar{q}_{mn} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

де $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$...

V. Визначається міра варіативності оцінок, даних експертами (аналог середньоквадратичного відхилення випадкової величини):

$$d_{ij} = \frac{1}{k-1} \sum_{l=1}^k (q^l_{ij} - \bar{q}_{ij})^2. \quad (5)$$

VI. Визначається інтегральна оцінка бізнес-процесу

$$Q_i = \sum_{j=1}^n \bar{q}_{ij}. \quad (6)$$

Якщо **критичним факторам успіху призначені певні ваги** λ_j , то ця оцінка може бути визначена по формулі:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot \bar{q}_{ij} \quad (7)$$

Нехай **критичні фактори успіху** мають ранги в порядку убутання їхньої значимості, то **коефіцієнт значимості j-го фактору** (вага фактору) λ_j варто визначати за правилом Фішберна:

$$\lambda_j = \frac{2(n - R_j + 1)}{(n + 1) \times n} \quad (8)$$

де n — кількість факторів, R_j — ранг фактору (при цьому $R_1 = 1$ для найважливішого фактору, $R_i = 2$ — для менш важливого фактору).

Якщо **критичні фактори успіху** мають рівну значимість (системи переваг немає), тоді **коефіцієнт значимості**:

$$\lambda_j = \frac{1}{n}. \quad (9)$$

VII. Визначається коефіцієнт варіації:

$$v_{ij} = \frac{\sqrt{d_{ij}}}{|\bar{q}_{ij}|} \quad (10)$$

Чим більше коефіцієнт варіації, тим сильніше відрізняються погляди експертів на вплив i -го бізнес-процесу на j -й критичний фактор успіху (КФУ).

Величини варіативності оцінок дозволяють виявити сукупність бізнес-процесів, що вимагають додаткового дослідження (наприклад, наступної деталізації). Досвід практичної роботи показав наступний варіант розподілу значень коефіцієнтів варіації з вказівкою ступеня погодженості:

$v_{ij} \leq 0,1$ — висока погодженість експертів;

$v_{ij} = 0,11 \div 0,15$ — погодженість вище середньої;

$v_{ij} = 0,16 \div 0,25$ — погодженість експертів середня;

$v_{ij} = 0,26 \div 0,35$ — погодженість нижче середньої;

$v_{ij} \geq 0,35$ — низька погодженість експертів.

Таблична форма реалізації моделі представлена на рис. А.25–А.30.

C15		$f_x = (2 * (\$I\$5 - C14 + 1)) / ((\$I\$5 + 1) * \$I\$5)$									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
4	Эксперты		БП				КФУ				
5	k=	3	m= 5				n= 4				
6											
7	эксперт 1		критические факторы успеха				эксперт 2		критические факт		
КФУ1			КФУ2	КФУ3	КФУ4	КФУ1			КФУ2	КФУ3	
9	бизнес-процессы	БП1	0,3	0,5	0,7	0,2	бизнес-процессы	БП1	0,7	0,5	
10		БП2	0,5	0,3	0,7	1,0		БП2	0,4	0,9	
11		БП3	0,6	0,9	0,9	0,1		БП3	1,0	0,4	
12		БП4	0,6	0,4	0,5	0,4		БП4	0,5	0,1	
13		БП5	0,4	0,9	0,0	0,4		БП5	0,9	0,4	
важность						важность					
14	КФУ, Rj (ранг)		1	2	4	3	КФУ, Rj (ранг)		2	4	
15	вес КФУ, λ		0,40	0,30	0,10	0,20	1,00	вес КФУ, λ		0,30	0,10

Рисунок А.25 — Вхідні дані для моделі реінжинірингу

	A	B	C	D	E	F
6						
7	эксперт 1		критические факторы успеха			
8			КФУ1	КФУ2	КФУ3	КФУ4
9	бизнес-процессы	БП1	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()
10		БП2	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()
11		БП3	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()
12		БП4	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()
13		БП5	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()	=С.ЛЧИС()
14	важность КФУ, Rj (ранг)		1	2	4	3
15	вес КФУ, λ		=(2*(SIS5-C14+1))/((SIS5+1)*SIS5)	=(2*(SIS5-D14+1))/((SIS5+1)*SIS5)	=(2*(SIS5-E14+1))/((SIS5+1)*SIS5)	=(2*(SIS5-F14+1))/((SIS5+1)*SIS5)
16						
17						
18	средние оценки		критические факторы успеха			
19			КФУ1	КФУ2	КФУ3	КФУ4
20	бизнес-процессы	БП1	=СУММ(C9;J9;Q9)/SBS5	=СУММ(D9;K9;R9)/SBS5	=СУММ(E9;L9;S9)/SBS5	=СУММ(F9;M9;T9)/SBS5
21		БП2	=СУММ(C10;J10;Q10)/SBS5	=СУММ(D10;K10;R10)/SBS5	=СУММ(E10;L10;S10)/SBS5	=СУММ(F10;M10;T10)/SBS5
22		БП3	=СУММ(C11;J11;Q11)/SBS5	=СУММ(D11;K11;R11)/SBS5	=СУММ(E11;L11;S11)/SBS5	=СУММ(F11;M11;T11)/SBS5
23		БП4	=СУММ(C12;J12;Q12)/SBS5	=СУММ(D12;K12;R12)/SBS5	=СУММ(E12;L12;S12)/SBS5	=СУММ(F12;M12;T12)/SBS5
24		БП5	=СУММ(C13;J13;Q13)/SBS5	=СУММ(D13;K13;R13)/SBS5	=СУММ(E13;L13;S13)/SBS5	=СУММ(F13;M13;T13)/SBS5
25	средний вес КФУ, λj		=(C15+J15+Q15)/SBS5	=(D15+K15+R15)/SBS5	=(E15+L15+S15)/SBS5	=(F15+M15+T15)/SBS5

Рисунок А.26 — Формули табличної версії моделі

	A	B	C	D	E	F
29	$(q_{ij} - \bar{q}_{ij})^2$	критические факторы успеха				
30			КФУ1	КФУ2	КФУ3	КФУ4
31	бизнес-процессы	БП1	= (C9-C20)^2	= (D9-D20)^2	= (E9-E20)^2	= (F9-F20)^2
32		БП2	= (C10-C21)^2	= (D10-D21)^2	= (E10-E21)^2	= (F10-F21)^2
33		БП3	= (C11-C22)^2	= (D11-D22)^2	= (E11-E22)^2	= (F11-F22)^2
34		БП4	= (C12-C23)^2	= (D12-D23)^2	= (E12-E23)^2	= (F12-F23)^2
35		БП5	= (C13-C24)^2	= (D13-D24)^2	= (E13-E24)^2	= (F13-F24)^2
36						
37	мера вариативности	критические факторы успеха				
38			КФУ1	КФУ2	КФУ3	КФУ4
39	бизнес-процессы	БП1	= 1/(SBS5-1)*(C31+J31+Q31)	= 1/(SBS5-1)*(D31+K31+R31)	= 1/(SBS5-1)*	= 1/(SBS5-1)
40		БП2	= 1/(SBS5-1)*(C32+J32+Q32)	= 1/(SBS5-1)*(D32+K32+R32)	= 1/(SBS5-1)*	= 1/(SBS5-1)
41		БП3	= 1/(SBS5-1)*(C33+J33+Q33)	= 1/(SBS5-1)*(D33+K33+R33)	= 1/(SBS5-1)*	= 1/(SBS5-1)
42		БП4	= 1/(SBS5-1)*(C34+J34+Q34)	= 1/(SBS5-1)*(D34+K34+R34)	= 1/(SBS5-1)*	= 1/(SBS5-1)
43		БП5	= 1/(SBS5-1)*(C35+J35+Q35)	= 1/(SBS5-1)*(D35+K35+R35)	= 1/(SBS5-1)*	= 1/(SBS5-1)

Рисунок А.27 — Формулы для визначення міри варіативності експертних оцінок

	J	K	L
47	Сумма средних с учетом весов:		
48			
49	бизнес-процессы	БП1	=SCS15*C20+SDS25*D20+SES25*E20+SFS25*F20
50		БП2	=SCS15*C21+SDS25*D21+SES25*E21+SFS25*F21
51		БП3	=SCS15*C22+SDS25*D22+SES25*E22+SFS25*F22
52		БП4	=SCS15*C23+SDS25*D23+SES25*E23+SFS25*F23
53		БП5	=SCS15*C24+SDS25*D24+SES25*E24+SFS25*F24
54			

Рисунок А.28 — Визначення інтегральної оцінки бізнес-процесів

МОДЕЛИРОВАНИЕ_пример_ЭК07_2013_для пособия.xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel						
	A	B	C	D	E	F
56	определение коэффициентов вариации					
57						
58	коэффициенты	критические факторы успеха				
59			КФУ1	КФУ2	КФУ3	КФУ4
60	бизнес-процессы	БП1	=КОРЕНЬ(C39)/ABS(C20)	=КОРЕНЬ(D39)/ABS(D20)	=КОРЕНЬ(E39)/ABS(E20)	=КОРЕНЬ(F39)/ABS(F20)
61		БП2	=КОРЕНЬ(C40)/ABS(C21)	=КОРЕНЬ(D40)/ABS(D21)	=КОРЕНЬ(E40)/ABS(E21)	=КОРЕНЬ(F40)/ABS(F21)
62		БП3	=КОРЕНЬ(C41)/ABS(C22)	=КОРЕНЬ(D41)/ABS(D22)	=КОРЕНЬ(E41)/ABS(E22)	=КОРЕНЬ(F41)/ABS(F22)
63		БП4	=КОРЕНЬ(C42)/ABS(C23)	=КОРЕНЬ(D42)/ABS(D23)	=КОРЕНЬ(E42)/ABS(E23)	=КОРЕНЬ(F42)/ABS(F23)
64		БП5	=КОРЕНЬ(C43)/ABS(C24)	=КОРЕНЬ(D43)/ABS(D24)	=КОРЕНЬ(E43)/ABS(E24)	=КОРЕНЬ(F43)/ABS(F24)

Рисунок А.29 — Визначення коефіцієнтів варіації

	I	J	K	L
59			общая согласованность оценок экспертов:	
60	=СЧЁТЕС.ЛИ(SCS60:SFS64;"<=0,1")		=ЕС.ЛИ(I60=МАКС(I60:I64);"высокая согласованность";" ")	
61	=СЧЁТЕС.ЛИ(SCS60:SFS64;"<=0,15")-I60		=ЕС.ЛИ(I61=МАКС(I60:I64);"согласованность выше среднего";" ")	
62	=СЧЁТЕС.ЛИ(SCS60:SFS64;"<=0,25")-I61-I60		=ЕС.ЛИ(I62=МАКС(I60:I64);"согласованность средняя";" ")	
63	=СЧЁТЕС.ЛИ(SCS60:SFS64;"<=0,35")-I62-I61-I60		=ЕС.ЛИ(I63=МАКС(I60:I64);"согласованность ниже среднего";" ")	
64	=СЧЁТЕС.ЛИ(SCS60:SFS64;">0,35")		=ЕС.ЛИ(I64=МАКС(I60:I64);"низкая согласованность";" ")	
65				

Рисунок А.30 — Визначення узгодженості оцінок експертів

ПРАКТИЧНА РОБОТА 7

МОДЕЛЬ МІЖГАЛУЗЕВОГО БАЛАНСУ (МГБ)

Нехай промислове підприємство складається з 4 цехів. Продукт одного цеху переробляється в наступних цехах (виробничі послуги й напівфабрикати). Продукти цехів також можуть бути товарною продукцією (продукт основного цеху, послуги автотранспортного цеху, ремонтного цеху й ін.). Планова діяльність підприємства ґрунтується на системі техніко-економічних норм (табл. А.4). Необхідно розробити план випуску продукції.

Таблиця А.4 — Техніко-економічні норми

Цехи (виробництво)	Цехи (споживання)				Планове завдання з виробництва товарної продукції
	1	2	3	4	
1	0,06	0,08	0,06	0,06	300
2	0,04	0,05	0,09	0,06	200
3	0,08	0,1	0,07	0,09	400
4	0,06	0,1	0,08	0,08	800

Розглянемо приклад моделювання поставленої задачі засобами EXCEL. Сформуємо вихідні дані у вигляді матриці коефіцієнтів прямих матеріальних витрат і вектора кінцевої продукції:

Вихідні дані

Матриця коефіцієнтів прямих матеріальних

Вектор кінцевої продукції

$$A = \begin{pmatrix} 0,06 & 0,08 & 0,06 & 0,06 \\ 0,04 & 0,05 & 0,09 & 0,06 \\ 0,08 & 0,1 & 0,07 & 0,09 \\ 0,06 & 0,1 & 0,08 & 0,08 \end{pmatrix} ; Y = \begin{pmatrix} 300 \\ 200 \\ 400 \\ 800 \end{pmatrix} .$$

Перший спосіб (приблизний) вирішення завдання на основі моделі міжгалузевого балансу

1. Знаходимо матриці непрямих витрат різних рівнів, до третього рівня включно (рис. А.31). Для перемножування матриць використовується функція МУМНОЖ(). Оскільки МУМНОЖ() повертає як результат масив, то варто вводити цю функцію як формулу масиву, а саме:

- виділити квадратний діапазон чарунок для масиву результатів перемножування й вставити функцію МУМНОЖ();
- виділити квадратний діапазон чарунок в аргументі "Масив 1" (перша матриця);
- виділити квадратний діапазон чарунок в аргументі "Масив 2" (друга матриця);
- натиснути комбінацію клавіш <Shift>+<Ctrl>+<Enter>.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
15	$A^{(1)} = A * A$				$A^{(2)} = A^{(1)} * A$							
16	і так далі											
18	$A^{(1)} =$	0,06	0,08	0,06	0,06	*	0,06	0,08	0,06	0,06	=	
19		0,04	0,05	0,09	0,06		0,04	0,05	0,09	0,06		
20		0,08	0,1	0,07	0,09		0,08	0,1	0,07	0,09		
21		0,06	0,1	0,08	0,08		0,06	0,1	0,08	0,08		
23	$=$	0,0152	0,0166	0,0198	0,0186	←МУМНОЖ(B18:E21;G18:J21)						
24		0,0152	0,0156	0,018	0,0183							
25		0,0186	0,0202	0,0232	0,0225							
26		0,0172	0,0182	0,021	0,0208							
28	$A^{(2)} =$	0,0152	0,0166	0,0198	0,0186	*	0,06	0,08	0,06	0,06	=	
29		0,0152	0,0156	0,018	0,0183		0,04	0,05	0,09	0,06		
30		0,0186	0,0202	0,0232	0,0225		0,08	0,1	0,07	0,09		
31		0,0172	0,0182	0,021	0,0208		0,06	0,1	0,08	0,08		
33	$=$	0,0043	0,0045	0,0053	0,0052	←МУМНОЖ(B28:E31;G28:J31)						
34		0,0041	0,0044	0,005	0,0049							
35		0,0051	0,0055	0,0064	0,0062							
36		0,0047	0,005	0,0058	0,0057							
38	$A^{(3)} =$	0,0043	0,0045	0,0053	0,0052	*	0,06	0,08	0,06	0,06	=	
39		0,0041	0,0044	0,005	0,0049		0,04	0,05	0,09	0,06		
40		0,0051	0,0055	0,0064	0,0062		0,08	0,1	0,07	0,09		
41		0,0047	0,005	0,0058	0,0057		0,06	0,1	0,08	0,08		
43	$=$	0,0012	0,0012	0,0014	0,0014	←МУМНОЖ(B38:E41;G38:J41)						
44		0,0011	0,0012	0,0014	0,0014							
45		0,0014	0,0015	0,0017	0,0017							
46		0,0013	0,0014	0,0016	0,0016							

Рисунок А.31 — Матриці непрямих витрат різних рівнів

2. Визначаємо матрицю повних витрат (рис. А.32).

G62		fx		=B52+G52+B57+G57+B62							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
49											
50					$B = E + A + A^{(1)} + A^{(2)} + \dots$						
51											
52		B=	1	0	0	0	+	0,06	0,08	0,06	0,06
53			0	1	0	0		0,04	0,05	0,09	0,06
54			0	0	1	0		0,08	0,1	0,07	0,09
55			0	0	0	1		0,06	0,1	0,08	0,08
56											
57		+	0,0152	0,0166	0,0198	0,0186	+	0,004276	0,0045	0,0053	0,0052
58			0,0152	0,0156	0,018	0,0183		0,004074	0,0044	0,005	0,0049
59			0,0186	0,0202	0,0232	0,0225		0,00513	0,0055	0,0064	0,0062
60			0,0172	0,0182	0,021	0,0208		0,004688	0,005	0,0058	0,0057
61											
62		+	0,0012	0,0012	0,0014	0,0014	=	1,080648	0,1024	0,0865	0,0852
63			0,0011	0,0012	0,0014	0,0014		0,060392	1,0711	0,1144	0,0846
64			0,0014	0,0015	0,0017	0,0017		0,105138	0,0972	1,1013	0,1204
65			0,0013	0,0014	0,0016	0,0016		0,083174	0,1	0,1084	1,108
66											

Рисунок А.32 — Матриця B повних витрат

3. Визначаємо вектор валової продукції на підставі матриці повних витрат і вектора кінцевої продукції (рис. А.33).

I73		fx		{=МУМНОЖ(B73:E76;G73:G76)}						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
70										
71										
72		$X = B * Y$				МУМНОЖ(B73:E76;G73:G76)				
73		X =	1,0806	0,1024	0,0865	0,0852	}	}	}	}
74			0,0604	1,0711	0,1144	0,0846				
75			0,1051	0,0972	1,1013	0,1204				
76			0,0832	0,1	0,1084	1,108				
77										
78		Цехи-виробники	Цехи-споживачі				Кінцевий продукт Y_i		Валовий продукт X_i	
79			1	2	3	4				
80		1					300		447,443212	
81		2					200		345,78492	
82		3					400		587,833832	
83		4					800		971,654932	
84		Чиста продукція Z_j								
85		Валовий продукт X_j	447,44	345,78	587,83	972				

Рисунок А.33 — Визначення об'ємів валової продукції

4. Знаходимо матеріальні потоки продукції між цехами (рис. А.34).

I91		fx		=B91*G91								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
88												
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												
96												
97												
98												
99												
100												
101												
102												
103												
104												

$$x_{ij} = a_{ij} * X_j$$

$$X_j = \begin{pmatrix} 0,06 & 0,08 & 0,06 & 0,06 \\ 0,04 & 0,05 & 0,09 & 0,06 \\ 0,08 & 0,1 & 0,07 & 0,09 \\ 0,06 & 0,1 & 0,08 & 0,08 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 447,44 \\ 345,78 \\ 587,83 \\ 971,65 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 26,85 \\ 17,90 \\ 35,80 \\ 26,85 \end{pmatrix}$$

	Цехи-виробники	Цехи-споживачі				Кінцевий продукт Yі	Валовий продукт Xі
		1	2	3	4		
	1	26,85	27,66	35,27	58,30	300	447,443212
	2	17,90	17,29	52,91	58,30	200	345,78492
	3	35,80	24,20	41,15	87,45	400	587,833832
	4	26,85	20,75	47,03	77,73	800	971,654932
	Чиста продукція Zj						
	Валовий продукт Xj	447,44	345,78	587,83	972		

Рисунок А.34 — Міжцехові потоки продукції

5. Знаходимо чисту продукцію цехів (рис. А.35).

C115		fx		=C116-СУММ(C111:C114)							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
106											
107											
108											
109											
110											
111											
112											
113											
114											
115											
116											
117											

$$z_j = X_j - \sum_{i=1}^3 x_{ij}$$

	Цехи-виробники	Цехи-споживачі				Кінцевий продукт Yі	Валовий продукт Xі
		1	2	3	4		
	1	26,85	27,66	35,27	58,30	300	447,443212
	2	17,90	17,29	52,91	58,30	200	345,78492
	3	35,80	24,20	41,15	87,45	400	587,833832
	4	26,85	20,75	47,03	77,73	800	971,654932
	Чиста продукція Zj	340,06	255,88	411,48	689,88		
	Валовий продукт Xj	447,44	345,78	587,83	971,65		

Рисунок А.35 — Визначення чистої продукції цехів

Зробимо висновок, наскільки точно було визначено коефіцієнти повних матеріальних витрат за допомогою даної моделі. Для цього порівняємо отримані значення $\sum_{j=1}^n Z_j$ та $\sum_{i=1}^n Y_i$ (рис. А.36).

	F124		f_x	=B122/F122		
	A	B	C	D	E	F
120	Перевіряємо суми:					
121	3				3	
122	$\sum_{j=1}^3 Z_j$	= 1 697,30			$\sum_{i=1}^3 Y_i$	= 1700
123						
124	Висновок: $\sum_{j=1}^3 Z_j$ відповідає $\sum_{i=1}^3 Y_i$ на 99,84%					
125						

Рисунок А.36 — Порівняння сум чистої та кінцевої продукції

Другий спосіб вирішення завдання на основі моделі міжгалузевого балансу

1. Обчислюємо приєднану матрицю $(E - A)$ (рис. А.37–А.40).

	B138		f_x	=B133-G133							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
132											
133	$E-A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,06 & 0 & 0,06 & 0,06 \\ 0,04 & 0 & 0,09 & 0,06 \\ 0,08 & 0,1 & 0,07 & 0,09 \\ 0,06 & 0,1 & 0,08 & 0,08 \end{pmatrix} =$										
134											
135											
136											
137											
138		0,94	-0,08	-0,06	-0,06						
139		-0,04	0,95	-0,09	-0,06						
140		-0,08	-0,07	0,93	-0,09						
141		-0,06	-0,06	-0,08	0,92						
142											

Рисунок А.37 — Обчислення матриці $(E-A)$

	B143		f_x	{=ТРАНСП(B138:E141)}					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
142									
143		0,94	-0,04	-0,08	-0,06				
144	(E-A)'	-0,08	0,95	-0,07	-0,06				
145		-0,06	-0,09	0,93	-0,08				
146		-0,06	-0,06	-0,09	0,92				
147									

Рисунок А.38 — Обчислення матриці $(E-A)'$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
148		Исключает 1 строку и 1 столбец матрицы (E-A)													
149	A11=	$(-1)^{2*}$	0,95	-0,07	-0,06	=	0,796014		A31=	$(-1)^{4*}$	-0	-0,1	-0,1	=	0,078
150			-0,09	0,93	-0,08						1	-0,1	-0,1		
151			-0,06	-0,09	0,92						-0,1	-0,1	0,92		
152		Исключает 1 строку и 2 столбец матрицы (E-A)													
153	A12=	$(-1)^{3*}$	-0,08	-0,07	-0,06	=	0,075744		A32=	$(-1)^{5*}$	0,9	-0,1	-0,1	=	0,072
154			-0,06	0,93	-0,08						-0,1	-0,1	-0,1		
155			-0,06	-0,09	0,92						-0,1	-0,1	0,92		
156		Исключает 1 строку и 3 столбец матрицы (E-A)													
157	A13=	$(-1)^{4*}$	-0,08	0,95	-0,06	=	0,064116		A33=	$(-1)^{6*}$	0,9	-0	-0,1	=	0,811
158			-0,06	-0,09	-0,08						-0,1	0,95	-0,1		
159			-0,06	-0,06	0,92						-0,1	-0,1	0,92		
160		Исключает 1 строку и 4 столбец матрицы (E-A)													
161	A14=	$(-1)^{5*}$	-0,08	0,95	-0,07	=	0,063126		A34=	$(-1)^{7*}$	0,9	-0	-0,1	=	0,089
162			-0,06	-0,09	0,93						-0,1	0,95	-0,1		
163			-0,06	-0,06	-0,09						-0,1	-0,1	-0,1		
164		Исключает 2 строку и 1 столбец матрицы (E-A)													
165	A21=	$(-1)^{3*}$	-0,04	-0,08	-0,06	=	0,044778		A41=	$(-1)^{5*}$	-0	-0,1	-0,1	=	0,062
166			-0,09	0,93	-0,08						1	-0,1	-0,1		
167			-0,06	-0,09	0,92						-0,1	0,93	-0,1		
168		Исключает 2 строку и 2 столбец матрицы (E-A)													
169	A22=	$(-1)^{4*}$	0,94	-0,08	-0,06	=	0,789024		A42=	$(-1)^{6*}$	0,9	-0,1	-0,1	=	0,063
170			-0,06	0,93	-0,08						-0,1	-0,1	-0,1		
171			-0,06	-0,09	0,92						-0,1	0,93	-0,1		
172		Исключает 2 строку и 3 столбец матрицы (E-A)													
173	A23=	$(-1)^{5*}$	0,94	-0,04	-0,06	=	0,084636		A43=	$(-1)^{7*}$	0,9	-0	-0,1	=	0,08
174			-0,06	-0,09	-0,08						-0,1	0,95	-0,1		
175			-0,06	-0,06	0,92						-0,1	-0,1	-0,1		
176		Исключает 2 строку и 4 столбец матрицы (E-A)													
177	A24=	$(-1)^{6*}$	0,94	-0,04	-0,08	=	0,062658		A44=	$(-1)^{8*}$	0,9	-0	-0,1	=	0,816
178			-0,06	-0,09	0,93						-0,1	0,95	-0,1		
179			-0,06	-0,06	-0,09						-0,1	-0,1	0,93		

Рисунок А.39 — Обчислення визначників транспонованої матриці $(E-A)'$

B213		fx		=G149							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
212		Присоединенная матрица									
213		0,796014	0,08	0,06	0,06313						
214	(E-A) =	0,044778	0,79	0,08	0,06266						
215		0,077806	0,07	0,81	0,08914						
216		0,0616	0,06	0,08	0,81629						
217		Определитель матрицы E-A									
218		0,94	-0,04	-0,08	-0,06						
219	d= E-A =	-0,08	0,95	-0,07	-0,06	=	0,736	←МОПРЕД(B174:D176)			
220		-0,06	-0,09	0,93	-0,08						
221		-0,06	-0,06	-0,09	0,92						

Рисунок А.40 — Формування присєднаної матриці $(E-A)$ і обчислення визначника матриці $(E-A)$

2. Обчислюємо матрицю повних витрат B і визначаємо вектор валової продукції (рис. А.41).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
226			$B = \frac{(E - A)}{ E - A }$						
227									
228									
229			0,796014	0,0757	0,064	0,06313			
230	B=		0,044778	0,789	0,085	0,06266	/	0,736	=
231			0,077806	0,072	0,811	0,08914			
232			0,0616	0,0627	0,08	0,81629			
233									
234			1,08	0,10	0,09	0,09			
235	=		0,06	1,07	0,11	0,09			
236			0,11	0,10	1,10	0,12			
237			0,08	0,09	0,11	1,11			
238			$X = B * Y$						
239									
240									
241									
242			1,08	0,10	0,09	0,09			
243	X=		0,06	1,07	0,11	0,09	*	300	= 448,32
244			0,11	0,10	1,10	0,12		200	346,62
245			0,08	0,09	0,11	1,11		400	588,89
246								800	972,62
247	Цехи-виробники		Цехи-споживачі				Кінцевий продукт Y _i	Валовий продукт X _i	
248			1	2	3	4			
249	1						300	448,32	
250	2						200	346,62	
251	3						400	588,89	
252	4						800	972,62	
253	Чиста продукція Z _j								
254	Валовий продукт X _j		448,32	346,62	588,89	972,62			

Рисунок А.41 — Матриця повних витрат B і вектор валової продукції X_j

4. Знаходимо матеріальні потоки продукції між цехами і вектор чистої продукції цехів (рис. А.42).

Як бачимо, перевірка отриманих у результаті розрахунків сум показала,

що $\sum_{j=1}^n Z_j = \sum_{i=1}^n Y_i$. На цій підставі можна зробити висновок, що розроблена матрична економіко-математична модель забезпечує складання збалансованого, внутрішньо узгодженого плану випуску продукції.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
258				$x_{ij} = a_{ij} * X_j$								
259												
260	$X_{ij} =$	0,06	0,08	0,06	0,06	*	448,32	=	26,90	27,73	35,33	58,4
261		0,04	0,05	0,09	0,06		346,62		17,93	17,33	53,00	58,4
262		0,08	0,1	0,07	0,09		588,89		35,87	24,26	41,22	87,5
263		0,06	0,1	0,08	0,08		972,62		26,90	20,80	47,11	77,8
264												
265	Цехи-виробники	Цехи-споживачі				Кінцевий продукт Y_i	Валовий продукт X_i					
266		1	2	3	4							
267	1	26,90	27,73	35,33	58,36	300	448,32					
268	2	17,93	17,33	53,00	58,36	200	346,62					
269	3	35,87	24,26	41,22	87,54	400	588,89					
270	4	26,90	20,80	47,11	77,81	800	972,62					
271	Чиста продукція Z_j											
272	Валовий продукт X_j	448,32	346,62	588,89	972,62							
273												
274		$z_j = x_j - \sum_{i=1}^3 x_{ij}$										
275												
276	Цехи-виробники	Цехи-споживачі				Кінцевий продукт Y_i	Валовий продукт X_i					
277		1	2	3	4							
278	1	26,90	27,73	35,33	58,36	300	448,32					
279	2	17,93	17,33	53,00	58,36	200	346,62					
280	3	35,87	24,26	41,22	87,54	400	588,89					
281	4	26,90	20,80	47,11	77,81	800	972,62					
282	Чиста продукція Z_j	340,72	256,50	412,22	690,56	1700						
283	Валовий продукт X_j	448,32	346,62	588,89	972,62							
284	Перевірка											
285	Перевіряємо суми СУММ $Z_j = \text{СУММ } Y_i$											
286	$\sum_{j=1}^3 Z_j =$	1700		$\sum_{i=1}^3 Y_i =$	1700				1	100 %		
287												
288												

Рисунок А.42 — Матриця матеріальних потоків продукції і вектор чистої продукції цехів

Додаток Б

Індивідуальні завдання контрольної роботи

Варіант	Тема реферату	Задачі	
1	1.1	1	7
2	1.2	2	6
3	1.3	3	5
4	1.4	4	2
5	1.5	5	9
6	1.6	6	4
7	1.7	7	1
8	1.8	8	3
9	1.9	9	7
0	1.10	3	8

Теми рефератів

- 1.1. Модель оптимізації плану виробництва. Приклад її реалізації.
- 1.2. Модель масового обслуговування. Приклад її реалізації.
- 1.3. Модель оптимального розкрою матеріалів. Приклад її реалізації.
- 1.4. Модель про призначення. Приклад її реалізації.
- 1.5. Транспортні моделі. Приклад реалізації.
- 1.6. Моделі управління запасами з нелінійним і стохастичним попитом.
Приклад реалізації.
- 1.7. Мережеві моделі. Приклад реалізації.
- 1.8. Динамічні моделі. Приклад реалізації..
- 1.9. Модель завантаження обладнання. Приклад її реалізації.
- 1.10. Модель теорії черги (модель оптимального обслуговування). Приклад її реалізації.

Задачі

1. Нехай в експертній моделі після оцінювання впливу бізнес-процесів на критичні фактори успіху (КФУ) для трьох експертів буде отримано три матриці виду:

$$Q^1 = \|q^1_{ij}\| = \begin{pmatrix} 6 & 5 & 3 \\ 1 & 3 & 2 \\ 5 & 6 & 10 \end{pmatrix}, \quad Q^2 = \|q^2_{ij}\| = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 3 \\ 1 & 2 & 1 \\ 5 & 6 & 7 \end{pmatrix}, \quad Q^3 = \|q^3_{ij}\| = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 \\ 3 & 3 & 2 \\ 3 & 6 & 8 \end{pmatrix}.$$

де q_{ij}^l — оцінка, дана l -м експертом i -го бізнес-процесу для j -го критичного фактору успіху.

Визначити середні оцінки впливу i -го бізнес-процесу на досяжність j -го КФУ ($\bar{q}_{ij}$) і скласти матрицю середніх оцінок.

2. Нехай у моделі оцінювання інноваційних проектів п'ять факторів мають рівну значимість (тобто системи переваг немає). Визначите коефіцієнт значимості λ_j (ваговий коефіцієнт) для кожного з п'яти факторів.

3. Нехай у моделі інвестиційного портфеля відомо, що:

- частина коштів, вкладених у цінні папери А, становить 20%;
- частина коштів, вкладених у цінні папери В, становить 80%;
- очікуваний річний дохід від цінних паперів А становить 6%;
- очікуваний річний дохід від цінних паперів У становить 2%.

Визначити очікуваний річний дохід інвестиційного портфеля.

4. Нехай у моделі економічний показник i (або його характеристика) має позитивний інгредієнт, тобто на момент ухвалення рішення суб'єкт керування орієнтується на його максимальне значення ($x_{ij} \rightarrow \max$). При цьому максимальне з можливих кількісних значень показника i дорівнює 100; мінімальне з можливих кількісних значень показника i дорівнює 40; кількісне значення показника i у компанії j дорівнює 64. Визначити нормалізований деталізований показник x_{ij} .

5. Нехай у моделі є п'ять критеріїв (табл. Б.1). Виконати мультиплікативну згортку критеріїв.

Таблиця Б.1.

Кількісні критерії, незалежні по корисності	Значення критерію	Ваговий коефіцієнт критерію
Критерій А	300	0,27
Критерій В	450	0,20
Критерій С	100	0,33
Критерій D	230	0,13

Кількісні критерії, незалежні по корисності	Значення критерію	Ваговий коефіцієнт критерію
Критерій Е	500	0,07

6. В імітаційній моделі, реалізованій засобами Excel, задана формула виду:

$$=ЦІЛЕ(10+31*СЛЧИС())$$

Ця формула дозволить генерувати дискретний рівномірний розподіл цілих чисел з деякого інтервалу значень. Визначити цей інтервал.

7. У моделі ЦЛП із 8 двійковими змінними, кожна з яких показує, обраний чи ні визначений варіант, необхідно представити обмеження, що дозволяє вибирати не більше 4 варіантів.

8. Нехай у моделі є п'ять критеріїв (табл. Б.2). Виконати квадратичну згортку критеріїв.

Таблиця Б.2.

Кількісні критерії, незалежні по корисності	Значення критерію	Ваговий коефіцієнт критерію
Критерій А	300	0,27
Критерій В	450	0,20
Критерій С	100	0,33
Критерій D	230	0,13
Критерій Е	500	0,07

9. За оцінкою компанії, вартість зберігання однієї партії товару протягом року становить 24% відпускної ціни цієї партії товару. Кожна партія коштує \$ 800. Які витрати очікують компанію при зберігання в запасі 30 партій товару протягом року?

Додаток В

Контрольні питання до практичних робіт

Відповіді на контрольні питання надаються у письмовій формі

Питання до практичної роботи 1

1. Провести порівняння моделей ЛП і НЛП.
2. Вивчити можливості використання засобу Пошук рішення для розв'язання завдань НЛП.
3. Дати економічну інтерпретацію множників Лагранжа й нормованих градієнтів.
4. Виконати аналіз отриманого звіту по стійкості.

Питання до практичної роботи 2

1. Визначити три типи витрат, пов'язаних з діяльністю по організації запасів.
2. Дати визначення поняттю «ціна шансу».
3. Зобразити графік наявного запасу кабелю у будь-який момент часу.
4. Як визначаються річні витрати зберігання й розміщення замовлень?
5. Як визначити оптимальний об'єм замовлення?
6. Пояснити сформовані обмеження у вікні «Пошук рішення».
7. Провести аналіз чутливості моделі.

Питання до практичної роботи 3

1. Виконати аналіз отриманого звітів по стійкості.
2. Пояснити сформовані обмеження у вікні «Пошук рішення» для обох моделей.
3. Що таке дисперсія річного доходу від цінних паперів?
4. Що таке коваріація річного доходу від цінних паперів 1 і 2?
5. Як визначається очікуваний дохід інвестиційного портфеля?
6. Як визначається дисперсія доходу портфеля інвестиції?
7. Як обчислити стандартне відхилення доходу портфеля інвестицій?

8. Як визначити очікуваний дохід за майбутній період від цінних паперів i ?
9. Як виконується оцінка дисперсії доходу від цінних паперів i ?
10. Як виконується оцінка коваріації доходу від цінних паперів ij ?
11. Пояснити сформовані обмеження у вікні «Пошук рішення» для обох моделей.

Питання до практичної роботи 4

1. Розробити модель на основі аналітичної таблиці (див. конспект лекцій).
2. Дати визначення типам цілочислових оптимізаційних моделей:
 - модель повністю цілочислового лінійного програмування;
 - модель частково-цілочислового лінійного програмування;
 - модель двійкового цілочислового лінійного програмування;
 - спрощена модель ЦЛП.
3. Пояснити логічні умови й залежні рішення:

Обмеження $x_1 + x_2 + \dots + x_n \leq k$ означає, що...

Обмеження $x_1 + x_3 \leq 1$ означає, що...

Обмеження $x_k - x_m \leq 0$ означає, що...

Обмеження $x_k = x_m$ означає, що...

Питання до практичної роботи 5

1. У чому полягає основна ідея імітації?
2. У моделях оптимізації значення змінні рішення є входом або виходом моделі?
3. Які значення приймає безперервна випадкова величина?
4. Щоб моделювати рівномірний дискретний розподіл цілих чисел, що приймають значення від x до y , можна використовувати формулу...
5. Представити графік функції розподілу значень дискретної випадкової величини.
6. Щоб одержати значення нормально розподіленої випадкової величини із середнім 2500 і стандартним відхиленням 100, треба застосувати формулу виду...

Питання до практичної роботи 6

1. Визначити поняття «бізнес-процесу».
2. Визначити поняття «реструктуризації».
3. Визначити поняття «критичних факторів успіху».
4. Написати формулу визначення загальної узгодженості оцінок експертів і зробити висновок.

Питання до практичної роботи 7

1. Перший квадрант схеми МГБ - це ...
2. Третій квадрант схеми МГБ характеризує ...
3. Стовпець і рядок валової продукції замикають схему МГБ і використовуються для ...
4. Величини a_{ij} називають ...
5. Коефіцієнти прямих матеріальних витрат показують, яке кількість продукції...
6. Задаючи в моделі Леонтьєва обсяги валової продукції кожної галузі (X_i), можна визначити обсяги кінцевої продукції кожної галузі (Y_i) по формулі...
7. $(E-A)^{-1}$ - це...
8. Прямі витрати відображають...
9. Представити етапи першого (приблизного) способу формування плану виробництва продукції на основі моделі МГБ.

Додаток Г

Орієнтовний перелік питань для підсумкового контролю знань

Рівень 1

- 1.11. Щоб одержати в моделі кілька значень експоненціально розподіленої випадкової величини з математичним очікуванням 50, можна використовувати формулу, що буде генерувати потрібні значення...
- 1.12. Адекватність моделі тим вище, чим...
- 1.13. За обліком фактора часу моделі підрозділяються на...
- 1.14. До входів моделі (до зовнішніх змінних) можна віднести...
- 1.15. Мультиплікативна згортка критеріїв у моделі виконується за формулою...
- 1.16. Нехай x_k і x_m — двійкові змінні для проектів k і m відповідно (значення 1 означає вибір проекту), тоді обмеження $x_k + x_m \leq 1$ у моделі означає, що...

Рівень 2

- 1.17. Які Ви знаєте типи цілочислових оптимізаційних моделей?
- 1.18. Що Ви розумієте під імовірнісною (стохастичною) моделлю?
- 1.19. Що являє собою модель "чорного ящика"? Представте її схематично.
- 1.20. Поясніть поняття показника ефективності моделі (цільової функції). Приведіть приклад.
- 1.21. Що Ви розумієте під аналоговою моделлю? Приведіть приклади аналогових моделей.
- 1.22. Дайте визначення понять «тіньова ціна» і «множник Лагранжа» для моделей ЛП і НЛП. У чому полягає їх відмінність?
- 1.23. Які Ви знаєте три типи витрат, пов'язаних з діяльністю по організації запасів. Як визначити оптимальний об'єм замовлення в моделі управління запасами?
- 1.24. У чому складається основна відмінність імітаційних моделей від моделей оптимізації?

- 1.25. Як визначаються коефіцієнти прямих матеріальних витрат на виробництво одиниці продукції, використовувані в економіко-математичній моделі міжгалузевого балансу?
- 1.26. Які моделі відносять до класу детермінованих моделей?
- 1.27. Надайте класифікацію моделей.

Рівень 3. Задачі

Нехай є наступні позначення:

x_i – частина коштів, вкладених у цінні папери i .

σ_i^2 – дисперсія річного доходу від цінних паперів i ($i=1,2$),

σ_{12} – коваріація річного доходу від цінних паперів 1 і 2,

R_i – очікуваний річний дохід від цінних паперів i ($i=1,2$),

b – нижня границя очікуваного річного доходу від всіх інвестицій,

S_i – верхня границя інвестицій у цінні папери i ($i=1,2$).

Представити цільову функцію моделі портфеля інвестицій для двох видів цінних паперів. Пояснити обмеження моделі.

Навчальне видання

К.е.н., доц. Бандоріна Лілія Миколаївна

Робоча програма, методичні вказівки та контрольні
завдання до вивчення дисципліни
«Моделювання економіки»
для студентів напрямів навчання 6.030502 – економічна
кібернетика

Відповідальна за випуск Л.М. Савчук, канд. екон. наук, проф.

Національна металургійна академія України
49600, Дніпропетровськ-5, пр. Гагаріна, 4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ