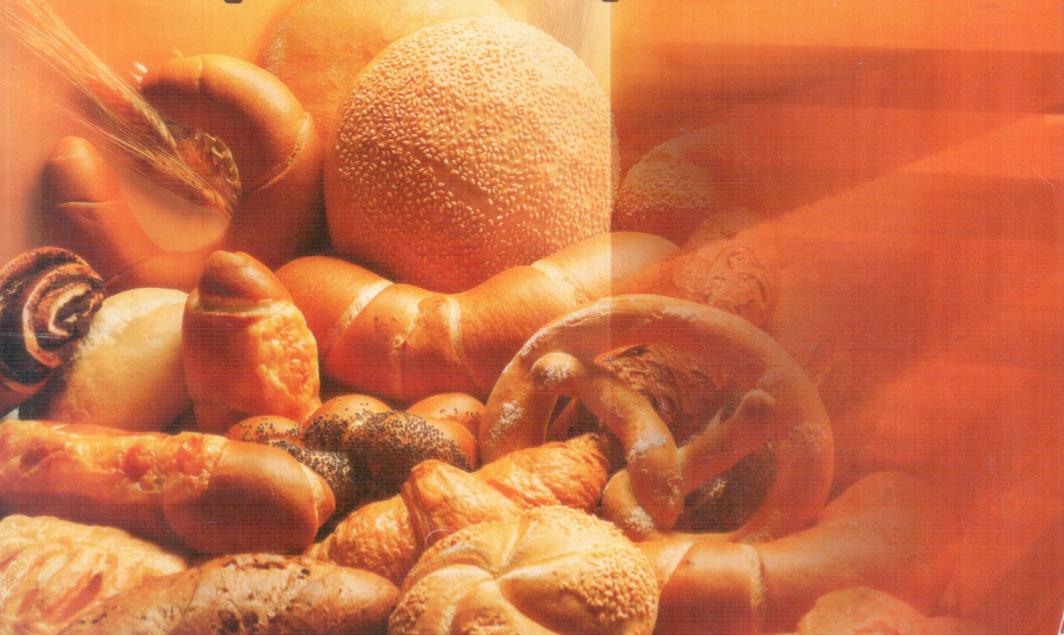


О. А. Тоцька

**Економіко-
математичне
моделювання
випуску продукції в харчовій
промисловості України**



Міністерство освіти і науки України
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Економічний факультет

О. Л. ТОЦЬКА

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ
В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ**

Монографія

Редакційно-видавничий відділ “Вежа”
Волинського національного університету
імені Лесі Українки
Луцьк – 2009

УДК 65.012.1: 338.439
ББК 65.305.73-82(4УКР)в631.0
Т 63

*Рекомендовано вченою радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 4 від 28.10.2008 року)*

Рецензенти:

Слейко В. І. – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної та статистики Львівської комерційної академії;

Ліпич Л. Г. – доктор економічних наук, професор, декан економічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки

Тоцька О. Л.

Т 63 **Економіко-математичне моделювання** випуску продукції в харчовій промисловості України: Монографія.– Луцьк: РВВ “Вежа” Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2009.– 252 с.

ISBN 978-966-600-372-2

У монографії розроблено теоретичні та науково-методичні основи й інструментарій для побудови економіко-математичних моделей випуску продукції в харчовій промисловості України.

Для науковців, практиків, викладачів і студентів економічних спеціальностей.

УДК 65.012.1: 338.439
ББК 65.305.73-82(4УКР)в631.0

ISBN 978-966-600-372-2

© Тоцька О. Л., 2009
© Гончарова В. О. (обкладинка), 2009
© Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2009

*Моїм дорогим батькам
і братові Ігорю
присвячую*

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ	6
1.1. Виробництво продукції як складова частина системи управління показниками підприємств харчової промисловості	6
1.2. Аналіз методів дослідження випуску продуктів харчування	26
1.3. Огляд економіко-математичних моделей виробництва продукції	37
Висновки до першого розділу	47
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	48
2.1. Кластерний і факторний аналізи виробництва продуктів харчування	48
2.2. Багатокритеріальна оптимізаційна модель випуску продукції підприємств харчової промисловості	71
2.3. Імовірно-автоматне моделювання діяльності хлібопекарського підприємства	84
Висновки до другого розділу	93
РОЗДІЛ 3. ПРОГНОЗНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	96
3.1. Визначення імовірності сприятливих тенденцій для виробництва продуктів харчування	96
3.2. Побудова точкових моделей прогнозу випуску продовольчих товарів	108
3.3. Передбачення виробництва продукції в харчовій промисловості на основі нечітких множин	136
Висновки до третього розділу	150
ВИСНОВКИ	151
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	154
ДОДАТКИ	170

ВСТУП

Одне з провідних місць в економіці України посідає харчова промисловість. І хоча після проголошення незалежності держави відбувся значний спад виробництва продуктів харчування, пов'язаний із утратою налагоджених каналів збуту, але щороку ця галузь нарощує потужності. Це засвідчує динаміка індексів обсягів виробництва харчової промисловості України, щорічне збільшення суми іноземних інвестицій у виробництво продовольчих товарів тощо.

Використання економіко-математичних методів і моделей в управлінні підприємствами особливо актуальне з позиції формування оптимального виробничого плану, оцінювання та прогнозування основних показників діяльності. Адже простежується тісний взаємозв'язок між успішною роботою підприємств та прогнозуванням і плануванням їхньої виробничої діяльності.

Побудові оптимізаційних моделей випуску продукції присвятили наукові публікації А. Гукалюк, М. Карбовник, В. Кігель, І. Олексів, О. Орлов, С. Прокопов, О. Сенишин, В. Цицак, а також Н. Холод, А. Кузнєцов, Я. Жихар. У роботах учені аналізують різноманітні критерії оптимальності, будують на їхній основі моделі підтримки прийняття рішень.

Теорію імітаційного моделювання збагатили дослідження таких зарубіжних учених, як Г. Беляєв, К. Власова, Р. Дума, О. Ємельянов, В. Кельтон, Д. Клейнен, А. Лоу, В. Петроченко, Є. Прошлякова, Н. Саломатін, Р. Шеннон. Вагомий внесок у побудову імітаційних моделей здійснили вітчизняні науковці О. Бакаєв, Е. Карпець, О. Кононенко, О. Кононець, Н. Костіна, К. Марахов, Л. Позднякова, В. Ревін, С. Сучок, Л. Тарангул, Д. Титаренко, В. Удовенко, П. Черняхівська, І. Шиш, М. Яровицький.

Водночас недостатня розробленість цієї тематики вимагає побудови нових економіко-математичних моделей, які б поєднували в собі ознаки оптимізаційних й імітаційних та відображали б діяльність виробничих підприємств, зокрема харчової промисловості.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ

1.1. Виробництво продукції як складова частина системи управління показниками підприємств харчової промисловості

Згідно з економічною енциклопедією *виробництво* – це процес взаємодії між людьми, їх вплив на речовину природи й формування рис та здібностей людини, необхідних для створення матеріальних і духовних благ та послуг. У широкому розумінні *виробництво* – це процес діалектичної взаємодії безпосереднього виробництва, розподілу, обміну і споживання [1, 191].

Харчова промисловість є сукупністю підприємств і цехів, які виробляють продукти харчування та напої. Вона входить до складу агропромислового комплексу й відіграє особливу роль у розвитку продуктивних сил кожної країни. Це обумовлено не тільки значущістю продовольчих товарів для життя і здоров'я людей, а й тим, що харчова промисловість у процесі виробництва специфічно поєднує природні, кліматичні, економічні, геополітичні, географічні, соціальні й екологічні умови кожної країни, вирішально впливає на спеціалізацію окремих країн та регіонів щодо міждержавних і міжрегіональних економічних зв'язків із продовольства, на формування ефективних структур народного господарства, агропромислових та промислових комплексів тощо [2, 5].

В українській Класифікації видів економічної діяльності (надалі – КВЕД) до підсекції DA “Харчова промисловість та переробка сільськогосподарських продуктів” належать групи з виробництва продуктів харчування, напоїв і тютюнових виробів (див. рис. 1.1).

Характерними рисами більшості підприємств, які випускають продовольчі товари, є:

- високий ступінь неперервності технологічного процесу, який обумовлений потребою швидкої і вчасної переробки сировини;
- тісний зв'язок між окремими складовими частинами технологічного процесу;
- неможливість чи обмежені можливості створення проміжних запасів незавершеного виробництва;
- чітке й порівняно невелике постадійне розчленування процесу;



Рис. 1.1. Види економічної діяльності в харчовій промисловості
(уклав автор на основі [3])

– невелика тривалість виробничого циклу, який не виходить за межі доби чи зміни (крім виноробного та бродильного виробництва) [4, 96].

Залежно від методів обробки сировини й напівфабрикатів, процеси виробництва продуктів харчування поділяють на чотири групи (див. рис. 1.2).



Рис. 1.2. Процеси виробництва продуктів харчування

До першої групи належать виробництва, у яких використовують фізичні засоби вилучення із сировини корисних речовин і хімічні методи їх подальшої обробки. Основним технологічним процесом тут є дифузія (для витягнення соку з цукрового буряку) або екстракція (для витягнення олії з соняшнику). Ця група включає випуск цукру, кондитерських виробів, крохмалю, олії.

Другу групу становлять виробництва, в основі яких лежать механічні (змішування, розподіл, сепарування) і теплофізичні (сушіння, стерилізація, кондиціонування) процеси. Вона включає випуск борошна, консервів тощо.

До третьої групи належать виробництва, у яких головними є хімічні процеси. Вона включає випуск білої патоки й харчової глюкози гідролізом крохмалю; жирових продуктів гідрогенізацією; етилового спирту гідратацією етилену.

Четверту групу становлять виробництва, в основі яких лежить процес бродіння. Її особливістю є використання мікроорганізмів. Ця група включає випуск хліба і хлібопекарських дріжджів, пива, виноградного вина, спирту, слабоалкогольних напоїв [5, 333].

Будь-яке підприємство харчової промисловості можна трактувати як систему управління певними показниками, у тому числі виробництвом.

Поняття “система” (від грец. *systema*) – ціле, складене з частин, з’єднання. Воно є центральним поняттям кібернетики. У зв’язку з тим, що не існує єдиного визначення цього терміна, іноді системою називають набір або комбінацію елементів чи частин, які утворюють єдиний комплекс, спрямований на досягнення певної (єдиної для всього комплексу) мети [6, 14].

Досліджувану множину елементів трактують як систему, коли в ній виявлено такі чотири ознаки:

- 1) цілісність системи, тобто принципова неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її складників;
- 2) наявність цілі та критерію дослідження цієї множини елементів;
- 3) наявність більшої, зовнішньої стосовно цієї системи, яка називається середовищем;
- 4) можливість виділення в цій системі взаємозв'язаних частин (підсистем) [7, 5].

Є різноманітні класифікації систем (див. рис. 1.3):

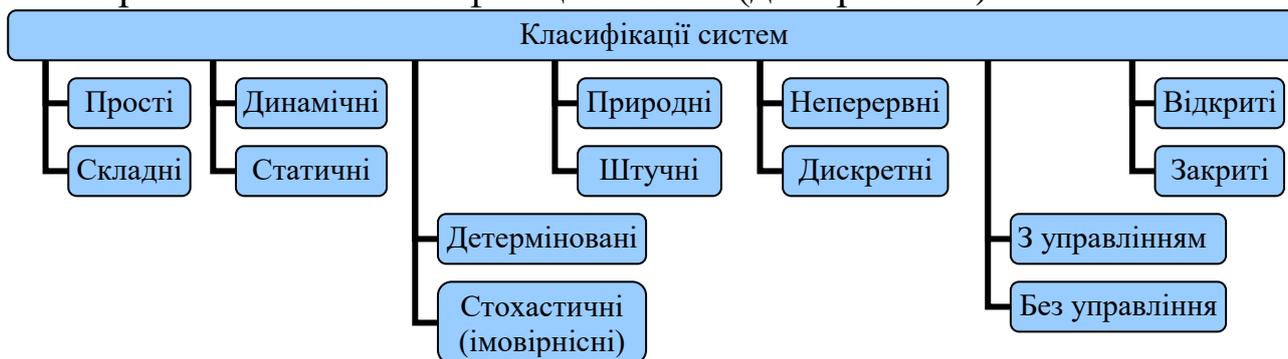


Рис. 1.3. Класифікації систем (уклав автор на основі [8, 24])

Але загалом їх усіх поділяють на матеріальні (фізичні) й абстрактні (гіпотези, теореми).

Особливе місце серед матеріальних систем посідають соціально-економічні, тобто складні динамічні імовірнісні відкриті системи з управлінням, які охоплюють процеси споживання, виробництва, обміну й розподілу матеріальних та інших благ. Саме до таких систем належать підприємства. Вони як системи управління складаються з двох елементів: суб'єкта й об'єкта управління. Суб'єкт управління, який може складатися з керуючої та виконавчої частин, на основі інформації про зовнішнє середовище і стан керованого об'єкта приймає певне рішення та здійснює відповідно до нього вплив на об'єкт управління.

Будь-яке підприємство, у тому числі й харчової промисловості, виробляє та реалізовує продукцію, наймає робочу силу, організовує виробничий процес. Тому його можна зобразити як надскладну систему, пов'язану специфічними відносинами з її зовнішнім середовищем [9, 14]. Зовнішнє середовище підприємства харчової промисловості покажемо на рис. 1.4.

Що ж до внутрішнього середовища підприємства, то його основними складниками є підсистеми постачання, виробництва та збуту.

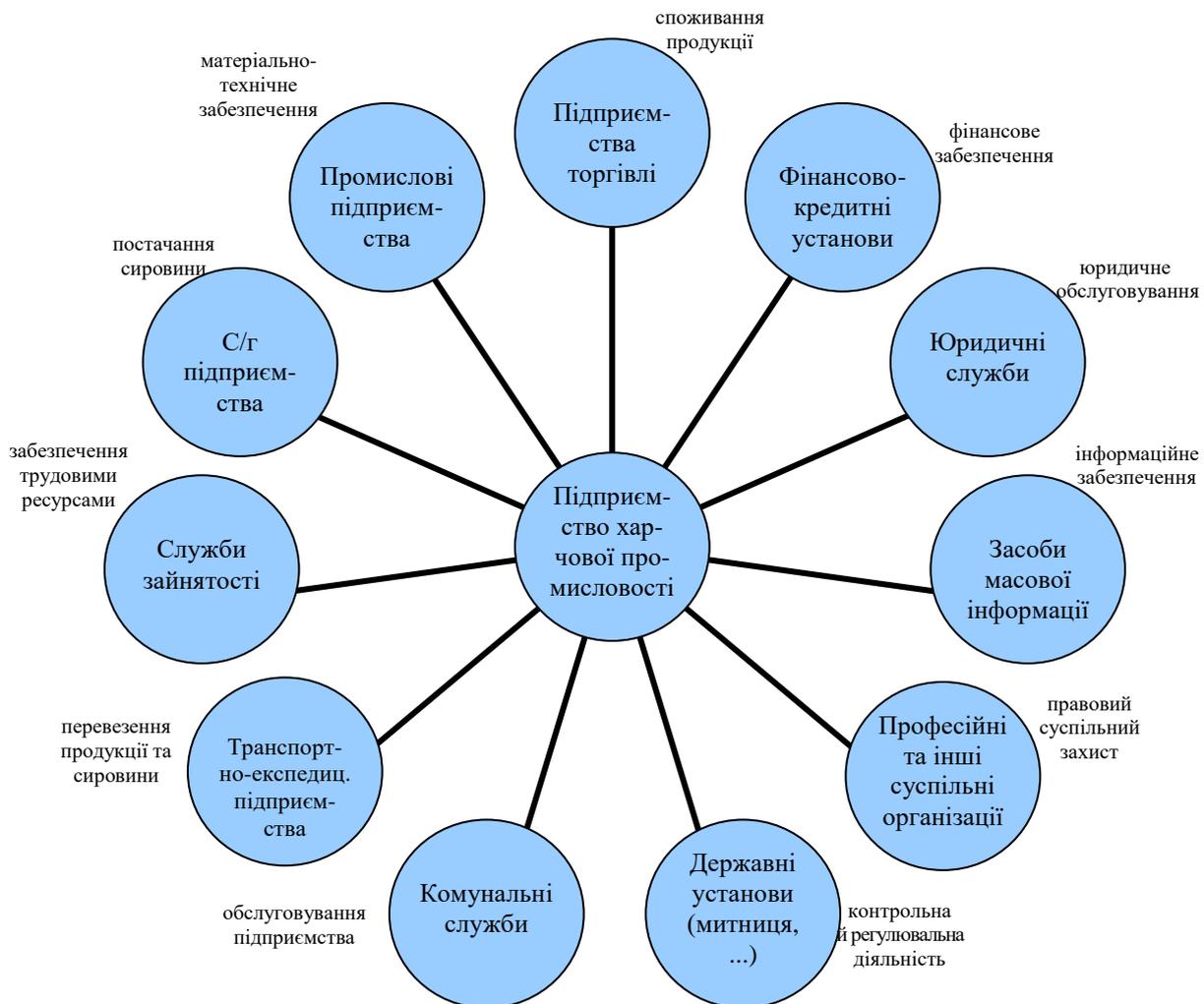


Рис. 1.4. Зовнішнє середовище підприємства харчової промисловості [10, 22]

Оскільки відносини із зовнішнім середовищем та стан об'єкта управління можна відобразити певними показниками (виробництво, споживання, імпорт, експорт, інвестиції), то підприємство доцільно трактувати як систему управління цими показниками.

Процес управління, як відомо, складається з декількох фаз: прогнозування, планування, обліку, контролю, аналізу та регулювання. У зв'язку з тим, що об'єктом дослідження є випуск продукції, який організовується згідно з планом, розробленим на фазі планування, проаналізуємо цю фазу докладніше.

Планування – це усвідомлені, систематичні процеси вироблення рішень про цілі та дії, які особистість, група, виробниче об'єднання чи організація переслідуватиме в майбутньому [11, 114]. Воно має бути першодвигуном до зміни, мусить рухатись від прогнозування до креативності, тобто від концентрації на тому, що було, до фокусування на тому, що можливе [12, 15].

На цій фазі здійснюється перспективне (3–5 років), річне й оперативне (менше року) планування. Для кожного виду планування застосовуються відповідні методи й моделі. Зокрема, для перспективного – виробничі функції та імітаційні моделі, річного – моделі виробничого балансу й оптимізаційні, оперативного – моделі календарного планування, управління запасами, масового обслуговування та сітьові [13, 269].

Управління підприємством – це насамперед визначення основної цілі (мети) його діяльності. Вона, у свою чергу, поділяється на декілька підцілей нижчого рівня, і отже формується ієрархічне дерево цілей.

Оптимізаційний підхід до постановки цілі полягає в її кількісному вираженні на основі існуючого стану системи, наявних можливостей і ресурсів; передбачає їх найбільш ефективно використання для того, щоб удосконалити функціонування системи, забезпечити її розвиток. Саме тому він є ефективним і точним. А кожна поставлена ціль повинна відповідати таким вимогам:

- конкретності, тобто містити відчутні економічні, соціальні, науково-технічні результати, яких потрібно досягнути;

- реальності, тобто бути повністю забезпеченою ресурсами, правильно вибраною стратегією її досягнення, ефективністю управління;

- контрольованості, тобто супроводжуватись налагодженою системою інформації, особливо зворотної, за допомогою якої суб'єкт управління дізнається про хід заданого процесу [14, 69].

Цілі повинні бути специфічними, перспективними та реалістичними [11, 115].

Звичайно, будь-яке виробниче підприємство насамперед націлене на отримання прибутку, який є головним показником його роботи. Оскільки основним видом діяльності підприємства харчової промисловості є виробництво та реалізація продукції, то головна його мета – отримання максимального прибутку від операційної діяльності. Досягти такого результату можна, збільшивши чистий дохід (виручку) від реалізації продукції та/або зменшивши повну собівартість реалізованої продукції. У свою чергу, складовим елементом збільшення виручки є зростання випуску та продажу продукції, а зменшення повної собівартості – зниження витрат сировини на виготовлення продукції. Зростання ж випуску продукції

можливе за допомогою зменшення затрат часу на її виготовлення. Адже під час скорочення часу витрати звичайно знижуються, продуктивність підвищується, нові вироби з'являються на ринку швидше й обслуговування споживача загалом покращується [15, 149]. Отже, отримаємо обґрунтоване вище дерево цілей підприємства харчової промисловості (див. рис. 1.5).



Рис. 1.5. Дерево цілей підприємства харчової промисловості

Інші критерії не відображено на цьому дереві цілей за такими причинами:

1) рентабельність – на її рівень можуть впливати фактори, які не залежать від діяльності підприємства (наприклад, зміна цін на сировину та матеріали);

2) продуктивність праці – може бути наслідком надмірних капіталовкладень та впровадження дорогої техніки;

3) завантаження обладнання – бажано застосовувати тоді, коли встановлено дороге обладнання, простої якого не бажані [16, 195];

4) корисність для споживачів – суб'єктивний фактор, який важко піддається вимірюванню;

5) прибутковість інновацій – не на всіх підприємствах вони здійснюються.

Відомо, що оптимізація операційної діяльності підприємства відбувається способом зіставлення обсягів виробництва та реалізації продукції, витрат на її виробництво й реалізацію, а також прибутку, який отримує підприємство внаслідок здійснення операційної діяльності. Аналіз взаємозв'язку “витрати–обсяг–прибуток” дає змогу оперативно оцінити вплив величини та структури витрат на прибуток, що дає можливість управляти його обсягом у процесі планування [17, 106].

Кожна гілка, відображена на рис. 1.5, – це ціль певного рівня і водночас елемент системи управління показниками. Для того щоб

зрозуміти, як досягнути кожної конкретної цілі, потрібно дослідити складові елементи показника, яким вона описується.

Спочатку проаналізуємо, як відбувається формування прибутку від операційної діяльності та чистого доходу від реалізації продукції. Для цього відобразимо схему отримання фінансових результатів (прибутку/збитку) від операційної діяльності на прикладі хлібопекарського підприємства харчової промисловості (див. рис. 1.6).

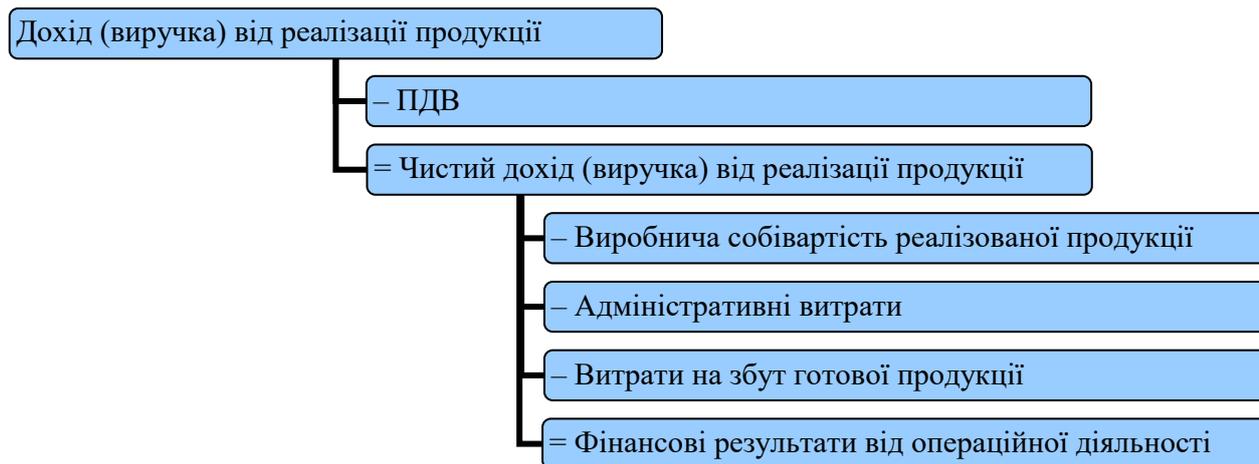


Рис. 1.6. Формування фінансових результатів від операційної діяльності

Далі проаналізуємо складові елементи вартості виробництва продукції, тобто її повної собівартості також на прикладі підприємства хлібопекарської промисловості (див. рис. 1.7).

Відображені на рис. 1.7 витрати за ступенем впливу на них обсягу виробництва поділяються на змінні та постійні.

Змінні – це витрати, абсолютна величина яких безпосередньо залежить від обсягів виробництва продукції. До них належать прямі витрати та частина виробничих накладних витрат, а саме: витрати на сировину й матеріали; купівельні напівфабрикати та комплектуючі вироби; технологічне паливо й енергію; оплату праці працівників, зайнятих у виробництві продукції; відрахування на соціальні заходи тощо. Слід зазначити, що змінні витрати в розрахунку на одиницю продукції залишаються сталими.

Постійні – це витрати, абсолютна величина яких не залежить від обсягів випуску продукції. До них належать витрати, пов'язані з обслуговуванням та управлінням виробничою діяльністю цехів, а також витрати на забезпечення господарських потреб виробництва, а саме: амортизаційні відрахування, витрати на утримання управлінського персоналу тощо [18, 26]. У розрахунку на одиницю продукції ці витрати змінюються обернено пропорційно до зміни обсягу виробництва.



Рис. 1.7. Вартість виробництва продукції

У собівартості продукції харчової промисловості велику частину становлять матеріальні витрати, більшість яких, у свою чергу, займають витрати сировини. Основним видом сировини у хлібопекарській промисловості є борошно. Отже, зниження витрат сировини на виготовлення хлібобулочних виробів загалом зводиться до зменшення витрат борошна.

Щодо зменшення затрат часу на виготовлення (випічку) продукції, то завдяки цьому показнику ефективності можна знизити витрати палива й енергії на роботу виробничого обладнання. Адже управління часом фінансово винагороджує [19, 203].

Загалом зміна будь-якого з цих показників безпосередньо впливає на ще один показник – випуск продукції.

Отож у процесі управління підприємством основна увага має зосереджуватись на показниках, які характеризують його цілі, а саме: прибуток; чистий дохід; повна собівартість; випуск продукції; витрати основної сировини; затрати часу.

Відносно виробництва продукції на макрорівні, то тут, на нашу думку, систему показників підприємств харчової промисловості

доцільно формувати на основі наявних офіційних статистичних даних (див. рис. 1.8).

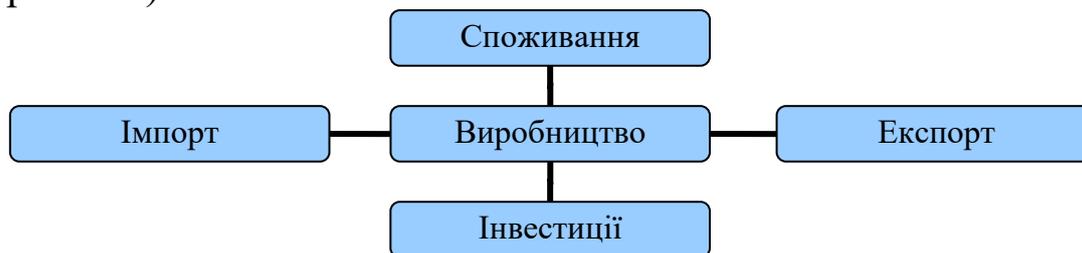


Рис. 1.8. Система показників підприємств харчової промисловості на макrorівні

Ключовим у цій системі є натуральний показник – виробництво продукції, який взаємопов'язаний з іншими натуральними та вартісними показниками.

Проаналізуємо відображені на рис. 1.8 показники на загальнодержавному та регіональному (Волинська обл.) рівнях.

Після здобуття Україною незалежності загальна економічна криза, заборгованість із заробітної плати і пенсій, бартерний обмін товарів негативно вплинули на випуск продукції сільського господарства. Усе це призвело до звуження внутрішнього ринку продовольства та втрати зовнішніх ринків.

Свідченням цього є негативна динаміка виробництва продуктів харчування до 1999 року. Однак, незважаючи на це, харчова й обробна промисловість країни швидше за інших виходять із кризи. Так, за 2000 рік обсяги випуску продукції харчової промисловості, порівняно із попереднім роком, збільшились на 26,1 % (найвищий показник за 10 років!) [20, 7]. У наступні роки індекси обсягів виробництва підсекції DA КВЕД були такими (% до попереднього року):

2001 рік – 118,2;	2004 рік – 112,4;	2006 рік – 110,0 [21, 106];
2002 рік – 108,4;	2005 рік – 113,7;	2007 рік – 110,0 [22, 67].
2003 рік – 120,0;		

Деяким аспектам функціонування ринків продовольчих товарів присвятили низку наукових публікацій П. П. Борщевський, А. С. Гальчинський, В. М. Геєць, Н. Б. Загорняк, Д. Ф. Крисанов, Л. Г. Ліпич, М. П. Півень, М. Сичевський, М. П. Соколик, В. Троян, Л. Г. Чернюк, О. Б. Шмаглій, І. Р. Юхновський та ін. Зокрема, вони досліджували сучасні тенденції та перспективи розвитку харчової промисловості України [23], визначали її структурні завдання [24], аналізували інвестиційну діяльність у харчовій промисловості

України [25], визначали її найгостріші проблеми [26], вивчали інноваційний фактор її розвитку [27–28], аналізували поведінку населення на ринку продовольчих товарів [29] та визначали фактори його розвитку [30]. Щоправда, у цих роботах увага не зосереджувалась тільки на виробництві продовольства по країні загалом та за областями зокрема.

Отже, проаналізуємо систему показників підприємств харчової промисловості на загальнодержавному й регіональному (Волинська обл.) рівнях і порівняємо отримані дані між собою.

Виробництво найважливіших видів продукції харчової промисловості України відображено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Випуск продуктів харчування в Україні, тис. т

Рік	Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10
1990	2 710,0	900,0	444,0	6 432,0	184,0	6 791,0	7 671,0	6 701,0	1 111,0	360,0
1995	946,0	277,0	222,0	1 293,0	73,5	3 894,0	5 319,0	4 114,0	315,0	223,0
1996	760,0	213,0	163,0	915,0	59,0	3 296,0	4 965,0	3 452,0	283,0	172,0
1997	553,0	206,0	117,0	662,0	46,3	2 034,0	4 320,0	3 060,0	328,0	142,0
1998	396,0	155,0	113,0	691,0	52,0	1 984,0	3 890,0	2 676,0	401,0	165,0
1999	420,0	160,0	109,0	700,0	52,7	1 858,0	3 368,0	2 510,0	515,0	155,0
2000	400,0	175,0	135,0	699,0	67,5	1 780,0	3 076,0	2 464,0	668,0	117,0
2001	332,0	167,0	158,0	1 021,0	105,0	1 947,0	2 984,0	2 450,0	732,0	111,0
2002	457,0	209,0	131,0	1 179,0	129,0	1 621,0	2 986,0	2 358,0	757,0	115,0
2003	568,0	290,0	148,0	1 309,0	169,0	2 486,0	2 819,0	2 427,0	860,0	107,0
2004	527,7	332,0	116,0	1 277,9	224,0	2 147,0	2 948,0	2 307,0	554,0	99,7
2005	621,8	309,0	120,0	1 464,8	274,0	2 139,0	2 931,0	2 264,0	568,0	104,0
2006	765,95	301,0	104,0	1 447,7	217,0	2 592,0	2 655,0	2 151,0	544,0	107,0
2007	972,11	330,0	100,0	1 507,8	246,0	1 867,0	2 908,0	2 034,0	585,0	107,0

Таблицю підготував автор на основі [31, 79; 32, 127; 33, 116–117; 21, 116–117; 22, 71–72].

У ній: товар 1 – м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії);

– товар 2 – ковбасні вироби;

– товар 3 – тваринне масло;

– товар 4 – продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко);

– товар 5 – жирні сири (у т. ч. бринза);

– товар 6 – цукор-пісок;

– товар 7 – борошно;

– товар 8 – хліб і хлібобулочні вироби;

– товар 9 – кондитерські вироби;

– товар 10 – макаронні вироби.

Із табл. 1.1 випливає, що за роки незалежності в Україні, порівняно з 1990 роком, істотно зменшився випуск усіх продовольчих

товарів, крім жирних сирів. Порівняємо ці дані з інформацією на регіональному рівні, зокрема у Волинській області.

Волинь за площею займає двадцяте місце серед регіонів України, її територія становить 20,2 тис. кв. км (3,3 % території України). Але положення області є вигідним для господарської і життєвої діяльності людей, оскільки територія має рівнинний рельєф і характеризується порівняно теплим кліматом із достатньою кількістю тепла та вологи, наявністю родючих чорноземних ґрунтів на півдні [34, 6].

Вибір для аналізу Волині обґрунтовується тим, що її харчова промисловість та переробка сільськогосподарських продуктів є одним із лідерів з виробництва й реалізації продукції серед інших видів промислової діяльності, що засвідчують такі дані:

1) випуск товарів за даним видом діяльності (у % до загального обсягу):

- 2001 рік – 58,1 % (787,7 млн грн),
- 2002 рік – 58,9 % (844,6 млн грн),
- 2003 рік – 53,5 % (1 034,9 млн грн),

2) реалізація продукції за даним видом діяльності (у % до загального обсягу):

- 2004 рік – 43,4 % (1 232,0 млн грн),
- 2005 рік – 39,9 % (1 430,2 млн грн),
- 2006 рік – 33,8 % (1 932,8 млн грн),
- 2007 рік – 24,7 % (2 241,7 млн грн) [35, 74; 36, 72; 37, 81; 38, 81; 39, 99; 40, 103].

Слід зазначити, що спад цієї частки пов'язаний зі стрімким розвитком, а, відповідно, і збільшенням частки такого виду діяльності, як машинобудування.

У 2007 році в області нараховувалося 162 підприємства, які виробляли харчові продукти та напої [40, 99], що є найвищим показником серед підприємств інших видів промислової діяльності. Тобто простежується спрямованість промисловості регіону на випуск продовольчих товарів.

Виробництво найважливіших видів продукції харчової промисловості на Волині (з такими ж назвами, як і в Україні) відображено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Виробництво продуктів харчування на Волині, тис. т

Рік	Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10
1990	61,8	13,5	18,3	106,0	6,0	221,0	271,2	184,2	15,7	6,4
1995	23,1	4,7	6,3	22,9	2,0	81,5	136,4	59,5	4,3	2,1
1996	21,8	4,0	5,7	15,8	1,7	103,3	112,9	49,3	4,3	2,8
1997	20,9	4,7	4,7	9,4	1,5	67,9	84,7	44,5	4,6	1,8
1998	16,2	3,0	4,0	8,2	1,5	67,8	83,0	39,9	5,4	2,7
1999	12,5	3,1	4,8	9,7	1,3	76,4	84,1	41,5	7,1	6,2
2000	13,6	6,7	6,3	12,4	3,2	71,0	90,6	42,7	7,4	7,0
2001	13,2	12,1	7,1	27,8	5,9	70,5	70,3	45,4	6,0	4,5
2002	12,3	16,7	4,0	25,2	6,2	77,8	63,5	45,7	3,9	5,2
2003	16,1	13,8	4,0	32,8	6,4	223,2	74,8	49,2	8,2	10,4
2004	19,8	17,0	3,7	37,1	8,7	181,2	78,1	48,7	11,0	9,9
2005	22,2	13,9	4,3	40,9	8,5	198,7	72,3	46,6	8,5	10,2
2006	26,8	15,1	4,3	24,6	5,5	113,5	58,6	46,5	8,3	10,2
2007	31,4	17,3	5,3	29,7	8,2	137,1	70,6	47,1	8,8	10,8

Таблицю підготував автор на основі [34, 67; 36, 79; 37, 83; 38, 83; 39, 101; 40, 107].

Проаналізувавши табл. 1.2, можна зробити такі висновки: за роки незалежності на Волині, порівняно з 1990 роком, істотно зменшилось виробництво таких продуктів харчування, як м'ясо, тваринне масло, продукція з незбираного молока, борошно, хлібобулочні та кондитерські вироби; випуск таких продовольчих товарів, як жирні сири та цукор-пісок балансує в межах 1990 року; виробництво ковбасних та макаронних виробів значно перевищує показники 1990 року. Тобто ситуація з виробництвом продуктів харчування у Волинському регіоні краща, ніж загалом по країні.

Слід зазначити, що з 2004 року в статистичних щорічниках назви товарів були дещо змінені або деталізовані (див. табл. А.1–А.2 додатка А).

Для того щоб отримати загальну характеристику випуску продуктів харчування в областях України, проведено згортання системи показників, які його описують, в один інтегральний. Використання такого показника зводить ситуацію полікритеріального оцінювання до монокритеріального. Його побудова відбувається в адитивній (у якій вплив окремих компонент підсумовується) чи у мультиплікативній (у якій вплив окремих складових частин множиться) формі.

Адитивна форма інтегрального показника має вигляд:

$$I = \sum_{i=1}^n \alpha_i p_i,$$

де I – інтегральний показник; α_i – вагові коефіцієнти; p_i – нормовані, однонаправлені часткові показники; n – кількість показників у використовуваній системі.

Мультиплікативна форма інтегрального показника має вигляд:

$$I = \prod_{i=1}^n \alpha_i p_i .$$

Перед побудовою інтегрального показника потрібно провести такі процедури:

1)обрати часткові показники так, щоб усі вони мали однакову направленість, тобто позитивним результатом усіх показників системи повинно бути або зростання, або спад. Оскільки деякі з часткових показників стимулююче діють на вимірювану величину, а деякі – дестимулююче [41, 43];

2)провести їхнє нормування (зведення в єдину шкалу вимірювання на інтервалі $[0,1]$), яке відбувається шляхом ділення конкретних значень часткових показників на максимально можливе значення цього часткового показника чи на суму значень цього показника, які характеризують порівнювані при аналізі варіанти;

3)підібрати вагові коефіцієнти так, щоб вони відповідали умовам $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1; 0 < \alpha_i < 1$ [42, 22].

У нашому випадку інтегральний показник, який характеризує частку регіону у виробництві десяти найважливіших видів продукції харчової промисловості України, матиме такий вигляд:

$$I_{jt}^1 = \sum_{i=1}^{10} \alpha_i \frac{p_{ijt}}{p_{it}}$$

де I_{jt}^1 – частка j -ї області у випуску основних продовольчих товарів країни за t -й період; α_i – вагові коефіцієнти; p_{ijt} – виробництво i -го виду продовольства в j -му регіоні за t -й період (тис. m); p_{it} – випуск i -го виду продовольчих товарів в Україні за t -й період (тис. m).

Вагові коефіцієнти розподілимо так:

– $\alpha = 0,15$ – для продовольчих товарів першого вжитку (такими, на нашу думку, є м'ясо; продукція з незбираного молока; хліб і хлібобулочні вироби);

– $\alpha = 0,10$ – для продовольчих товарів, для яких сировиною є товари першої групи (ковбасні вироби; тваринне масло; жирні сири), або які є сировиною для товарів з першої групи (борошно);

– $\alpha = 0,05$ – для усіх інших продовольчих товарів (цукор-пісок; кондитерські вироби; макаронні вироби).

Обчислимо цей показник для Волинської області на основі попередньо проаналізованих у табл. 1.1–1.2 десяти продуктів харчування (див. рис. 1.9).

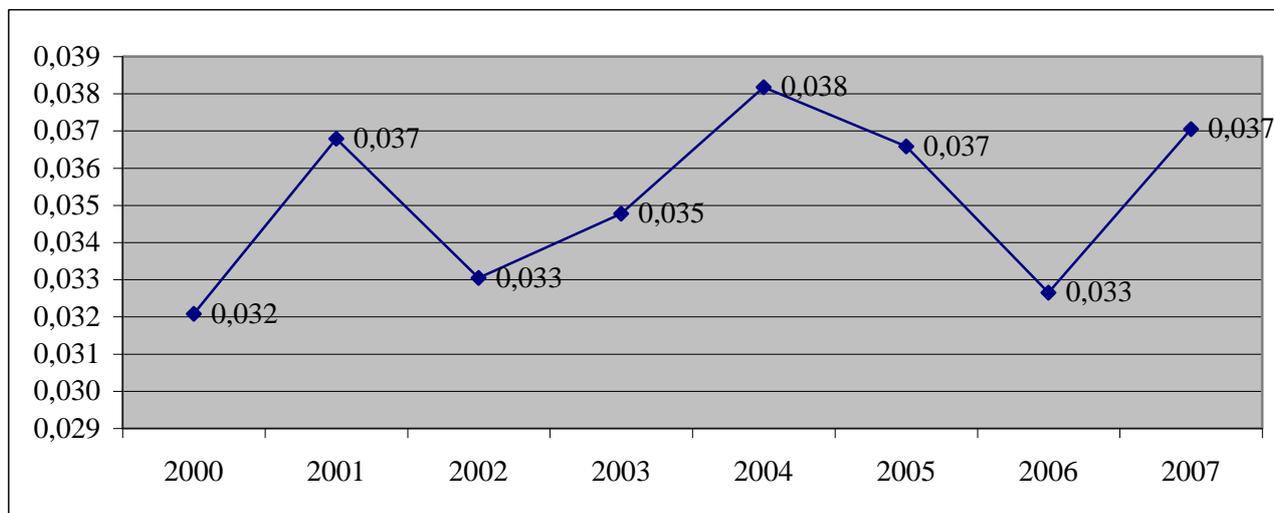


Рис. 1.9. Динаміка інтегрального показника частки Волині у виробництві найважливіших видів продукції харчової промисловості України

Аналіз графіка дає підставу припустити про відсутність чіткої тенденції динаміки цього інтегрального показника. Його коливання відбувалось навколо значення 0,035.

Проаналізуємо, як змінилося споживання продовольчих товарів в Україні загалом та у Волинській області зокрема за останній час (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Споживання основних продуктів харчування (у розрахунку на одну особу, кг)

Продукти харчування	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в Україні									
М'ясо та м'ясопродукти (у перерахунку на м'ясо)	68,0	33,0	31,0	33,0	35,0	39,0	39,0	42,0	46,0
Молоко й молочні продукти (у перерахунку на молоко)	373,0	199,0	205,0	225,0	226,0	226,0	226,0	235,0	220,0
Яйця, штук	272,0	166,0	180,0	209,0	214,0	220,0	238,0	251,0	252,0
Риба й рибопродукти	17,5	8,4	11,0	11,9	12,0	12,3	14,4	14,1	14,7
Цукор	50,0	37,0	40,0	36,0	36,0	38,0	38,0	40,0	40,0
Олія	11,6	9,4	10,0	10,7	11,3	13,0	13,5	13,6	14,3
Картопля	131,0	135,0	140,0	133,0	138,0	141,0	136,0	134,0	130,0
Овочі	102,0	102,0	105,0	108,0	114,0	115,0	120,0	127,0	118,0
Плоди, ягоди та виноград	47,0	29,0	26,0	29,0	33,0	34,0	37,0	35,0	42,0
Хлібопродукти	141,0	125,0	130,0	131,0	125,0	126,0	124,0	120,0	114,0

Закінчення табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
на Волині									
М'ясо та м'ясопродукти (у перерахунку на м'ясо)	61,4	34,1	34,4	35,0	38,1	38,5	43,2	44,5	інформація відсутня
Молоко й молочні продукти (у перерахунку на молоко)	409,0	264,4	271,9	281,8	285,3	226,0	268,8	279,4	
Яйця, <i>штук</i>	272,0	142,0	158,0	179,0	180,0	220,0	193,0	210,0	
Риба й рибопродукти	14,3	5,2	7,5	7,8	8,7	12,3	11,5	11,5	
Цукор	54,5	32,6	33,5	30,3	30,9	38,4	31,4	32,2	
Олія	7,3	7,1	8,1	9,1	10,0	13,0	11,6	12,5	
Картопля	218,8	188,4	189,4	192,3	196,8	141,4	181,7	180,3	
Овочі	79,6	80,7	82,2	81,0	94,0	115,4	110,7	116,8	
Плоди, ягоди та виноград	77,2	32,4	30,4	27,3	21,5	33,9	27,1	28,1	
Хлібопродукти	153,7	108,1	112,9	123,6	119,4	125,6	122,6	119,4	

Таблицю підготував автор на основі [33, 437; 22, 207; 36, 389; 38, 425; 39, 422; 40, 460].

Із таблиці видно, що протягом останнього часу споживання більшості видів продукції в Україні зростає. Але, порівняно з 1990 роком, ці показники менші для всіх продуктів харчування, крім олії, картоплі й овочів.

Оскільки і недостатнє, і надмірне споживання продовольчих товарів не є позитивним явищем, проаналізуємо, чи відповідає воно встановленим нормам. Як відомо, для загальної оцінки рівня життя в Україні застосовується прожитковий мінімум, який є вартісною величиною достатнього для забезпечення нормального функціонування організму людини, збереження її здоров'я, набору продуктів харчування, а також мінімального набору непродовольчих товарів і мінімального набору послуг, потрібних для задоволення основних соціальних і культурних потреб особистості.

Із 1992 року Міністерство статистики України до фіксованого набору з 22 життєво необхідних видів продовольчої продукції включало м'ясо-, молоко-, хлібопродукти й інші (див. табл. Б.1 додатка Б). 14 квітня 2000 року Кабінет Міністрів України видав Постанову № 656, у якій затвердив набори продуктів харчування, непродовольчих товарів та послуг для основних соціальних і демографічних груп населення. Тут продуктів харчування було вже більше, серед інших з'явилися такі, як риба, оселедці та національний продукт – сало, норми споживання яких на одну людину відображено в табл. Б.2 додатка Б.

Із табл. Б.2 видно, що стосовно яловичини та сирів норми збільшились, порівняно з 1992 роком, для всіх категорій населення, а свинини, ковбаси, молока, сметани, борошна, хліба пшеничного, картоплі та цибулі, навпаки, – зменшились.

Для порівняння показників споживання з існуючими нормами, об'єднаємо останні в такі ж групи, як і в табл. 1.3, а також обчислимо їхнє середнє арифметичнє значення (див. табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Згруповані набори продовольчої продукції (у розрахунку на одну особу, кг/рік)

Продукти харчування	Діти		Дорослі		Середнє
	до 6 років	6–18 років	працездатні	непрацездатні	
М'ясо та м'ясопродукти (у перерахунку на м'ясо)	36,5	57,2	53	38	46,2
Молоко й молочні продукти (у перерахунку на молоко)	213,05	209,3	148,5	120,5	172,8
Яйця, штук	182,5	365	220	187,5	239
Риба й рибопродукти	12,8	21,9	13	3,2	12,7
Цукор	18,25	23,1	24	22,5	22
Олія	3	5,1	7,1	6,7	5,5
Картопля	73	93,7	95	108	92,4
Овочі	82,1	109,3	110	98	99,9
Плоди, ягоди та виноград	104,05	121,1	64	32,8	80,5
Хлібопродукти	63,7	108,2	123,4	122,9	104,6

Зіставивши набори продуктів харчування (табл. 1.4), із їх споживанням (табл. 1.3), з'ясуємо, що споживання м'яса та плодів відстає від норм, а молока, яєць, риби, цукру, олії, картоплі, овочів та хлібопродуктів – перевищує норми.

Побудуємо також інтегральний показник, який характеризує якість споживання жителями регіону (чи країни) десяти груп продовольства:

$$I_{jt}^2 = 1 - \sum_{i=1}^{10} \alpha_i \frac{|n_i - c_{ijt}|}{n_i},$$

де I_{jt}^2 – якість споживання жителів j -го регіону (чи країни) за t -й період; α_i – вагові коефіцієнти; n_i – середня норма споживання i -ї групи продуктів харчування (у розрахунку на одну особу, кг/рік); c_{ijt} – споживання i -ї групи продовольчої продукції в j -й області (чи країні) за t -й період (у розрахунку на одну особу, кг/рік).

Вагові коефіцієнти розподілимо так:

– $\alpha = 0,15$ – для продуктів харчування, середні норми споживання яких більші 100 (молоко й молочні продукти; яйця; хлібопродукти);

– $\alpha = 0,10$ – для продуктів харчування, середні норми споживання яких становлять від 45 до 100 (м'ясо та м'ясопродукти; картопля; овочі; плоди, ягоди та виноград);

– $\alpha = 0,05$ – для продуктів харчування, середні норми споживання яких менші 45 (риба й рибопродукти; цукор; олія).

Обчислимо цей показник на основі попередньо проаналізованих у табл. 1.3–1.4 десяти груп товарів для України та Волинського регіону. Отримані результати відображено на рис. 1.10.

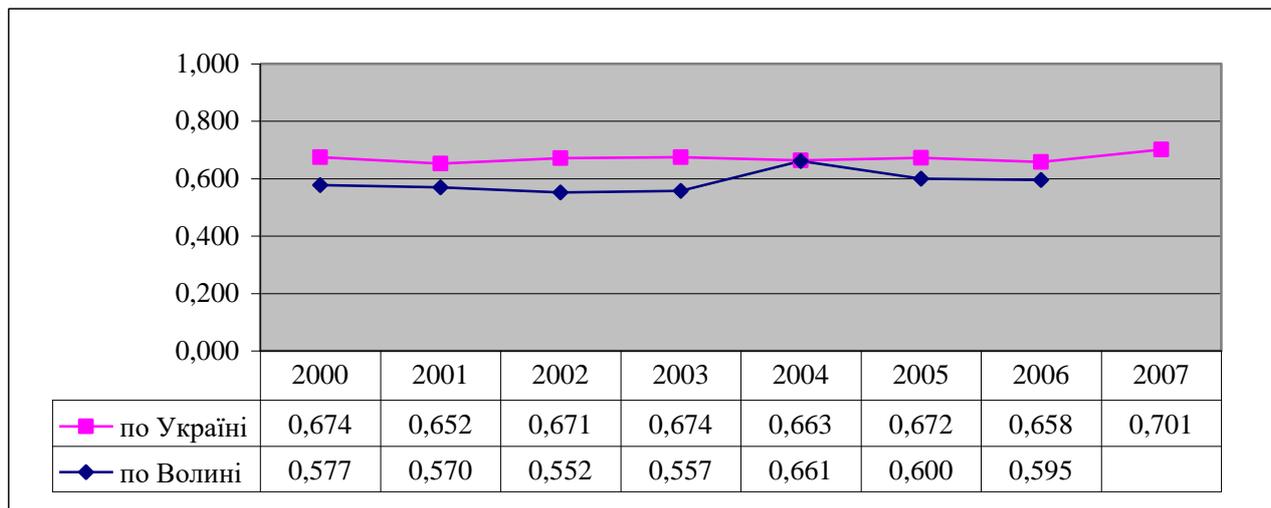


Рис. 1.10. Динаміка інтегральних показників якості споживання в Україні та на Волині

Із рис. 1.10 видно, що якість споживання жителів України загалом краща, ніж у Волинській області. Лінії, які відображають динаміку цих інтегральних показників, знаходяться в межах від 0,552 до 0,701 і мають вигляд $y = 0,660 + 0,002t$ для України та $y = 0,556 + 0,008t$ для Волині, що засвідчує майбутнє незначне покращення якості споживання продуктів харчування українцями загалом та волинянами зокрема.

Проаналізуємо тепер експорт та імпорт продовольчої продукції у країні та регіоні, товарна структура яких наведена в табл. 1.5.

Аналізуючи таблицю, можна помітити, що за 2000–2007 роки в Україні та на Волині збільшились усі показники експорту й імпорту продовольства, крім імпорту жирів та олії у Волинській області.

Побудуємо також інтегральні показники, які характеризують частку регіону в експорті (імпорті) чотирьох груп продовольчої продукції України. Вони матимуть такий вигляд:

$$I_{jt}^3 = \sum_{i=1}^4 \alpha_i \frac{\exp(\text{imp})_{ijt}}{\exp(\text{imp})_{it}},$$

де I_{jt}^3 – частка j -го регіону в експорті (імпорті) продовольчих товарів країни за t -й період; α_i – вагові коефіцієнти; $\exp(\text{imp})_{ijt}$ – експорт (імпорт) i -ї групи продовольчих товарів у j -й області за t -й період

(*тис. дол. США*); $\text{exp}(\text{imp})_{it}$ – експорт (імпорт) i -ї групи продовольства в країні за t -й період (*тис. дол. США*).

Таблиця 1.5

Товарна структура експорту / імпорту продовольства

Товари	Вартість експорту / імпорту (<i>тис. дол. США</i>)							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
в Україні								
Продукція тваринного походження	366 300	454 500	379 700	523 300	648 500	732 000	396 500	747 200
Продукція рослинного походження	104 500	182 500	142 100	189 200	315 000	499 600	648 900	771 300
Жири й олії тваринного та рослинного походження	367 900	693 300	1 120 700	745 800	1 135 900	1 694 800	1 950 500	1 726 500
Готові харчові продукти	302 800	266 100	220 400	776 600	439 500	525 500	671 700	860 800
Жири й олії тваринного та рослинного походження	240 100	225 500	342 200	558 800	545 800	587 200	971 400	1 718 000
Готові харчові продукти	61 200	86 500	110 700	109 300	149 300	204 100	191 100	388 200
Готові харчові продукти	403 100	450 600	546 400	904 200	1 140 700	1 290 800	1 394 200	2 095 300
Готові харчові продукти	439 700	590 400	640 600	1 098 600	1 004 600	1 454 700	1 654 500	2 091 200
на Волині								
Продукція тваринного походження	31 558	27 626	15 275	14 038	35 960	46 070	33 122	52 244
Продукція рослинного походження	185	2 566	5 817	4 945	9 789	14 737	8 830	10 194
Жири й олії тваринного та рослинного походження	7 944	7 669	12 763	25 259	14 313	33 150	42 428	35 884
Готові харчові продукти	2 778	1 646	2 105	6 065	2 651	4 274	6 367	6 590
Жири й олії тваринного та рослинного походження	1 623	790	703	10 196	394	596	573	14 577
Готові харчові продукти	1 160	2 170	5 151	311	268	570	72	5
Готові харчові продукти	4 654	3 885	3 701	10 260	16 464	18 004	14 464	9 038
Готові харчові продукти	1 166	2 647	3 583	11 430	15 301	71 381	25 508	21 416

Таблицю підготував автор на основі [32, 281; 44, 266; 45, 283; 31, 269; 46, 275; 33, 262; 21, 254; 22, 137; 38, 188–190; 39, 206–208; 40, 226–228].

Вагові коефіцієнти розподілимо так:

- $\alpha = 0,4$ – для готових харчових продуктів;
- $\alpha = 0,2$ – для продукції тваринного походження; продукції рослинного походження; жирів та олії тваринного й рослинного походження.

Обчислимо ці показники для Волині на основі попередньо проаналізованих у табл. 1.5 чотирьох груп товарів. Отриманий результат відображено на рис. 1.11.

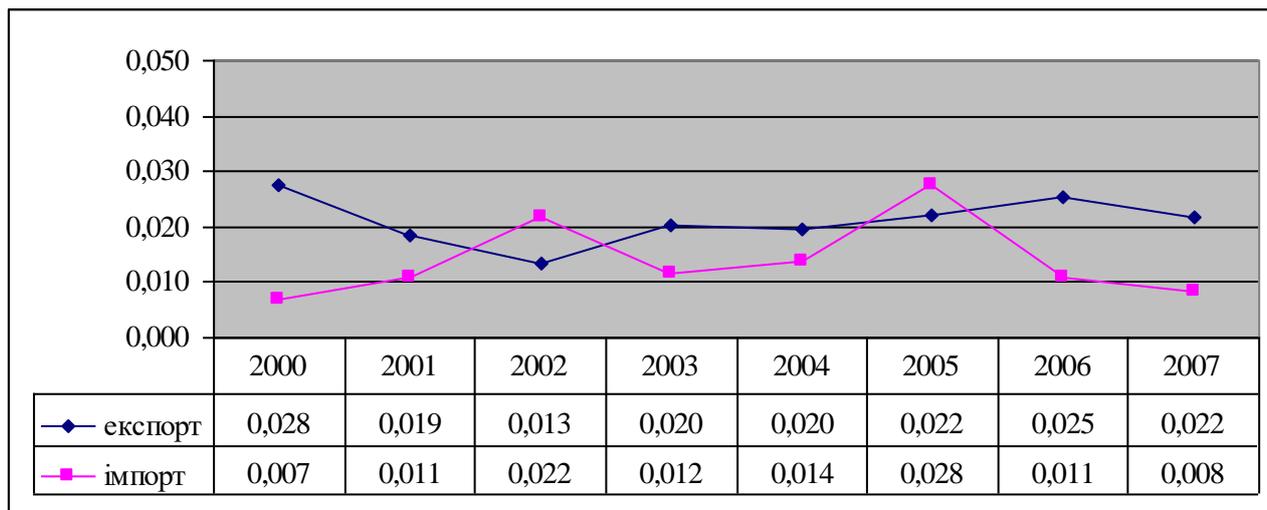


Рис. 1.11. Динаміка інтегральних показників частки Волинської області в експорті й імпорті продовольчої продукції України

Із рис. 1.11 видно, що коливання інтегральних показників частки області в експорті продуктів харчування України відбувалось навколо значення 0,021, а коливання інтегральних показників частки регіону в імпорті продовольства країни відбувалось навколо значення 0,014. Причому через кожні три роки (у 2002 та 2005 роках) частка імпорту перевищувала частку експорту. Якщо тенденція збережеться, то такий результат можна очікувати й у 2008 році.

До зовнішньоекономічної діяльності, крім експортно-імпортних операцій, належать також прямі іноземні інвестиції. Їхні обсяги в харчову промисловість і переробку сільськогосподарських продуктів України та Волині покажемо за допомогою табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Прямі іноземні інвестиції в харчову промисловість і переробку сільськогосподарських продуктів, тис. дол. США

Показник	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
в Україні	775 500	795 900	852 300	988 300	1 123 700	1 169 300	1 274 600	1 564 000
на Волині	16 890,0	12 536,9	12 756,1	13 600,0	14 210,2	14 346,9	16 804,9	20 756,1
частка регіону	0,022	0,016	0,015	0,014	0,013	0,012	0,013	0,013

Таблицю підготував автор на основі [32, 288; 44, 274; 45, 291; 31, 278; 46, 284; 33, 271; 21, 263; 22, 145; 36, 192; 37, 206; 38, 209; 39, 228; 40, 252].

Отже, щорічне збільшення суми інвестиційного капіталу в цей вид діяльності в Україні відбувається з 2000-го року, а на Волині – з 2002 року. Це є надзвичайно позитивним явищем, оскільки активне інвестування в основний капітал дає можливість упроваджувати новітні досягнення науково-технічного прогресу, сучасні методи зберігання сировини, зменшувати витрати на всіх стадіях переробки,

удосконалювати організацію виробництва та праці, мінімізувати витрати робочої сили, паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів [47, 280]. Однак частка Волині у прямих іноземних інвестиціях у харчову промисловість країни до 2005 року поступово зменшувалась.

Проведений аналіз дає підставу зробити такі висновки:

1) виробництво продукції слід трактувати як складову частину системи управління показниками підприємств харчової промисловості;

2) щодо окремого підприємства ці показники відображають дерево його цілей;

3) на загальнодержавному й регіональному рівнях систему показників підприємств харчової промисловості слід формувати залежно від наявних офіційних статистичних даних і на їхній основі будувати інтегральні показники.

1.2. Аналіз методів дослідження випуску продуктів харчування

Характерною особливістю сучасного розвитку економічної науки є широке використання математичних методів і моделей для аналізу соціально-економічних явищ і процесів, виявлення наявних закономірностей, пошуку оптимального напрямку їх розвитку. Вони сприяють вивченню в нерозривному зв'язку кількісних та якісних сторін досліджуваних об'єктів.

Відомо, що *метод* – це система принципів і прийомів пізнавально-теоретичної та практичної діяльності [48, 21]. Є багато методів, за допомогою яких можна вивчати економічні об'єкти. Так, до методів дослідження випуску продукції харчової промисловості, на нашу думку, насамперед належать кластерний і факторний аналізи, прогнозування і моделювання, оскільки вони дають змогу на різних рівнях управління розв'язати низку завдань (див. рис. 1.12).



Рис. 1.12. Методи дослідження випуску продуктів харчування

Охарактеризуємо їх докладніше.

Кластерний аналіз (від англ. *cluster* – гроно, згусток) є сукупністю методів класифікації багатовимірних спостережень, основна мета якої полягає в розподілі вхідних даних на однорідні групи так, щоб об’єкти всередині групи були схожими між собою згідно з деяким критерієм, а об’єкти з різних груп відрізнялися один від одного. Причому класифікація об’єктів проводиться одночасно за декількома ознаками на основі введення певної міри сумарної близькості за всіма ознаками класифікації [49, 129].

Кластерний аналіз дає змогу аналізувати достатньо великий обсяг інформації і різко скорочувати великі масиви соціально-економічної інформації, робити їх компактними й наочними [50, 50].

Сьогодні він широко використовується в біології (групування тварин за видами), медицині (класифікація захворювань, лікувань захворювань), психіатрії (групування симптомів захворювань), археології (класифікація кам’яних знарядь), на семінарах із невербальної комунікації (класифікація жестів), а також у маркетингових дослідженнях, хоча вперше його застосували в соціології.

Використанню кластерного аналізу для класифікації соціально-економічних об’єктів присвятили наукові публікації Л. Антонюк, В. А. Грабауров, Р. Т. Грищук, Я. І. Єлейко, О. П. Завада, С. О. Козій,

Л. О. Корчевська, М. П. Кульбіда, М. В. Макаренко, І. Наконечна, І. Б. Олексів, Н. Ю. Подольчак, В. Сацик, І. І. Світлишин, О. В. Скидан, Ф. Хміль, А. О. Цапін та ін. Так, зокрема, його використовують для оцінювання стану інвестиційних фондів [51], трудового потенціалу країн [55], економічного ризику підприємств [59–60], аналізу міжнародної конкурентоспроможності країн [52], класифікації споживачів електроенергії [53], групування країн за рівнем економічного розвитку [54], аналізу динамічних рядів вилову риби на окремих водоймах [56], створення моделі ефективного функціонування промислових підприємств [57], аналізу розвитку соціальних послуг у різних регіонах [58], удосконалення методології формування регіональної аграрної політики [61], стратифікації підприємств [62], побудови моделі розвитку територіальних об'єднань підприємств [63] тощо.

Задачі кластерного аналізу прийнято поділяти на два основні види залежно від обсягу сукупності вхідних даних.

До *першого виду* належать задачі класифікації порівняно невеликих за обсягом сукупностей спостережень, які, зазвичай, складаються з декількох десятків спостережень. Це, зокрема, задачі класифікації таких макрооб'єктів, як країни, області, міста, підприємства, типи технологічних процесів тощо.

До *другого виду* належать задачі класифікації великих за обсягом сукупностей спостережень, які складаються із сотень і тисяч спостережень. Це, зокрема, задачі класифікації таких мікрооб'єктів, як індивіди, сім'ї, вироби тощо [64, 504].

У програмному пакеті *StatSoft Statistica 6.0* розрізняють такі три методи кластерного аналізу: об'єднання (деревоподібна кластеризація), двовходове об'єднання, *K*-середніх.

Призначення деревоподібної кластеризації полягає в об'єднанні об'єктів у достатньо великі групи, використовуючи деяку міру схожості чи відстань між об'єктами. Її результатом є ієрархічне дерево.

Двовходове об'єднання проводить кластеризацію і спостережень, і змінних, тобто у двох напрямках. Воно використовується досить рідко, порівняно з іншими методами, і тільки тоді, коли передбачається, що і спостереження, і змінні одночасно вносять вклад у визначення осмислених кластерів.

Під час застосування *методу K-середніх* вибираються K випадкових кластери, розташованих на якомога більшій відстані один від одного, а потім змінюється належність до них об'єктів так, щоб: 1) мінімізувати змінність усередині кластерів; 2) максимізувати змінність між кластерами.

Тобто при цьому потрібно наперед задавати кількість кластерів, яку бажаємо отримати.

Проведення деревоподібної кластеризації економічних об'єктів полягає у проходженні таких етапів:

- 1) побудова матриці вхідних даних;
- 2) побудова матриці стандартизованих вхідних даних;
- 3) побудова матриці відстаней;
- 4) об'єднання об'єктів у кластери.

На першому етапі формується таблиця, у якій економічні об'єкти характеризуються певними показниками.

На другому етапі проводиться стандартизація показників, тобто так зване z -перетворення, яке особливо корисне, коли дані подані в різних одиницях виміру. Вона приводить значення всіх перетворених показників до єдиного діапазону, а саме від -3 до $+3$ [65, 387]. Стандартизоване значення обчислюється за формулою:

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s},$$

де $x_i (i = \overline{1, n})$ – вхідне значення показника; $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ – його середнє значення; $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ – його стандартне відхилення.

На третьому етапі обирається одна із семи мір відстаней (див. рис. 1.13) і будується симетрична матриця відстаней.

На четвертому етапі обирається правило об'єднання об'єктів у кластери та відбувається їхнє об'єднання. Існує сім алгоритмів об'єднання об'єктів у кластери:

1) *одинарне об'єднання (метод ближнього сусіда)* – відстань між двома кластерами обчислюється як мінімальна відстань між усіма парами об'єктів, котрі їм належать;

2) *повне об'єднання (метод найбільш віддаленого сусіда)* – відстань між двома кластерами обчислюється як максимальна відстань між усіма парами об'єктів, які їм належать;

3) *незважаєне попарне групове середнє* – відстань між двома кластерами визначається як середня відстань між усіма парами об'єктів, котрі їм належать;

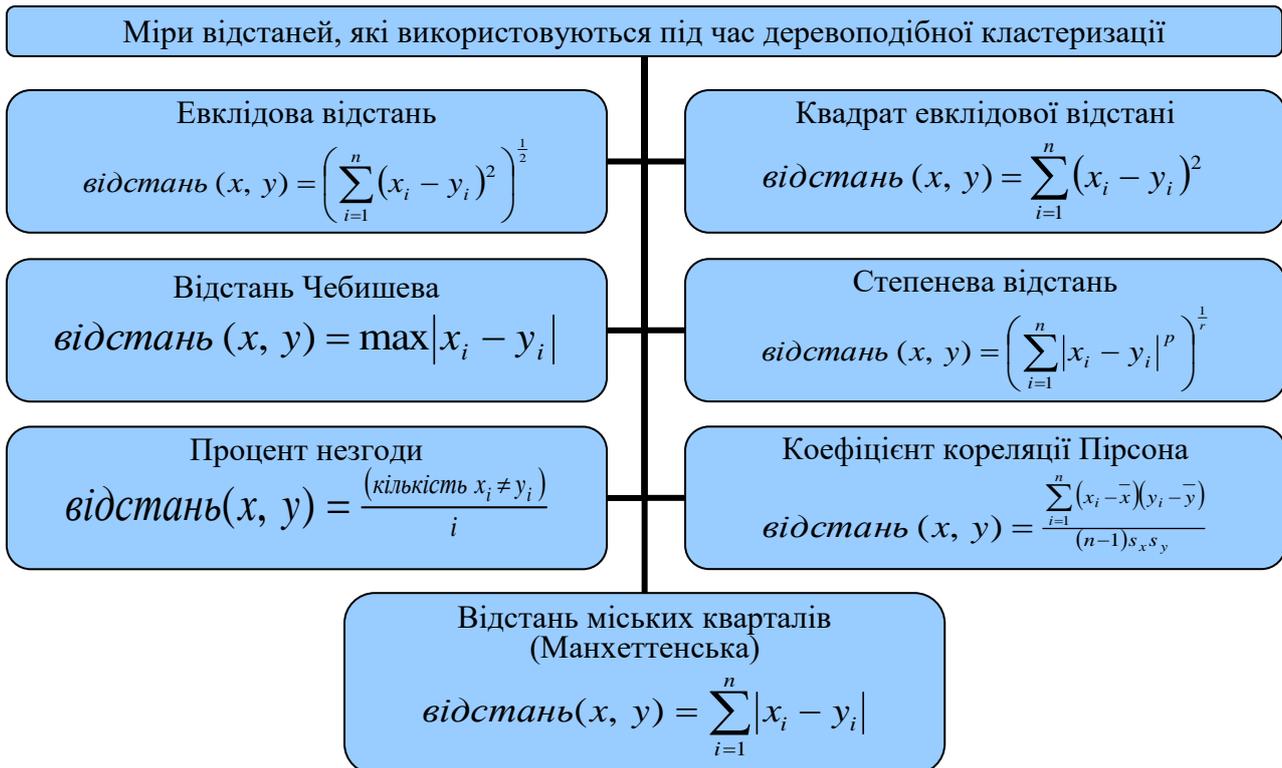


Рис. 1.13. Міри відстаней деревоподібної кластеризації:

x_i, y_i – значення двох показників; \bar{x}, \bar{y} – їх середні значення; s_x, s_y – їх стандартні відхилення; n – кількість пар значень; p і r – параметри, які визначаються користувачем.

4) *зважене попарне групове середнє* – аналогічний до попереднього, але кількість об'єктів у кластері використовується як ваговий коефіцієнт (чим більша кількість об'єктів, тим більшу вагу він має);

5) *незважений попарний груповий центроїд* – відстань між двома кластерами обчислюється як відстань між їх центроїдами (середніми значеннями показників);

6) *зважений попарний груповий центроїд (медіана)* – аналогічний до попереднього, але кількість об'єктів у кластері використовується як ваговий коефіцієнт;

7) *метод Варда (Уорда)* – мінімізує дисперсію двох кластерів, що об'єднуються на кожному кроці об'єднання.

Для дослідження виробництва продуктів харчування, особливо їхньої динаміки, поряд із кластерним доцільно застосовувати й *факторний аналіз*. Адже його основними цілями є скорочення кількості змінних (редукція даних) та визначення структури взаємозв'язків між змінними, тобто їхня класифікація [66].

Головна мета цього методу дослідження полягає у виявленні прихованих гіпотетичних величин (факторів) на основі великої

кількості експериментальних даних. Фактори мають якомога бути простими й достатньо точно описувати та пояснювати досліджувані величини. Тобто факторний аналіз є методом, який упорядковує удавану хаотичність явища, яке вивчається, і генерує нові гіпотези [67, 14]. При цьому причиною явища вважаються шукані фактори, а наслідками – ознаки, які спостерігаються. І якщо велику кількість ознак вдається пояснити малою кількістю факторів, то тільки тоді такий статистичний аналіз вважається цілком успішним.

Передумовами використання цього методу є:

- наявність сильно корелюючих ознак та, як наслідок, дублювання інформації;
- слабка інформативність низки факторних ознак;
- можливість і доцільність агрегування декількох факторних ознак [68, 280].

Схеми та моделі факторного аналізу виникли ще на початку двадцятого століття завдяки завданням психології. Вони пов'язані з іменами Ч. Спірмена, Л. Терстоуна й Г. Томсона. Однак, з огляду на деякі історичні причини й, зокрема, через суб'єктивні пристрасті та специфічні наукові інтереси перших дослідників, які працювали в цій сфері, імовірно-статистичні аспекти цього розділу багатомірного статистичного аналізу тривалий період майже не розроблялись, а для інтерпретації й аналізу різних моделей факторного аналізу була характерна деяка невизначеність. Тільки із середини 50-х років починають з'являтися цікаві результати саме імовірно-статистичних досліджень цього апарату [64, 552].

Факторний аналіз, як уже зазначалось вище, використовується у психології, а також біології, соціології, метеорології, медицині та географії. В економічних дослідженнях найперспективнішими напрямками використання методів факторного аналізу є:

- 1) зменшення числа економічних показників, які характеризують кількість економічних явищ, без суттєвої втрати достовірності;
- 2) отримання узагальнених індексів, котрі характеризують економічний механізм;
- 3) класифікація економічних об'єктів, які характеризуються набором незалежних ознак;
- 4) можливість побудови й наступної статистичної перевірки гіпотез про суть економічних явищ та процесів [69, 786].

Застосуванню факторного аналізу присвятили публікації такі українські науковці, як В. Б. Артеменко, А. П. Голіков, І. Б. Олексів, Н. Ю. Подольчак, У. Я. Садова, Л. К. Семів та зарубіжні вчені Т. Андерсон [70], К. Іберла [67], Г. Харман [71] й ін. Так, зокрема, в економіці його використовують для аналізу зовнішньоекономічної діяльності [50, 35], багатовимірного шкалювання розвитку сфери соціальних послуг у Львівській області [58], моделювання системи регіональних синтетичних індикаторів якості життя населення [72], аналізу рівня життя населення в регіоні з пониженою місткістю ринку праці [73] тощо.

Модель факторного аналізу має такий вигляд:

$$z_j = a_{1j}F_1 + a_{2j}F_2 + \dots + a_{mj}F_m + d_jU_j \quad (j = 1, 2, \dots, n), (m < n).$$

У ній параметр z_j лінійно залежить від m загальних факторів (F_1, F_2, \dots, F_m) і характерного фактору U_j (зазвичай m набагато менше n). Загальні фактори враховують кореляції між параметрами, а характерний фактор – дисперсію, яка залишилася (у тому числі й пов'язану з різними похибками). Коефіцієнти a_{ij} та d_j при факторах називають навантаженнями [71, 26]. Факторні навантаження a_{ij} збігаються з коефіцієнтами кореляції між загальними факторами та змінними z_j [74].

Факторний аналіз проводиться за таким алгоритмом:

1) стандартизація заданих значень змінних, тобто перетворення матриці вхідних даних X у матрицю стандартизованих вхідних даних Z :

$$X = (x_{ij}) = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N1} & x_{N2} & \dots & x_{Nn} \end{pmatrix} \rightarrow Z = (z_{ij}) = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{N1} & z_{N2} & \dots & z_{Nn} \end{pmatrix},$$

$$\text{де } z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j};$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij};$$

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N x_{ij}^2 - (\bar{x}_j)^2};$$

x_{ij} ($i = \overline{1, N}; j = \overline{1, n}$) – значення j -го параметра для i -го об'єкта;

\bar{x}_j, s_j ($j = \overline{1, n}$) – середнє значення і стандартне відхилення j -го параметра;

z_{ij} ($i = \overline{1, N}; j = \overline{1, n}$) – стандартизоване значення j -го параметра для i -го об'єкта;

$i = 1, 2, \dots, N$ – номер об'єкта;

$j = 1, 2, \dots, n$ – номер параметра (ознаки; змінної);

2) обчислення коефіцієнтів кореляції Пірсона між досліджуваними змінними, тобто розрахунок матриці R :

$$R = (r_{kj}) = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

$$\text{де } r_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{ik} - \bar{x}_k) * (x_{ij} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_{ik} - \bar{x}_k)^2 * \sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}};$$

r_{kj} – коефіцієнт кореляції Пірсона між k -м та j -м параметрами.

На діагоналі цієї матриці замість одиниць розміщують загальності $h_j^2 = \sum_{i=1}^m a_{ij}^2$ ($j = \overline{1, n}$) [75, 233]. Після цього вона позначається R_h

та називається редуційною. Слід зазначити, що загальностями можуть бути дійсні значення, максимальні значення, тріади, середні значення, ранги 1, центроїди, авероїди та квадрати множинної кореляції параметрів [71, 104], обчислені за різними формулами;

3) визначення k -тих власних значень λ_k редуційної кореляційної матриці R_h та відповідних їм власних векторів на підставі так званих характеристичних рівнянь:

$$|R_h - \lambda_k I| = 0,$$

де λ_k – k -ті за величиною корені (під час їх розміщення в порядку спаду) характеристичних рівнянь;

I – одинична матриця;

4) сортування власних значень у порядку спаду;

5) визначення факторів та їхньої оптимальної кількості;

6) обертання факторів;

7) їхня інтерпретація [76].

Для визначення кількості факторів існують такі способи:

1) критерій Кайзера (запропонований у 1960 році) – залишають фактори, власні значення яких перевищують одиницю. Логіка цього критерію така: варіація окремої змінної дорівнює одиниці, тому не становить інтересу фактор, який пояснює меншу частку сукупної дисперсії;

2) спосіб, за якого залишають стільки факторів, скільки пояснюють наперед фіксовану частину сукупної дисперсії (наприклад, 70–80 %);

3) критерій кам'янистого осипу, запропонований Р. Кеттелем у 1966 році, ґрунтується на аналізі спеціального графіка, на якому зображається залежність величини власного значення фактору від його номера. Графік отримав назву *Scree Plot* (діаграма кам'янистого осипу), оскільки нагадує схил гори. “Скельна” частина відповідає реально наявним факторам, осип “осколків” біля підніжжя – статистичному шуму. Зазвичай крива на графіку має декілька точок перегину. Р. Кеттел показав, що оптимальну кількість факторів можна визначити за точкою другого перегину [77]. Інакше кажучи, учений запропонував знайти таке місце на графіку, де зменшення власних значень зліва направо максимально сповільнюється. Справа від цієї точки розміщений тільки “факторіальний осип”. Поняття “осип” є геологічним терміном, який означає уламки гірських порід, котрі накопичуються в нижній частині скелястого схилу.

Слід зазначити, що іноді критерій Кайзера зберігає надто багато факторів, у той час як критерій кам'янистого осипу – надто мало факторів. Однак обидва ці способи цілком задовільні за нормальних умов, коли наявна відносно невелика кількість факторів і багато змінних [66].

Щодо методів обертання, то найбільш популярними серед них є методи ортогонального обертання, які зберігають прямі кути між факторами: варімакс, еквмакс, квартімакс. Різниця між ними полягає в тому, що варімакс намагається спростити інтерпретацію факторів, квартімакс – змінних, а еквмакс – і факторів, і змінних одночасно. На відміну від ортогональних методів, методи косокутного обертання не зберігають незалежність факторів. Під час такого обертання осі факторів проводять так, щоб вони проходили якомога ближче до пучка змінних. При цьому може виявитись, що перпендикулярність осей координат порушена, тобто з'являється кореляція між факторами [77].

Частковим випадком факторного аналізу (коли всі специфічні фактори прийняті рівними нулю, а загальні фактори ортогональні) є *метод головних компонент (компонентний аналіз)* [78], який запропонував 1901 року К. Пірсон, а потім знову відкрив і докладно розробив Г. Хоттелінг у 1933 році [79]. Цей метод, по суті, зводиться

до вибору нової ортогональної системи координат у просторі спостережень. Як першу головну компоненту вибирають напрям, уздовж якого масив спостережень має найбільший розкид. Вибір кожної наступної головної компоненти відбувається так, щоб розкид уздовж неї був максимальним і щоб ця головна компонента була ортогональною іншим головним компонентам, вибраним попередньо [80, 466]. На діагоналі кореляційної матриці під час такого аналізу стоять не загальності h_j^2 , а одиниці.

Модель компонентного аналізу подібна до моделі факторного аналізу:

$$z_j = a_{1j}F_1 + a_{2j}F_2 + \dots + a_{nj}F_n \quad (j = 1, 2, \dots, n).$$

Її важливою особливістю є те, що кожен черговий компонент (фактор) дає максимально можливий вклад у сумарну дисперсію параметрів.

Звичайно, чи не кожне дослідження економічних об'єктів, у тому числі випуску продуктів харчування, не обходиться без визначення їхнього майбутнього стану, тобто прогнозування. *Прогнозування* – це спосіб наукового передбачення, у якому використовується і накопичений у минулому досвід, і поточні припущення стосовно майбутнього для його визначення [81, 4]. Воно обов'язково має передувати плануванню та прийняттю управлінських рішень.

Залежно від інформаційної основи, методи прогнозування поділяють на дві групи:

- 1) фактографічні, які ґрунтуються на використанні документальних джерел інформації;
- 2) експертні, які використовують інформацію, отриману від експертів [48, 23].

Дані про майбутній стан випуску продовольства можна отримати за допомогою певних фактографічних методів прогнозування (див. рис. 1.14).

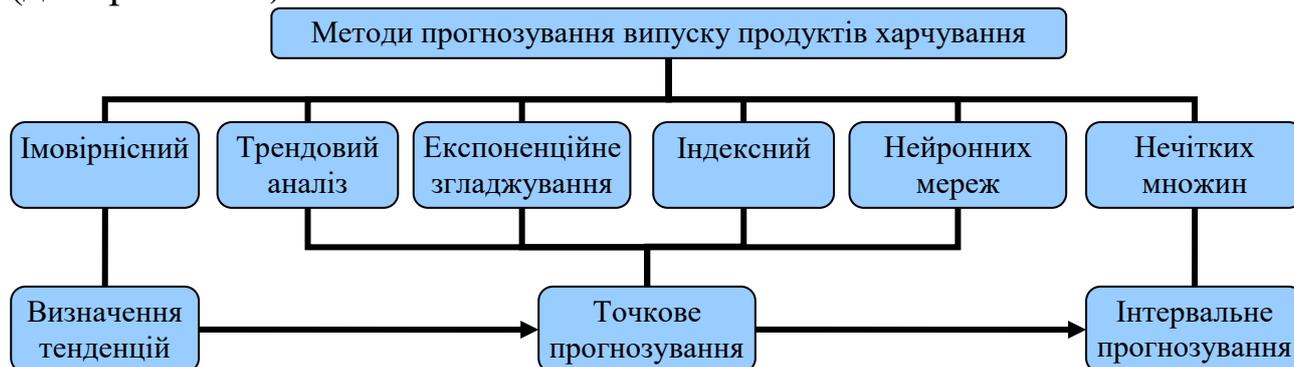


Рис. 1.14. Методи прогнозування випуску продуктів харчування

Тобто, на нашу думку, прогнозування виробництва продуктів харчування має проходити за алгоритмом, який добре видно на рис. 1.14, а саме: визначення тенденцій → точкове прогнозування → інтервальне прогнозування.

У будь-якому економетричному дослідженні розрізняють такі чотири стадії:

- 1) формулювання підтримуваної гіпотези (специфікація моделі);
- 2) тестування підтримуваної гіпотези (оцінювання параметрів моделі);
- 3) вирішення на підставі певних критеріїв, чи оцінки є задовільними та надійними;
- 4) визначення придатності моделі до передбачення [82, 11].

Інакше кажучи, економетричне моделювання полягає у проходженні таких етапів: теорія → теоретична модель → економетрична модель → оцінювальне тестування (за допомогою даних та статистичного припущення) → прогнозування [83, 16]. Тобто *моделювання* є одним із методів наукового пізнання, коли дослідження певного об'єкта відбувається шляхом побудови його моделі.

Згідно з економічною енциклопедією, *модель* – це матеріальний (фізичний) або уявний (абстрактний, знаковий) об'єкт, який у процесі дослідження реального об'єкта замінює його так, що дослідження об'єкта-замінника дає нові знання про об'єкт-оригінал [1, 453]. А походить цей термін від лат. *modulus*, що означає “міра”, “зразок” [84, 109].

Моделювання почали використовувати дуже давно. Воно застосовується тоді, коли:

- 1) досліджуваний об'єкт безпосередньо вивчити неможливо;
- 2) об'єкта ще не має;
- 3) дослідження потребує значних затрат коштів і часу;
- 4) потрібно перевірити гіпотези [85, 6].

Проведений аналіз методів дослідження випуску продуктів харчування дає підставу зробити такі висновки:

- 1) на рівні окремого підприємства до таких методів належать оптимізаційне й імітаційне моделювання;
- 2) на загальнодержавному й регіональному рівнях до таких методів належать кластерний та факторний аналізи, а також прогнозування.

1.3. Огляд економіко-математичних моделей виробництва продукції

Виділяють декілька важливих причин, чому економісти, як і інші науковці, використовують моделі. Одна з них полягає в тому, що справжній світ є таким комплексом, який потрібно спростити й відокремити, якщо збираються робити будь-який прогрес. Іншою є те, що проста модель може бути найдешевшим шляхом отримання потрібної інформації [86, 14].

Класифікацію моделей, залежно від обраного критерію, відображено на рис. 1.15.

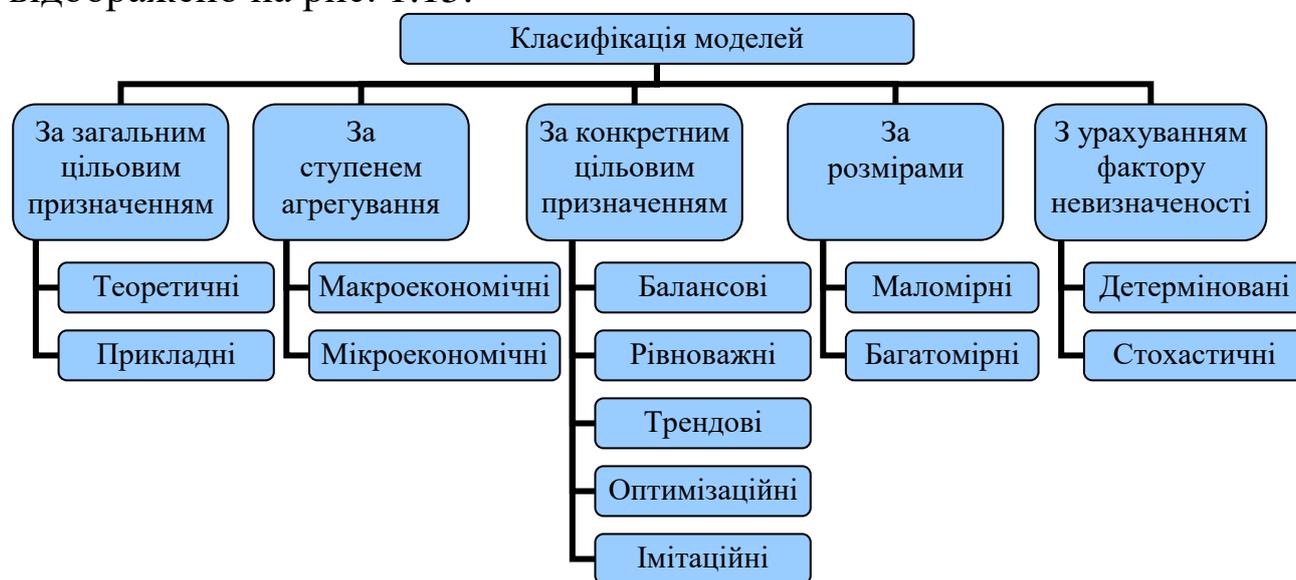


Рис. 1.15. Класифікація моделей

Слід зазначити, що балансові моделі відображають відповідність ресурсів і їх використання; рівноважні – витрати–випуск; трендові – специфічну тенденцію економічної системи; оптимізаційні – дають змогу вибрати найбільш раціональний варіант; імітаційні – призначені для використання у процесах машинної обробки [84, 109].

Проведений нами аналіз наукової літератури засвідчує, що найбільш популярними серед моделей, які використовують у дослідженнях виробництва продукції, є оптимізаційні й імітаційні. Тому перед побудовою власних економіко-математичних моделей випуску продукції підприємствами харчової промисловості доцільно, на нашу думку, провести огляд оптимізаційних й імітаційних моделей інших авторів.

Згідно з Державними стандартами України, керування виробництвом – це система заходів впливу на виконавців, зайнятих у

процесі виробництва, та через них на засоби виробництва, що здійснюється свідомо, цілеспрямовано, планомірно і сприяє виготовленню продукції потрібної кількості та якості з найменшими трудовими й матеріальними витратами [87, 14]. Обсяг випуску продукції залежить від великої кількості показників, визначення екстремальних значень яких можуть бути цілями діяльності підприємства: доходу, прибутку, собівартості, попиту (збуту) тощо. Тому перед фахівцями з управління виробництвом постає завдання вибору оптимального асортименту продукції з можливих альтернатив. Воно розв'язується за допомогою побудови *оптимізаційної моделі*, складовими частинами якої є:

- наявність одного чи декількох критеріїв оптимальності;
- наявність системи обмежень, яка формується на основі постановки задачі та є системою рівнянь чи нерівностей [88, 13].

Слід зазначити, що критерієм оптимальності, згідно з держстандартами, є конкретний кількісний показник, за яким відбирають оптимальний варіант рішення із множини можливих [89, 28].

Загалом оптимізаційну задачу зображають так:

знайти екстремум функції $K = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \text{extr (max чи min)}$

за обмежень $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_i \ (i = \overline{1, m})$

та умов невід'ємності змінних $x_j \geq 0 \ (j = \overline{1, n})$,

де K – критерій економічної ефективності дій (показує, наскільки один варіант кращий чи гірший за інший); x_1, x_2, \dots, x_n – фактори, які впливають на критерій; f – функція, яка визначає критерій оптимальності [16, 8].

Алгоритм її розв'язування полягає у проходженні таких етапів:

1) вибір завдання (визначення критерію оптимальності й існування множини можливих і допустимих рішень);

2) змістова постановка завдання: вхідні дані; шукані змінні; межі, у яких можуть міститися значення шуканих величин; залежності між змінними;

3) формування математичної моделі;

4) збір вхідних даних;

5) розв'язання задачі;

6) аналіз отриманого оптимального розв'язку;

7) прийняття рішення;

8) керівництво з реалізації рішення [90, 17].

Побудові оптимізаційних моделей випуску продукції присвятили дослідження такі вітчизняні науковці, як А. Ф. Гукалюк, М. М. Карбовник, В. Р. Кігель, І. Б. Олексів, О. О. Орлов, С. В. Прокопов, О. С. Сенишин, В. М. Цицак, а також зарубіжні вчені Н. І. Холод, А. В. Кузнецов, Я. Н. Жихар й ін. У роботах дослідники аналізують різноманітні критерії оптимальності, будують на їх основі економіко-математичні моделі підтримки прийняття рішень.

Слід зазначити, що використання методів оптимізації виробничої програми фірми для максимізації прибутку започаткував 1939 року [91, 117] відомий радянський учений, лауреат Нобелівської премії в галузі економіки 1975 року [92, 69] Л. В. Канторович:

$$k = \sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \max,$$

де j – номер окремого виду продукції ($j = \overline{1, n}$); n – кількість видів продукції; x_j – обсяг продукції j -го виду; p_j – прибуток (ціна – загальні витрати) від продажу одиниці продукції j -го виду.

Однак учений не враховує те, що прибуток зі зростанням обсягів виробництва збільшується нелінійно (непропорційно). Тому О. О. Орлов пропонує уточнити цю формулу, розділивши в ній усі загальні витрати на дві групи: постійні та змінні:

$$k = \sum_{j=1}^n M_j x_j - B_{\text{пост}} \rightarrow \max,$$

де M_j – маржинальний прибуток (ціна – змінні витрати) від продажу одиниці продукції j -го виду; $B_{\text{пост}}$ – постійні витрати загалом по підприємству [93, 39].

Ці зміни обґрунтовувались тим, що зі зростанням обсягів виробництва приріст прибутку тим більший, чим більша питома вага постійних витрат у собівартості продукції.

Інші вітчизняні науковці А. Ф. Гукалюк та О. С. Сенишин у [94] визначали оптимальну виробничу програму на прикладі кондитерської фірми ЗАТ “Світоч”. До критеріїв оптимальності вчені зараховують максимум обсягу валового прибутку, максимум обсягу реалізованої продукції та максимум частки освоєного цільового ринку. Обмеження в цій моделі стосувались використання певних видів ресурсів. Дослідники розраховують три варіанти річної виробничої програми окремо за кожним критерієм. Кінцевим етапом процесу моделювання стало обґрунтування та вибір оптимального варіанта плану виробництва на рік. Для реалізації цього етапу

спочатку застосовано процедуру нормалізації критеріїв (приведення їх до безрозмірних величин), а пізніше використано методи рівномірної оптимізації та визначення сумарного відхилення від ідеальної точки.

У [95] М. М. Карбовник визначає критерієм оптимальності плану виробничо-господарської діяльності виробничо-торговельного підприємства максимум виторгу за обмежень на трудові ресурси, виробничі площі, інгредієнти, виробництво (відповідно до замовлень контрагентів), складські приміщення, обсяг товарообігу, якість й обсяг асортиментів товарів.

В. Р. Кігель у [91] проводить оптимізацію виробничої програми фірми за умов ризику. Обмеження в ній вводились на обсяги виробництва продукції, а також обсяги виробничого використання, придбання додаткових або реалізації надлишкових виробничих ресурсів тощо. За нейтрального ставлення підприємця до ризику оптимальна виробнича програма обчислювалась за критерієм максимізації очікуваного прибутку. Якщо ж ставлення підприємця до ризику відрізнялось від нейтрального, до попередньої вводилась додаткова цільова функція – максимум (схильний до ризику) чи мінімум (не схильний до ризику) дисперсії прибутку.

У [96] І. Б. Олексів запропонував модель оптимального плану виробництва продукції з чотирма критеріями ефективності, які враховують різні аспекти діяльності приладобудівного підприємства, а саме:

- максимум доходу (аспект організації внутрішніх бізнес-процесів);
- максимум прибутку (аспект фінансової діяльності);
- максимум корисності для споживачів (аспект відносин зі споживачами);
- максимум прибутковості інновацій (інноваційний аспект).

Обмеження в ній стосувались матеріальних і фінансових ресурсів, основних техніко-економічних показників, обсягів попиту, інноваційних витрат та якості продукції. Компромісний розв'язок цієї моделі полягав у використанні методу скаляризації на основі принципу рівномірної оптимізації (справедливого компромісу).

С. В. Прокопов у [97, 171] визначив такі критерії оптимальності під час розв'язання завдання оптимізації асортименту продукції швейної фабрики:

- максимум отриманого прибутку;
- мінімум витрат на випуск продукції (собівартості продукції);
- максимум випуску продукції;
- мінімум витрат ресурсів.

Обмеження в моделі вводились на величину сумарних витрат, обсяг випуску продукції, кількість використовуваних ресурсів та фонд робочого часу. Для розв'язання цього багатокритеріального завдання використовувався принцип послідовної поступки, який докладно буде описано нижче.

У [98–100] В. М. Цицак проводила моделювання виробничої програми підприємства за умов нечіткого попиту на продукцію.

І нарешті, Н. І. Холод, А. В. Кузнецов, Я. Н. Жихар у [16, 193–195] виділили такі показники ефективності діяльності підприємств:

- максимум чистого доходу (різниця між вартістю реалізованої продукції та витратами на її виробництво);
- максимум прибутку;
- максимум рентабельності (відношення прибутку до середньорічної вартості виробничих фондів);
- максимум реалізованої продукції;
- максимум продуктивності праці (виробітку товарної продукції на одного працівника);
- максимум завантаження обладнання.

Щодо обмежень, то вони запропонували вводити ліміти на витрати сировини, використання фонду часу роботи певних груп обладнання, трудомісткість виготовлення продукції на визначених робочих місцях тощо.

Отож різні вчені виділяють іноді однакові, а іноді й відмінні критерії. Незважаючи на це, усі вони мають відповідати обраній проблемі та володіти певними бажаними властивостями. Так, зокрема, зарубіжні науковці Р. Кіні та Х. Райфа вважають, що в будь-якій проблемі, пов'язаній із прийняттям рішення, важливо, щоб використовуваний набір критеріїв був повним – охоплював усі важливі аспекти проблеми; дієвим – міг бути з користю застосований в аналізі; здатним до поділу – щоб процес оцінювання можна було спростити, розбивши його на частини; не надлишковим – не дублював урахування різних аспектів наслідків; і мінімальним – щоб розмірність проблеми залишалась якомога мінімальною [101, 63]. Тобто ці п'ять властивостей є своєрідними цілями, яких потрібно досягнути.

Оскільки в оптимізаційних моделях неможливо одночасно досягнути мети за всіма критеріями, то постає питання вибору компромісного рішення. Принципи вибору схеми компромісу відображено на рис. 1.16.

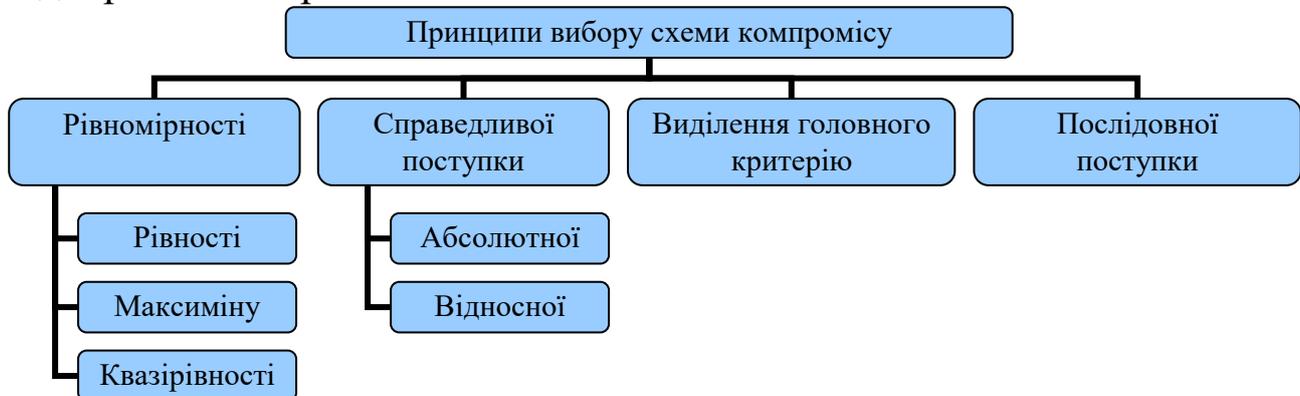


Рис. 1.16. Принципи вибору схеми компромісу

Принцип рівномірності полягає у прагненні до рівномірного й гармонійного підвищення якості операції за всіма локальними критеріями. Він має декілька різновидів:

а) принцип рівності – найкращим компромісним рішенням вважається таке, за якого досягається рівність усіх локальних критеріїв;

б) принцип максиміну (гарантованого рівня) – рівень усіх критеріїв підвищується за рахунок “підтягування” найгіршого з критеріїв (значення якого найменше);

в) принцип квазірівності – рішення вважається найкращим, якщо значення окремих локальних критеріїв відрізняються одне від одного не більше, ніж на раніше задану величину відхилення.

Принцип справедливої поступки ґрунтується на оцінюванні й зіставленні приросту та зменшення рівня локальних критеріїв. Він також має декілька видів:

а) принцип абсолютної поступки – справедливим є такий компроміс, за якого сумарний абсолютний рівень зниження одного чи декількох критеріїв не перевищує сумарного абсолютного рівня підвищення інших критеріїв;

б) принцип відносної поступки – справедливим є такий компроміс, за якого сумарний відносний рівень зниження якості одного чи декількох критеріїв не перевищує сумарного відносного рівня підвищення якості за іншими критеріями.

Принцип виділення головного критерію полягає у виборі із множини локальних критеріїв k_1, k_2, \dots, k_n одного як головного, інші ж мають бути не меншими деяких заданих значень.

Принцип послідовної поступки складається з таких етапів:

1) розміщення критеріїв ефективності k_1, k_2, \dots, k_n у порядку спаду важливості, тобто $k_1 \succ k_2 \succ \dots \succ k_n$, де \succ – знак відношення переваги;

2) пошук рішення, яке перетворить в екстремум (максимум чи мінімум) головний показник ефективності k_1 ;

3) призначення деякої поступки Δk_1 , яку можна допустити для перетворення в екстремум другого показника k_2 ;

4) накладення на величину цільової функції, оптимальну за критерієм k_1 , обмеження, величина якого \bar{k}_1 буде не менша, ніж $k_1 - \Delta k_1$ (якщо k_1 перетворювався в максимум), або не більша, ніж $k_1 + \Delta k_1$ (якщо k_1 перетворювався в мінімум);

5) пошук рішення, яке перетворить в екстремум k_2 ;

6) повторення 3–5-го кроків для наступних показників [97, 166].

Цей принцип, який іноді ще називають методом послідовних надходжень, застосовується тоді, коли в задачі векторної оптимізації частинні критерії можна впорядкувати за спаданням важливості [102, 121]. У деяких джерелах він відомий також під назвою “метод послідовної оптимізації”, оскільки трансформує багатокритеріальну оптимізаційну задачу в упорядковану послідовність однокритеріальних; чи “лексикографічного упорядкування рішень”, тому що зводиться до правила упорядкування слів за алфавітом під час створення словників [103, 22].

Як уже зазначалось раніше, сучасна економічна наука також широко використовує *імітаційне моделювання* (від лат. *imitatio* – підробка, наслідування) для вивчення соціально-економічних явищ і процесів. Свідченням цьому може слугувати навіть кількість термінів, які використовують для позначення імітаційного моделювання: “цифрове”, “машинне”, “програмне”, “статистичне”, “імовірнісне”, “автоматне”, “динамічне”, а також “метод машинної імітації”. У зарубіжній літературі цьому терміну відповідають *computer simulation* та *digital simulation* [104, 70]. Іноді імітаційне моделювання називають також симулятивним [105, 78].

Імітація дає змогу тестувати моделі та процеси без їх фізичного створення. При цьому досить значними є заощадження витрат і часу. Симуляція може застосовуватися для синтезу й оцінювання проблем процесу, а також для передбачення роботи моделі. Багато видів аналізів типу “що буде, якщо ...” може бути виконано в короткий термін і з надійними результатами [106, 126]. Зокрема, виділяють такі

чотири основні причини імітації моделі: зразкова перевірка та оцінювання, історично-політичний аналіз, прогнозування, політичне розпорядження [107, 101].

Зарубіжні вчені Р. Шеннон і В. Байлес досліджували наукову діяльність групи дійсних членів Американського товариства дослідження операцій і встановили, що імітаційне моделювання є одним із найбільш популярних наукових методів. Воно поступається тільки теорії імовірностей та економічному аналізу (оцінюванню ефективності витрат) [108, 25], оскільки з його допомогою можна імітувати, “програвати” можливі варіанти перебігу процесу й отримувати інформацію для їх оцінювання [109, 449].

Імітаційною моделлю економічної системи вважається модель, яка відтворює не тільки структуру і статичний взаємозв’язок складових частин системи, а й імітує динаміку її розвитку в часі [110, 17]. Імітаційні моделі можуть стати важливим засобом наукового аналізу та базою для прийняття обґрунтованих рішень у складних процесах, можливість вивчення яких за допомогою формалізованих моделей є проблематичною [111, 9].

Проблематиці імітаційного моделювання присвятили публікації такі українські науковці, як О. О. Бакаєв, Е. П. Карпець, О. Г. Кононенко, О. Кононець, Н. І. Костіна, К. С. Марахов, Л. О. Позднякова, В. А. Ревін, С. В. Сучок, Л. Тарангул, Д. В. Титаренко, В. Удовенко, П. Черняховська, І. М. Шиш, М. В. Яровицький [110; 112–128], а також зарубіжні вчені Г. В. Беляєв, К. А. Власова, Р. В. Дума, О. А. Ємельянов, В. Кельтон, Дж. Клейнен, А. Лоу, В. Ф. Петроченко, Є. В. Прошлякова, Н. А. Саломатін, Р. Шеннон [104; 108; 129–131] й ін.

За допомогою побудови імітаційних моделей вони розв’язували такі завдання, як моделювання масового обслуговування клієнтів [110], відтворення діяльності багатопрофільних фірм [112–113], імітація діяльності комерційного банку [114], моделювання діяльності акціонерного підприємства [115], прогнозування надходження готівкових грошей до установи комерційного банку [116; 124], імітація динаміки місцевих ринків праці [117], відтворення прибуткового податку з громадян [118], моделювання фондового ринку України [119], визначення величини ризику [120], оптимізація кількості комерційних банків [121], прогнозування грошово-кредитних процесів [122], прогнозування податкових надходжень [123],

оптимізація страхового підприємництва [125], побудова систем менеджменту якості [126], управління виробничим підприємством [127], прогнозування процесів електронного бізнесу [128] тощо.

Щодо імітаційного моделювання випуску продукції, то, зокрема, для симуляції однієї з простіших виробничих систем у [110, 144–146] побудовано імовірно-автоматну модель, яка складається з восьми автоматів. Вони відображають проміжки часу, які залишилися в момент часу t до моменту поступлення чергової партії матеріалів відповідно 1-го і 2-го типів; наявність у момент t на складах матеріалів 1-го і 2-го типів; проміжок часу, який залишився в момент t до моменту закінчення виготовлення чергового виробу; накопичену сумарну кількість виробів, виготовлених у проміжку $[0, t]$; приблизне значення середньої кількості виробів, які випускаються за одиницю часу; лічильник автоматного часу.

У [127] для управління виробничим підприємством запропоновано імітаційну модель на основі рейтингового оцінювання шляхом уточнення рейтингових коефіцієнтів за допомогою методу Монте-Карло.

Використання моделей саме у сфері промислового виробництва пояснюється такими причинами:

1) посилення конкуренції в багатьох галузях промисловості привело до того, що сьогодні більше уваги приділяється автоматизації виробничих процесів для збільшення продуктивності й покращення якості продукції. Оскільки автоматизовані системи складніші від звичайних, то їх, зазвичай, зручно аналізувати за допомогою моделювання;

2) системи й обладнання можуть бути дуже дорогими;

3) останнім часом створено швидші й дешевші персональні комп'ютери, що привело до різкого зменшення вартості комп'ютерних обчислень;

4) удосконалення програмного забезпечення дало змогу скоротити термін розробки моделі й більше часу приділити аналізу виробничих можливостей;

5) наявність анімації сприяє кращому розумінню менеджерами з виробництва суті моделювання [130, 758].

Слід зазначити, що в імітаційному моделюванні розрізняють такі методи: статистичних випробувань (Монте-Карло) і статистичного моделювання, хоча в деяких роботах ці терміни ототожнюють.

Метод Монте-Карло – це числовий метод, який застосовується для моделювання випадкових величин і функцій, імовірнісні характеристики яких збігаються з рішеннями аналітичних задач. Він полягає в багаторазовому відтворенні процесів, які є реалізацією випадкових величин і функцій, із наступною обробкою інформації методами математичної статистики. Якщо цей прийом застосовується для машинної імітації для дослідження характеристик процесів функціонування систем, які піддаються випадковим впливам, то тоді йдеться про *метод статистичного моделювання* [8, 49].

Інакше кажучи, метод Монте-Карло, у широкому сенсі, – це будь-який метод розв'язання моделі, який використовує випадкові (чи псевдовипадкові) числа. У свою чергу, (псевдо) випадкові числа – це рівномірно розподілені на інтервалі $[0,1]$ незалежні випадкові величини [131, 35].

Авторами методу Монте-Карло вважаються американські математики-економісти Д. Нейман та С. Улам, а перші відомості про нього опубліковано в кінці 40-х років ХХ століття [105, 78].

Хороший експеримент Монте-Карло зазвичай має такі особливості:

- 1) легкозрозумілий та економічний;
- 2) доречний для розуміння проблем із реальними даними;
- 3) дає змогу виміряти вплив усіх доречних чинників [132, 349].

Слід також зазначити, що імітаційні процеси реальних подій нерозривно пов'язані з генерацією випадкових чисел, які можуть підпорядковуватись різним законам розподілу, зокрема рівномірному, нормальному (Гаусовому), Бернуллі, біноміальному, Пуассона, модельному (дискретному рівномірному), дискретному [133, 29] чи експоненційному [134, 109].

Проведений огляд економіко-математичних моделей виробництва продукції дає підставу зробити такі висновки:

- 1) найбільш популярними серед моделей виробництва продукції є оптимізаційні й імітаційні;
- 2) у багатокритеріальних оптимізаційних моделях для досягнення мети за всіма критеріями потрібно вибрати схему досягнення компромісного розв'язання;
- 3) в імітаційних моделях слід генерувати випадкові числа, використовуючи певний закон розподілу.

Висновки до першого розділу

Дослідження виробництва продукції на загальнодержавному та регіональному рівнях, а також на рівні окремого підприємства вимагає врахування суті й особливостей такого виду діяльності, головними з яких визначено:

1) дерево цілей підприємства харчової промисловості включає отримання максимального прибутку від операційної діяльності, збільшення чистого доходу (виручки) від реалізації продукції, зменшення повної собівартості реалізованої продукції, зростання випуску та продажу продукції, зниження витрат сировини на виготовлення продукції, зменшення затрат часу на виготовлення продукції;

2) інтегральні показники дають змогу визначати частку регіону у виробництві найважливіших видів продукції харчової промисловості країни, якість споживання жителями регіону (країни) продовольства, частку регіону в експорті (імпорті) продовольчої продукції країни;

3) для проведення класифікації областей України за виробництвом продуктів харчування та групування основних продовольчих товарів за обсягами випуску доцільно застосовувати кластерний аналіз, для визначення прихованих факторів впливу на виробництво продовольчої продукції – факторний аналіз, для отримання даних про майбутній стан випуску – прогнозування, для визначення оптимального виробництва продукції та відображення динаміки замовлень на продукцію, її випуску, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини – оптимізаційне й імітаційне моделювання.

Подальші наукові дослідження випуску продукції харчової промисловості України, на нашу думку, доцільно проводити за такими напрямками:

– аналіз прибутковості виробництва окремих видів продовольчих товарів;

– визначення експортних можливостей та перспектив для підприємств харчової промисловості;

– застосування інших математичних методів дослідження.

Основні наукові результати розділу опубліковано в роботах автора цієї монографії [135–140].

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛІ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

2.1. Кластерний і факторний аналізи виробництва продуктів харчування

Кластерний і факторний аналізи випуску продукції харчової промисловості України проведемо за таким алгоритмом:

1) класифікація областей України за виробництвом продуктів харчування;

2) групування основних продовольчих товарів за обсягами випуску на загальнодержавному та регіональному (Волинська обл.) рівнях і порівняння отриманих результатів між собою;

3) визначення прихованих факторів впливу на виробництво продовольчої продукції України й Волині та порівняння отриманих результатів між собою.

Спочатку проведемо за допомогою кластерного аналізу класифікацію областей України за виробництвом продуктів харчування, тобто визначимо порядок їх об'єднання, оптимальну кількість кластерів, а також переваги з випуску продовольчих товарів у тих регіонах, які мають усі необхідні умови для створення ефективної сировинної бази.

Оскільки виробництво продовольчої продукції пов'язане з кількістю населення та величиною площі регіону, то показниками кластеризації обрано один абсолютний і два відносні (див. рис. 2.1).

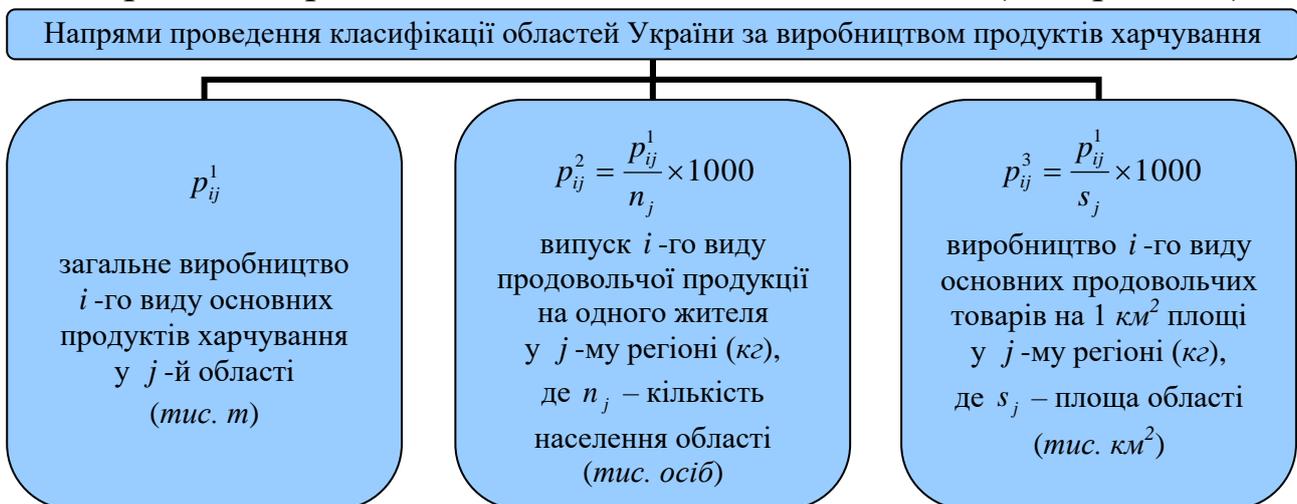


Рис. 2.1. Напрями проведення класифікації областей України за виробництвом продуктів харчування

Класифікацію за кожним напрямом будемо проводити двома етапами. На першому за допомогою методу деревоподібної кластеризації дослідимо процес послідовного об'єднання областей у кластери. На другому за допомогою методу K -середніх отримаємо кластери з однорідними регіонами за випуском продовольчих товарів.

Автоматизація розрахунків здійснена за допомогою використання програмного пакета *StatSoft Statistica 6.0*, який є достатньо ефективним для такого типу розрахунків. Докладний опис алгоритмів реалізації методів кластерного аналізу у програмі *StatSoft Statistica 6.0* подано в додатках В–Г.

Для проведення дослідження побудовано таблиці вхідних даних, у яких усі області України характеризуються вісьмома показниками (див. табл. Д.1, Е.1, Ж.1 додатків Д, Е, Ж відповідно). Кожен із них – це виробництво (тис. m) певного основного продукту харчування, зокрема:

- продукт 1 – вироби ковбасні;
- продукт 2 – олія соняшникова нерафінована;
- продукт 3 – молоко оброблене рідке;
- продукт 4 – сири жирні;
- продукт 5 – продукти кисломолочні;
- продукт 6 – борошно;
- продукт 7 – вироби хлібобулочні;
- продукт 8 – цукор-пісок.

Дані для обчислень взято за 2006 рік з [21, 126–133], оскільки за 2007-й рік наявні дані тільки стосовно шести продовольчих товарів.

Стандартизовані вхідні показники відображено в табл. Д.2, Е.2, Ж.2 додатків Д, Е, Ж відповідно.

Як міру відстані використано формулу евклідової відстані, яка має велику популярність серед дослідників. Згідно з нею показник із більшим значенням домінує над показником із меншим. Вирішенню цієї проблеми також слугує z -перетворення, яке ми провели на попередньому кроці. Обравши міру відстані, отримано симетричні матриці відстаней, які відображені в табл. Д.3, Е.3, Ж.3 додатків Д, Е, Ж відповідно.

Для об'єднання об'єктів у кластери використано метод ближнього сусіда, оскільки він вважається єдиним математично коректним, оскільки результати не залежать від перестановки рядків чи стовпчиків у матриці відстаней [141, 191].

Результати цього показали, що, за абсолютними показниками p_{ij}^1 , які характеризують загальний випуск основних продуктів харчування, на першому кроці алгоритму об'єднуються дві області – Закарпатська й Івано-Франківська (відстань об'єднання – 0,5093082); на другому до них приєднується Чернівецька (0,6788799); на третьому об'єднуються Сумська й Чернігівська області (0,9066252); на четвертому до Закарпатської, Івано-Франківської та Чернівецької приєднується Рівненська (0,9337705) і т. д. Список об'єднання подано в табл. Д.4 додатка Д. Слід зазначити, що в цій таблиці кожен регіон відображений своїм порядковим номером за алфавітом (АР Крим – 1; Вінницька – 2; Волинська – 3 тощо).

Горизонтальну дендрограму (деревоподібну діаграму) результатів кластерного аналізу подано на рис. Д.1, а графік списку об'єднання областей у кластери – на рис. Д.2 додатка Д. І дендрограма, і графік більш наочно відображають порядок об'єднання регіонів у кластери.

Провівши ієрархічну класифікацію областей України за цими показниками, визначимо оптимальну кількість кластерів, у які їх можна об'єднати. Вона обчислюється за допомогою підбору або аналізу списку об'єднання.

Під час аналізу списку об'єднання оптимальною вважається така кількість кластерів, яка дорівнює різниці кількості спостережень (у нашому випадку – 25) і кількості кроків, після якої відстань об'єднання збільшується стрибкоподібно (у нашому випадку – 18, де відбувається стрибок від 1,743775 до 2,971814, який добре видно на рис. Д.2 додатка Д). Тобто за цією методикою рекомендоване число кластерів – 7. Але така кількість кластерів є надто великою та й логічно робити поділ на три кластери: регіони з великим, середнім та малим випуском продукції у всеукраїнському масштабі. Тому проведемо поділ на три кластери, застосувавши при цьому метод K -середніх. Структуру отриманих за показниками p_{ij}^1 кластерів та переваги областей за виробництвом продовольчих товарів подано на рис. 2.2.

Середні стандартизовані вхідні значення для кожного кластера за всіма продуктами відображено на рис. 2.3. Вони показують наскільки кластери відрізняються один від одного.



Рис. 2.2. Структура кластерів за показниками r_{ij}^1

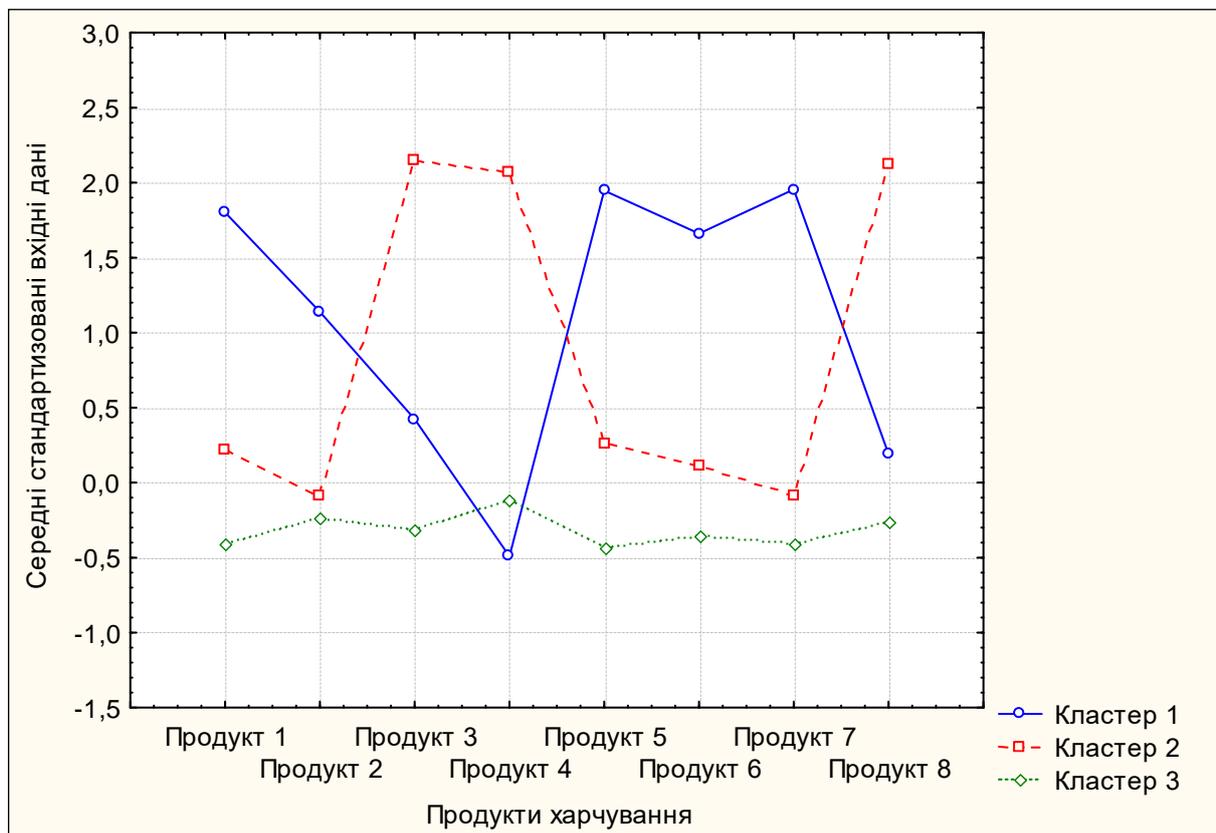


Рис. 2.3. Середні стандартизовані вхідні значення за показниками r_{ij}^1

Рис. 2.3 показує, що в першому кластері містяться об'єкти, у яких середні значення п'яти показників із восьми є значно більшими, ніж в інших групах. У другому кластері розміщено об'єкти, у яких середні значення трьох показників є значно більшими, ніж в інших двох групах. У третьому кластері містяться об'єкти, у яких середні значення семи показників є меншими, ніж в інших групах.

Отже можна зробити такі висновки:

1) області, які розміщені в першому кластері, переважають регіони з інших груп за виробництвом ковбасних виробів, соняшникової нерафінованої олії, кисломолочних продуктів, борошна та хлібобулочних виробів;

2) області, які містяться у другому кластері, переважають регіони з інших груп за випуском обробленого рідкого молока, жирних сирів та цукру-піску;

3) області, які розміщені у третьому кластері, переважають тільки регіони з першої групи за виробництвом жирних сирів.

Список об'єднання областей за відносними показниками p_{ij}^2 (які характеризують виробництво продовольчої продукції на одну особу) подано в табл. Е.4, дендрограму результатів кластерного аналізу – на рис. Е.1, а графік списку об'єднання регіонів у кластери – на рис. Е.2 додатка Е.

Структуру отриманих за показниками p_{ij}^2 кластерів та переваги областей за виробництвом продовольчих товарів відображено на рис. 2.4, а середні стандартизовані вхідні значення для кожного кластера за всіма продуктами – на рис. 2.5.

Рис. 2.5 показує, що в першому кластері міститься об'єкт, у якого середні значення трьох показників із восьми є більшими, ніж в інших групах. У другому кластері містяться об'єкти, у яких середні значення п'яти показників є більшими, ніж в інших двох групах. У третьому кластері містяться об'єкти, у яких середні значення семи показників є меншими, ніж в інших групах.

Отже можна зробити такі висновки:

1) область, яка розміщена у першому кластері, переважає регіони з інших двох груп за виробництвом на одну особу обробленого рідкого молока, борошна та цукру-піску;

2) області, які містяться у другому кластері, переважають регіони з інших груп за випуском на одного жителя ковбасних виробів, соняшникової нерафінованої олії, жирних сирів, кисломолочних продуктів та хлібобулочних виробів;



Рис. 2.4. Структура кластерів за показниками r_{ij}^2

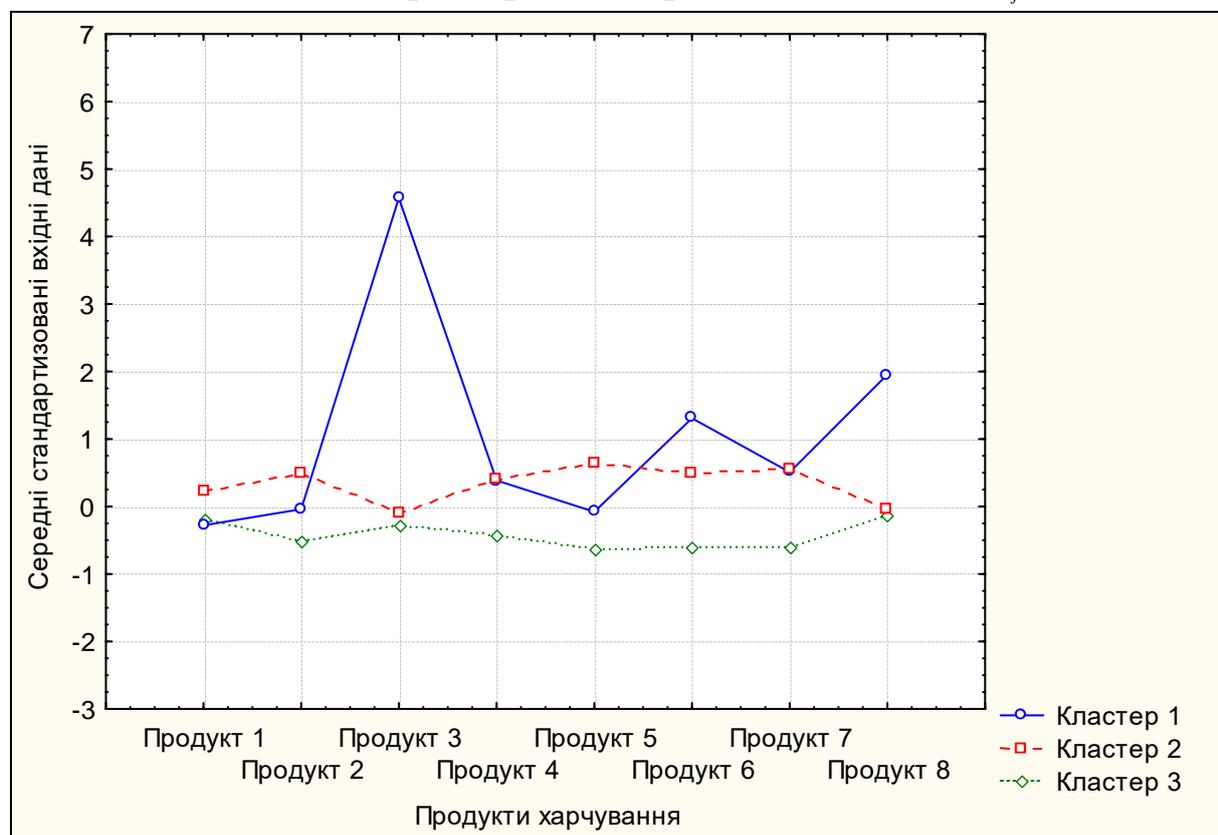


Рис. 2.5. Середні стандартизовані вхідні значення за показниками r_{ij}^2

3) області, які розміщені у третьому кластері, переважають тільки регіон із першої групи за виробництвом ковбасних виробів.

Список об'єднання областей за відносними показниками p_{ij}^3 , які характеризують виробництво продовольчої продукції на 1 км^2 площі, подано в табл. Ж.4, горизонтальну дендрограму результатів кластерного аналізу – на рис. Ж.1, а графік списку об'єднання регіонів у кластери – на рис. Ж.2 додатка Ж.

Структуру отриманих за показниками p_{ij}^3 кластерів відображено на рис. 2.6, а середні стандартизовані вхідні значення для кожного кластера за всіма продуктами – на рис. 2.7.

Рис. 2.7 показує, що в першому кластері містяться об'єкти, у яких середні значення п'яти показників із восьми є значно більшими, ніж в інших групах. У другому кластері містяться об'єкти, у яких середні значення трьох показників є більшими, ніж в інших двох групах. У третьому кластері містяться об'єкти, у яких середні значення шести показників є меншими, ніж в інших групах.

Отже можна зробити такі висновки:

1) області, які містяться в першому кластері, переважають регіони з інших груп за виробництвом на 1 км^2 площі ковбасних виробів, соняшникової нерафінованої олії, кисломолочних продуктів, борошна та хлібобулочних виробів;

2) області, які розміщені у другому кластері, переважають регіони з інших груп за випуском на 1 км^2 площі обробленого рідкого молока, жирних сирів та цукру-піску;

3) області, які містяться у третьому кластері, переважають тільки регіони з першої групи за виробництвом на 1 км^2 площі жирних сирів та регіони з другої групи за випуском соняшникової нерафінованої олії.

Отже, за показниками p_{ij}^1 (загальне виробництво), більше основних продуктів харчування випускають східні та центральні області, менше – західні, північні та південні. За показниками p_{ij}^2 (виробництво на одного жителя), територіальне розміщення кластерів дещо змінилось: західні та частина південних регіонів випускають менше продовольчої продукції на одну особу, ніж інші. І нарешті, за показниками p_{ij}^3 (випуск на 1 км^2 площі), більше продовольства на 1 км^2 території виробляють центральні, а також частина східних і західних областей. Наочно це добре видно на картах України (див. рис. Д.3, Е.3, Ж.3 додатків Д, Е, Ж відповідно).



Рис. 2.6. Структура кластерів за показниками r_{ij}^3

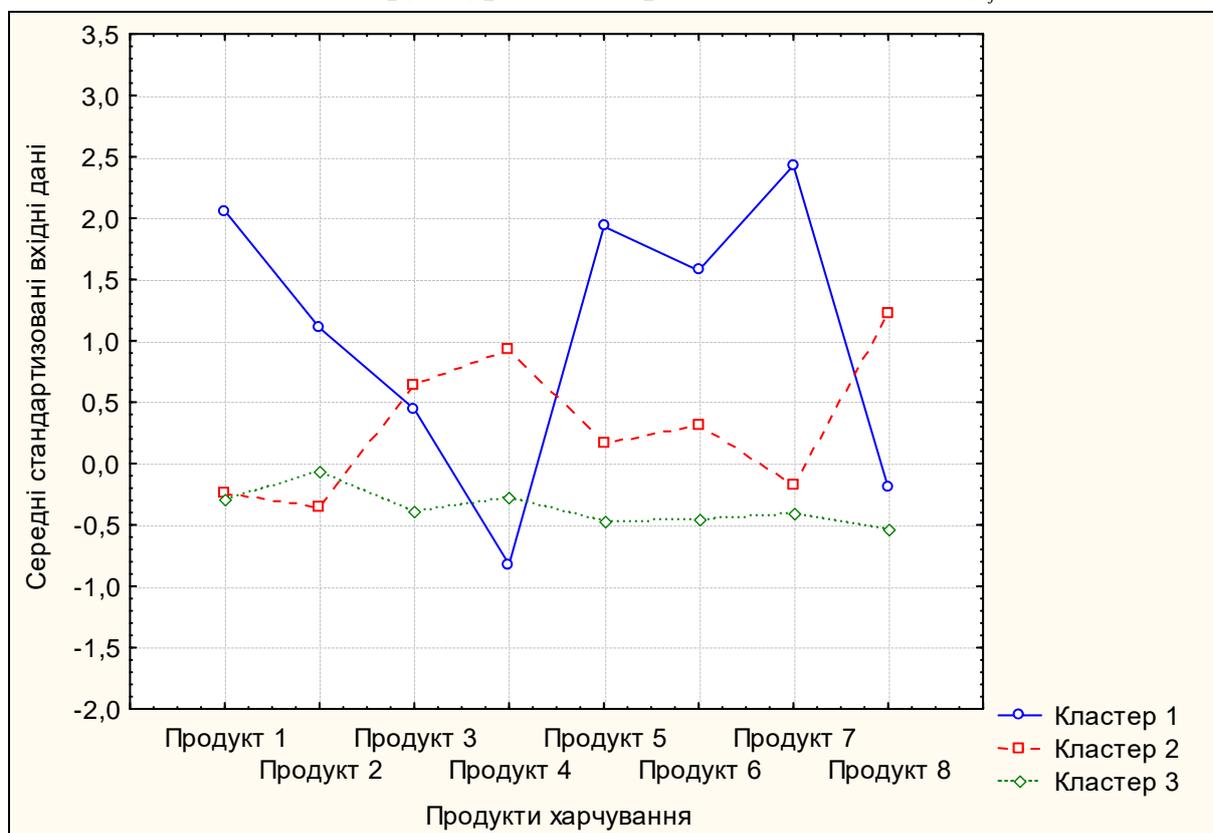


Рис. 2.7. Середні стандартизовані вхідні значення за показниками r_{ij}^3

Проведемо також кластеризацію показників випуску десяти основних продовольчих товарів для України загалом та Волинської області зокрема за 1995–2007 роки, тобто виявимо групи продуктів харчування з різною величиною обсягів виробництва.

Автоматизація процесу здійснена за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel*. Актуальність розробки зумовлена тим, що не завжди у спеціалістів, які проводять дослідження, є відносно дорогі й тому не завжди доступні спеціальні програмні пакети, наприклад *StatSoft Statistica 6.0*.

Використовувати електронну таблицю *Microsoft Excel*, на нашу думку, доцільно тільки тоді, коли кількість об'єктів не перевищує десяти, оскільки в іншому випадку аналіз буде надто громіздким.

Розіб'ємо процес кластеризації на такі етапи:

1) комп'ютерна реалізація:

- а) побудова матриці вхідних даних;
- б) побудова матриці стандартизованих вхідних даних;
- в) побудова матриці евклідових відстаней;

2) посткомп'ютерна реалізація: аналіз матриці відстаней.

Припустимо, що сукупність десяти основних продуктів харчування, випуск яких описується тринадцятьма показниками (за 13 останніх років), характеризується матрицею вхідних даних:

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} & X_{15} & X_{16} & X_{17} & X_{18} & X_{19} & X_{110} & X_{111} & X_{112} & X_{113} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & X_{24} & X_{25} & X_{26} & X_{27} & X_{28} & X_{29} & X_{210} & X_{211} & X_{212} & X_{213} \\ \dots & \dots \\ X_{101} & X_{102} & X_{103} & X_{104} & X_{105} & X_{106} & X_{107} & X_{108} & X_{109} & X_{1010} & X_{1011} & X_{1012} & X_{1013} \end{pmatrix}.$$

Від матриці вхідних даних переходимо до матриці стандартизованих вхідних даних:

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} & Z_{15} & Z_{16} & Z_{17} & Z_{18} & Z_{19} & Z_{110} & Z_{111} & Z_{112} & Z_{113} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & Z_{24} & Z_{25} & Z_{26} & Z_{27} & Z_{28} & Z_{29} & Z_{210} & Z_{211} & Z_{212} & Z_{213} \\ \dots & \dots \\ Z_{101} & Z_{102} & Z_{103} & Z_{104} & Z_{105} & Z_{106} & Z_{107} & Z_{108} & Z_{109} & Z_{1010} & Z_{1011} & Z_{1012} & Z_{1013} \end{pmatrix},$$

де $z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$;

$$\bar{x}_j = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_{ij};$$

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^{10} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} = \sqrt{\frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^{10} x_{ij}^2 - (\bar{x}_j)^2};$$

x_{ij} ($i = \overline{1, 10}$; $j = \overline{1, 13}$) – значення j -го показника для i -го товару;

\bar{x}_j , s_j ($j = \overline{1, 13}$) – середнє значення і стандартне відхилення j -го показника;

z_{ij} ($i=1, 2, \dots, 10; j=1, 2, \dots, 13$) – стандартизоване значення j -го показника для i -го продукту;

$i=1, 2, \dots, 10$ – номер товару (об'єкта);

$j=1, 2, \dots, 13$ – номер показника (фактору).

Далі побудуємо матрицю евклідових відстаней. Відстань між товарами обчислюватиметься за формулою $P_{ik}^E = \left(\sum_{j=1}^{13} (x_{ij} - x_{kj})^2 \right)^{1/2}$. Тут x_{ij}, x_{kj} ($i, k=1, 2, \dots, 10; j=1, 2, \dots, 13$) – значення j -го показника для i -го чи k -го продукту.

Як відстань між двома товарами Z_i та Z_k можна також використувати також “зважену” евклідову відстань $P_{ik}^{3B}(Z_i Z_k) = \left(\sum_{j=1}^{13} W_j (Z_{ij} - Z_{kj})^2 \right)^{1/2}$, де W_j – “вага” показника: $0 \leq W_j \leq 1, j=1, 2, \dots, 13$. Тоді “ваги” будуть пропорційні ступеню важливості відповідних економічних показників. Оскільки в нашому випадку ступінь важливості всіх показників однакова, то використувати “ваги” не будемо.

Отримані значення запишемо у вигляді симетричної матриці відстаней:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & p_{12} & \dots & p_{110} \\ p_{21} & 0 & \dots & p_{210} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{101} & p_{102} & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

Опис практичної реалізації матриць за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel* подано в додатку 3.

Для проведення дослідження заповнимо матрицю вхідних даних, у якій десять основних продовольчих товарів характеризуватимуться тринадцятьма показниками спочатку для України, а пізніше для Волині (див. рис. 3.2–3.3 додатка 3), де:

- товар 1 – м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії);
- товар 2 – ковбасні вироби;
- товар 3 – тваринне масло;
- товар 4 – продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко);
- товар 5 – жирні сири (у т. ч. бринза);
- товар 6 – цукор-пісок;
- товар 7 – борошно;

– товар 8 – хліб і хлібобулочні вироби;
 – товар 9 – кондитерські вироби;
 – товар 10 – макаронні вироби;
 – показники 1–13 – виробництво перерахованих вище продуктів харчування в Україні та на Волині за 1995–2007 роки відповідно (тис. т).

Дані для обчислень візьмемо з табл. 1.1–1.2.

В інших матрицях, відповідно, отримаємо стандартизовані вхідні дані та евклідові відстані для країни та регіону (див. рис. 3.4–3.7 додатка 3).

Використовуючи матрицю відстаней, легко реалізувати ієрархічну агломеративну процедуру. Принцип її роботи полягає в послідовному об'єднанні спершу найближчих, а далі все більш віддалених один від одного об'єктів. Спочатку кожен об'єкт $Z_i (i = 1, 2, \dots, 10)$ ототожнюється як окремий кластер. На кожному кроці роботи алгоритму здійснюється об'єднання двох найближчих кластерів і знову будується матриця відстаней, розмірність якої зменшується на одиницю. Робота алгоритму завершується тоді, коли всі об'єкти будуть об'єднані в один кластер [49, 135]. Тобто загальна схема агломеративної процедури на матриці відстаней подається як повторення трьох операцій:

- 1) пошук мінімальної відстані між кластерами;
- 2) об'єднання двох найближчих об'єктів в один кластер і надання йому спільного індексу;
- 3) розрахунок відстаней від сформованого кластера до інших одиниць сукупності [142, 44].

Отже, наша матриця для України матиме такий вигляд:

$P_1 =$	0,0000	1,1399	1,5450	1,8732	1,4287	4,9912	8,3715	5,9980	0,8762	1,5544
	1,1399	0,0000	0,4476	2,8774	0,3183	6,0189	9,3843	6,9908	1,1875	0,4709
	1,5450	0,4476	0,0000	3,2933	0,2990	6,3883	9,7281	7,3352	1,5217	<u>0,0882</u>
	1,8732	2,8774	3,2933	0,0000	3,1562	3,4391	6,8803	4,5079	1,9473	3,3181
	1,4287	0,3183	0,2990	3,1562	0,0000	6,3246	9,6933	7,3000	1,4557	0,3268
	4,9912	6,0189	6,3883	3,4391	6,3246	0,0000	3,7378	1,5657	5,0673	6,4043
	8,3715	9,3843	9,7281	6,8803	9,6933	3,7378	0,0000	2,4634	8,4100	9,7358
	5,9980	6,9908	7,3352	4,5079	7,3000	1,5657	2,4634	0,0000	5,9906	7,3477
	0,8762	1,1875	1,5217	1,9473	1,4557	5,0673	8,4100	5,9906	0,0000	1,5564
	1,5544	0,4709	0,0882	3,3181	0,3268	6,4043	9,7358	7,3477	1,5564	0,0000

Аналіз цієї матриці показує, що третій і десятий товари є найбільш близькими ($p_{3,10} = 0,0882$), а тому вони об'єднуються в один кластер. Після об'єднання отримаємо дев'ять кластерів:

Номер кластера	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Склад кластера	(1)	(2)	(3, 10)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

Найменші відстані між отриманим й іншими кластерами становитимуть:

$$\begin{aligned} Z_1 \text{ і } Z_{(3, 10)} & p_{1(3, 10)}=1,5450; \\ Z_2 \text{ і } Z_{(3, 10)} & p_{2(3, 10)}=0,4476; \\ Z_4 \text{ і } Z_{(3, 10)} & p_{4(3, 10)}=3,2933; \\ Z_5 \text{ і } Z_{(3, 10)} & p_{5(3, 10)}=0,2990; \\ Z_6 \text{ і } Z_{(3, 10)} & p_{6(3, 10)}=6,3883; \\ Z_7 \text{ і } Z_{(3, 10)} & p_{7(3, 10)}=9,7281; \\ Z_8 \text{ і } Z_{(3, 10)} & p_{8(3, 10)}=7,3352; \\ Z_9 \text{ і } Z_{(3, 10)} & p_{9(3, 10)}=1,5217. \end{aligned}$$

Решта відстаней не зміняться. Матриця відстаней набуде такого вигляду:

$$P_2 = \begin{pmatrix} \mathbf{0,0000} & 1,1399 & 1,5450 & 1,8732 & 1,4287 & 4,9912 & 8,3715 & 5,9980 & 0,8762 \\ 1,1399 & \mathbf{0,0000} & 0,4476 & 2,8774 & 0,3183 & 6,0189 & 9,3843 & 6,9908 & 1,1875 \\ 1,5450 & 0,4476 & \mathbf{0,0000} & 3,2933 & \mathbf{0,2990} & 6,3883 & 9,7281 & 7,3352 & 1,5217 \\ 1,8732 & 2,8774 & 3,2933 & \mathbf{0,0000} & 3,1562 & 3,4391 & 6,8803 & 4,5079 & 1,9473 \\ 1,4287 & 0,3183 & 0,2990 & 3,1562 & \mathbf{0,0000} & 6,3246 & 9,6933 & 7,3000 & 1,4557 \\ 4,9912 & 6,0189 & 6,3883 & 3,4391 & 6,3246 & \mathbf{0,0000} & 3,7378 & 1,5657 & 5,0673 \\ 8,3715 & 9,3843 & 9,7281 & 6,8803 & 9,6933 & 3,7378 & \mathbf{0,0000} & 2,4634 & 8,4100 \\ 5,9980 & 6,9908 & 7,3352 & 4,5079 & 7,3000 & 1,5657 & 2,4634 & \mathbf{0,0000} & 5,9906 \\ 0,8762 & 1,1875 & 1,5217 & 1,9473 & 1,4557 & 5,0673 & 8,4100 & 5,9906 & \mathbf{0,0000} \end{pmatrix}.$$

Її аналіз показує, що кластери $Z_{(3, 10)}$ і Z_5 є найбільш близькими ($p_{3, 10, 5}=0,2990$), а тому вони об'єднуються в один. Після об'єднання отримаємо вісім кластерів:

Номер кластера	1	2	3	4	5	6	7	8
Склад кластера	(1)	(2)	(3, 10, 5)	(4)	(6)	(7)	(8)	(9)

Найменші відстані між отриманим й іншими кластерами становитимуть:

$$\begin{aligned} Z_1 \text{ і } Z_{(3, 10, 5)} & p_{1(3, 10, 5)}=1,4287; \\ Z_2 \text{ і } Z_{(3, 10, 5)} & p_{2(3, 10, 5)}=0,3183; \\ Z_4 \text{ і } Z_{(3, 10, 5)} & p_{4(3, 10, 5)}=3,1562; \\ Z_6 \text{ і } Z_{(3, 10, 5)} & p_{6(3, 10, 5)}=6,3246; \\ Z_7 \text{ і } Z_{(3, 10, 5)} & p_{7(3, 10, 5)}=9,6933; \\ Z_8 \text{ і } Z_{(3, 10, 5)} & p_{8(3, 10, 5)}=7,3000; \\ Z_9 \text{ і } Z_{(3, 10, 5)} & p_{9(3, 10, 5)}=1,4557. \end{aligned}$$

Матриця відстаней набуде такого вигляду:

$$P_3 = \begin{pmatrix} \mathbf{0,0000} & 1,1399 & 1,4287 & 1,8732 & 4,9912 & 8,3715 & 5,9980 & 0,8762 \\ 1,1399 & \mathbf{0,0000} & \mathbf{0,3183} & 2,8774 & 6,0189 & 9,3843 & 6,9908 & 1,1875 \\ 1,4287 & 0,3183 & \mathbf{0,0000} & 3,1562 & 6,3246 & 9,6933 & 7,3000 & 1,4557 \\ 1,8732 & 2,8774 & 3,1562 & \mathbf{0,0000} & 3,4391 & 6,8803 & 4,5079 & 1,9473 \\ 4,9912 & 6,0189 & 6,3246 & 3,4391 & \mathbf{0,0000} & 3,7378 & 1,5657 & 5,0673 \\ 8,3715 & 9,3843 & 9,6933 & 6,8803 & 3,7378 & \mathbf{0,0000} & 2,4634 & 8,4100 \\ 5,9980 & 6,9908 & 7,3000 & 4,5079 & 1,5657 & 2,4634 & \mathbf{0,0000} & 5,9906 \\ 0,8762 & 1,1875 & 1,4557 & 1,9473 & 5,0673 & 8,4100 & 5,9906 & \mathbf{0,0000} \end{pmatrix}.$$

Її аналіз показує, що кластери Z_2 і $Z_{(3, 10, 5)}$ є найбільш близькими ($p_{2, 3, 10, 5}=0,3183$), а тому вони об'єднуються в один. Після об'єднання отримуємо сім кластерів:

Номер кластера	1	2	3	4	5	6	7
Склад кластера	(1)	(2, 3, 10, 5)	(4)	(6)	(7)	(8)	(9)

Найменші відстані між отриманим й іншими кластерами становитимуть:

$$\begin{aligned} Z_1 \text{ і } Z_{(2, 3, 10, 5)} & p_{1(2, 3, 10, 5)}=1,1399; \\ Z_4 \text{ і } Z_{(2, 3, 10, 5)} & p_{4(2, 3, 10, 5)}=2,8774; \\ Z_6 \text{ і } Z_{(2, 3, 10, 5)} & p_{6(2, 3, 10, 5)}=6,0189; \\ Z_7 \text{ і } Z_{(2, 3, 10, 5)} & p_{7(2, 3, 10, 5)}=9,3843; \\ Z_8 \text{ і } Z_{(2, 3, 10, 5)} & p_{8(2, 3, 10, 5)}=6,9908; \\ Z_9 \text{ і } Z_{(2, 3, 10, 5)} & p_{9(2, 3, 10, 5)}=1,1875. \end{aligned}$$

Матриця відстаней набуде такого вигляду:

$$P_4 = \begin{vmatrix} \mathbf{0,0000} & 1,1399 & 1,8732 & 4,9912 & 8,3715 & 5,9980 & \mathbf{0,8762} \\ 1,1399 & \mathbf{0,0000} & 2,8774 & 6,0189 & 9,3843 & 6,9908 & 1,1875 \\ 1,8732 & 2,8774 & \mathbf{0,0000} & 3,4391 & 6,8803 & 4,5079 & 1,9473 \\ 4,9912 & 6,0189 & 3,4391 & \mathbf{0,0000} & 3,7378 & 1,5657 & 5,0673 \\ 8,3715 & 9,3843 & 6,8803 & 3,7378 & \mathbf{0,0000} & 2,4634 & 8,4100 \\ 5,9980 & 6,9908 & 4,5079 & 1,5657 & 2,4634 & \mathbf{0,0000} & 5,9906 \\ 0,8762 & 1,1875 & 1,9473 & 5,0673 & 8,4100 & 5,9906 & \mathbf{0,0000} \end{vmatrix}.$$

Її аналіз показує, що перший і дев'ятий продукти є найбільш близькими ($p_{1, 9}=0,8762$), а тому вони об'єднуються в один кластер. Після об'єднання отримуємо шість кластерів:

Номер кластера	1	2	3	4	5	6
Склад кластера	(1, 9)	(2, 3, 10, 5)	(4)	(6)	(7)	(8)

Найменші відстані між отриманим й іншими кластерами становитимуть:

$$\begin{aligned} Z_{(2, 3, 10, 5)} \text{ і } Z_{(1, 9)} & p_{(2, 3, 10, 5)(1, 9)}=1,1399; \\ Z_4 \text{ і } Z_{(1, 9)} & p_{4(1, 9)}=1,8732; \\ Z_6 \text{ і } Z_{(1, 9)} & p_{6(1, 9)}=4,9912; \\ Z_7 \text{ і } Z_{(1, 9)} & p_{7(1, 9)}=8,3715; \\ Z_8 \text{ і } Z_{(1, 9)} & p_{8(1, 9)}=5,9906. \end{aligned}$$

Матриця відстаней набуде такого вигляду:

$$P_5 = \begin{vmatrix} \mathbf{0,0000} & \mathbf{1,1399} & 1,8732 & 4,9912 & 8,3715 & 5,9906 \\ 1,1399 & \mathbf{0,0000} & 2,8774 & 6,0189 & 9,3843 & 6,9908 \\ 1,8732 & 2,8774 & \mathbf{0,0000} & 3,4391 & 6,8803 & 4,5079 \\ 4,9912 & 6,0189 & 3,4391 & \mathbf{0,0000} & 3,7378 & 1,5657 \\ 8,3715 & 9,3843 & 6,8803 & 3,7378 & \mathbf{0,0000} & 2,4634 \\ 5,9906 & 6,9908 & 4,5079 & 1,5657 & 2,4634 & \mathbf{0,0000} \end{vmatrix}.$$

Її аналіз показує, що кластери $Z_{1,9}$ і $Z_{(2,3,10,5)}$ є найбільш близькими ($p_{1,9,2,3,10,5}=1,1399$), а тому вони об'єднуються в один. Після об'єднання отримуємо п'ять кластерів:

Номер кластера	1	2	3	4	5
Склад кластера	(1, 9, 2, 3, 10, 5)	(4)	(6)	(7)	(8)

Найменші відстані між отриманим й іншими кластерами становитимуть:

$$\begin{aligned} Z_4 \text{ і } Z_{(1,9,2,3,10,5)} & p_{4(1,9,2,3,10,5)}=1,8732; \\ Z_6 \text{ і } Z_{(1,9,2,3,10,5)} & p_{6(1,9,2,3,10,5)}=4,9912; \\ Z_7 \text{ і } Z_{(1,9,2,3,10,5)} & p_{7(1,9,2,3,10,5)}=8,3715; \\ Z_8 \text{ і } Z_{(1,9,2,3,10,5)} & p_{8(1,9,2,3,10,5)}=5,9906. \end{aligned}$$

Матриця відстаней набуває такого вигляду:

$$P_6 = \begin{vmatrix} \mathbf{0,0000} & 1,8732 & 4,9912 & 8,3715 & 5,9906 \\ 1,8732 & \mathbf{0,0000} & 3,4391 & 6,8803 & 4,5079 \\ 4,9912 & 3,4391 & \mathbf{0,0000} & 3,7378 & \underline{1,5657} \\ 8,3715 & 6,8803 & 3,7378 & \mathbf{0,0000} & 2,4634 \\ 5,9906 & 4,5079 & 1,5657 & 2,4634 & \mathbf{0,0000} \end{vmatrix}.$$

Її аналіз показує, що шостий і восьмий товари є найбільш близькими ($p_{6,8}=1,5657$), а тому вони об'єднуються в один кластер. Після об'єднання отримуємо чотири кластери:

Номер кластера	1	2	3	4
Склад кластера	(1, 9, 2, 3, 10, 5)	(4)	(6, 8)	(7)

Найменші відстані між отриманим й іншими кластерами становитимуть:

$$\begin{aligned} Z_{(1,9,2,3,10,5)} \text{ і } Z_{(6,8)} & p_{(1,9,2,3,10,5)(6,8)}=4,9912; \\ Z_4 \text{ і } Z_{(6,8)} & p_{4(6,8)}=3,4391; \\ Z_7 \text{ і } Z_{(6,8)} & p_{7(6,8)}=2,4634. \end{aligned}$$

Матриця відстаней набуває такого вигляду:

$$P_7 = \begin{vmatrix} \mathbf{0,0000} & \underline{1,8732} & 4,9912 & 8,3715 \\ 1,8732 & \mathbf{0,0000} & 3,4391 & 6,8803 \\ 4,9912 & 3,4391 & \mathbf{0,0000} & 2,4634 \\ 8,3715 & 6,8803 & 2,4634 & \mathbf{0,0000} \end{vmatrix}.$$

Її аналіз показує, що кластери $Z_{(1,9,2,3,10,5)}$ і Z_4 є найбільш близькими ($p_{1,9,2,3,10,5,4}=1,8732$), а тому вони об'єднуються в один. Після об'єднання отримуємо три кластери:

Номер кластера	1	2	3
Склад кластера	(1, 9, 2, 3, 10, 5, 4)	(6, 8)	(7)

Найменші відстані між отриманим й іншими кластерами становитимуть:

$$\begin{aligned} Z_{(6,8)} \text{ і } Z_{(1,9,2,3,10,5,4)} & \quad p_{(6,8)(1,9,2,3,10,5,4)}=3,4391; \\ Z_7 \text{ і } Z_{(1,9,2,3,10,5,4)} & \quad p_{7(1,9,2,3,10,5,4)}=6,8803. \end{aligned}$$

Матриця відстаней набуде такого вигляду:

$$P_8 = \begin{vmatrix} \mathbf{0,0000} & 3,4391 & 6,8803 \\ 3,4391 & \mathbf{0,0000} & \underline{2,4634} \\ 6,8803 & 2,4634 & \mathbf{0,0000} \end{vmatrix}.$$

Йї аналіз показує, що кластери $Z_{(6,8)}$ і Z_7 є найбільш близькими ($p_{6,8,7}=2,4634$), а тому вони об'єднуються в один. Після об'єднання отримаємо два кластери:

Номер кластера	1	2
Склад кластера	(1, 9, 2, 3, 10, 5, 4)	(6, 8, 7)

Найменші відстань між отриманим й іншим кластером становитиме:

$$Z_6 \text{ і } Z_{(1,4,2,3,9,10,5,8,7)} \quad p_{6(1,4,2,3,9,10,5,8,7)}=3,4391.$$

Матриця відстаней набуде такого вигляду:

$$P_9 = \begin{vmatrix} \mathbf{0,0000} & 3,4391 \\ 3,4391 & \mathbf{0,0000} \end{vmatrix}.$$

Отже, на відстані $p_{1,9,2,3,10,5,4,6,8,7}=3,4391$ два кластери $Z_{1,9,2,3,10,5,4}$ і $Z_{6,8,7}$ об'єднуються в один.

Процес об'єднання продуктів харчування для України відображено на рис. 2.8.

Із нього видно, що:

– на першому кроці алгоритму об'єднуються такі продовольчі товари, як тваринне масло та макаронні вироби (відстань об'єднання – 0,0882);

– на другому кроці алгоритму до них приєднується такий продукт харчування, як жирні сири (відстань об'єднання – 0,2990);

– на третьому кроці алгоритму до них приєднується такий товар, як ковбасні вироби (відстань об'єднання – 0,3183);

– на четвертому кроці алгоритму об'єднуються такі продукти, як м'ясо та кондитерські вироби (відстань об'єднання – 0,8762);

– на п'ятому кроці алгоритму об'єднуються кластери, отримані на попередніх двох етапах (відстань об'єднання – 1,1399);

– на шостому кроці алгоритму об'єднуються такі продовольчі товари, як цукор-пісок та хліб і хлібобулочні вироби (відстань об'єднання – 1,5657);

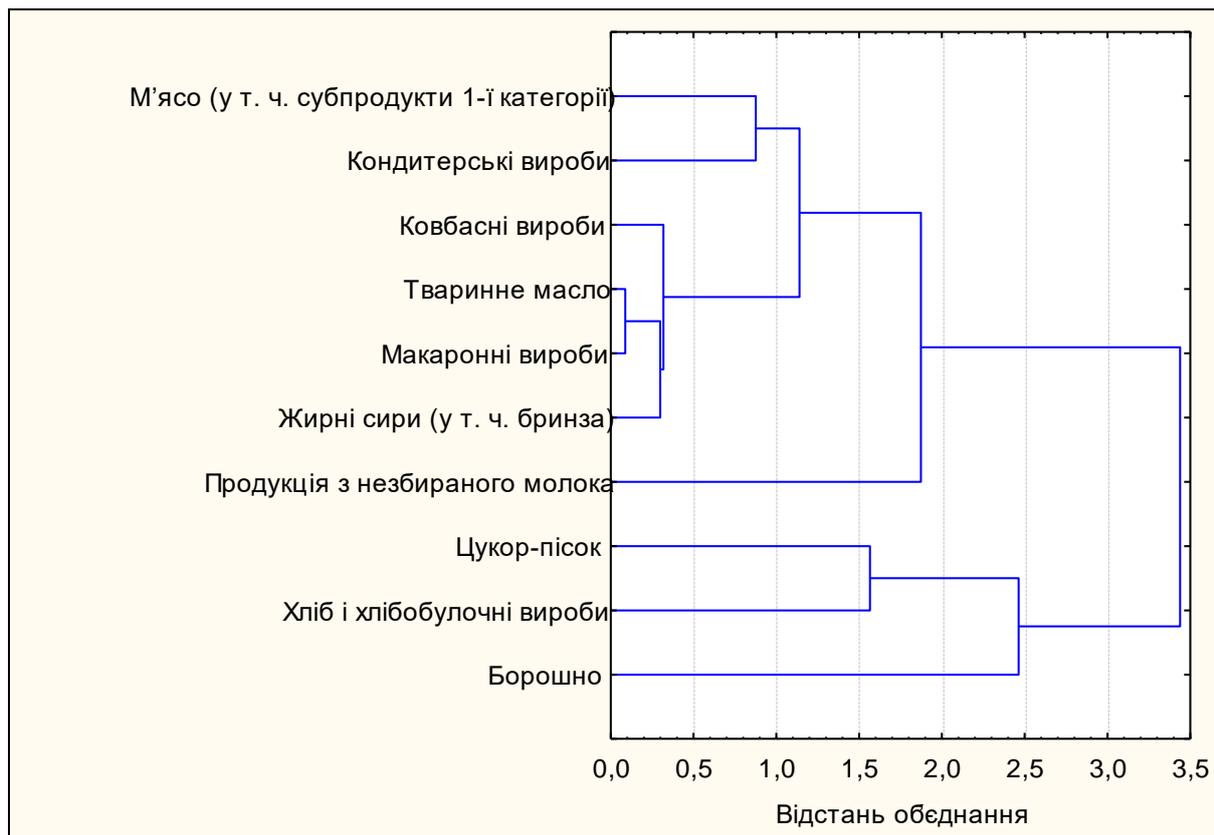


Рис. 2.8. Дендрограма результатів кластерного аналізу для України

– на сьомому кроці алгоритму до продуктів, отриманих на п'ятому етапі, приєднується такий продовольчий товар, як продукція з незбираного молока (відстань об'єднання – 1,8732);

– на восьмому кроці алгоритму до продуктів, отриманих на шостому етапі, приєднується такий продовольчий товар, як борошно (відстань об'єднання – 2,4634);

– на дев'ятому кроці об'єднуються продукти харчування, отримані на сьомому та восьмому етапах (відстань об'єднання – 3,4391).

Проаналізувавши відстані об'єднання, з'ясовуємо, що вони збільшуються стрибкоподібно після восьмого кроку, де відбувається стрибок від 2,4634 до 3,4391. Тобто рекомендоване число кластерів, у які потрібно згрупувати десять основних продовольчих товарів, дорівнює $10-8=2$. Тому сформуємо два кластери, які чітко видно на рис. 2.8: об'єкти з малим (об'єднані на 1–5 та 7 кроках алгоритму) та великим (усі решта) випуском.

Отже, за показниками виробництва продовольчих товарів в Україні за 1995–2007 роки, один кластер становлять такі основні продукти харчування, як м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії), ковбасні вироби, тваринне масло, продукція з незбираного молока,

жирні сири (у т. ч. бринза), кондитерські та макаронні вироби. Їхні значення не перевищували 1600 тис. тонн. До другого кластера входять цукор-пісок, борошно та хліб і хлібобулочні вироби, на випуску яких і доцільно зосередити свою увагу вітчизняній економіці, оскільки величини їхнього виробництва перевищують інші (понад 1600 тис. т).

А зараз проаналізуємо продукти харчування для Волині. Процес їхнього об'єднання відображено на рис. 2.9. На ньому також видно дві групи об'єктів, аналогічних до отриманих для України.

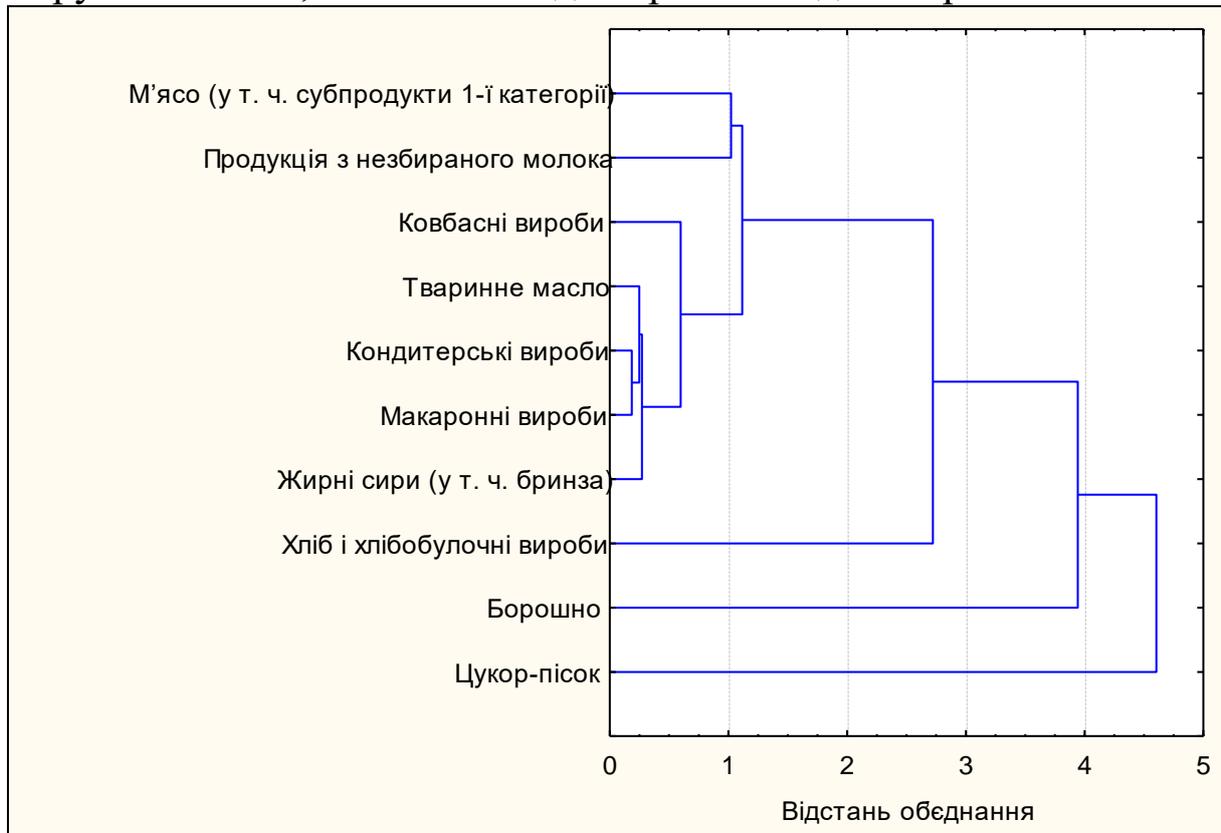


Рис. 2.9. Дендрограма результатів кластерного аналізу для Волині

Тобто до першого кластера входять сім продуктів харчування (об'єднаних на перших шести кроках алгоритму), випуск яких не перевищував 41 тис. т, а другий кластер становлять три види продовольчих товарів, виробництво яких було понад 41 тис. т.

Проведений аналіз дає підставу зробити такі висновки:

1) і для країни, і для Волинського регіону основні продукти харчування, за показниками випуску, доцільно поділяти на дві групи: об'єкти з малим (сім видів) та великим (три види) виробництвом;

2) для проведення кластеризації невеликої за обсягом кількості об'єктів можна використовувати нарівні з іншими табличний процесор *Microsoft Excel*.

Отримана інформація може бути корисною під час розміщення нових виробничих потужностей щодо випуску продовольчої продукції, а також (якщо додати дані з усіх областей) для дослідження регіональної спеціалізації територій.

Проведемо також за допомогою методу головних компонент факторний аналіз цих показників динаміки виробництва десяти основних продовольчих товарів в Україні та на Волині за 1995–2007 роки.

Докладний опис алгоритму реалізації методу головних компонент у програмі *StatSoft Statistica 6.0* подано в додатку І.

У нашому випадку 13 об'єктів (років) характеризуються десятьма параметрами (товарами). Аналіз розпочнемо з побудови матриць вхідних та стандартизованих вхідних даних, а також коефіцієнтів кореляції Пірсона між досліджуваними змінними (див. табл. К.1–К.6 додатка К).

Власні значення кореляційної матриці, сума яких дорівнює сумі одиниць на її діагоналі, тобто 10, а також відсотки їхньої загальної дисперсії подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Власні значення кореляційної матриці для України

№ з/п	Власні значення	% загальної дисперсії	Сукупні власні значення	Сукупний % загальної дисперсії
1	5,299036	52,99036	5,29904	52,9904
2	3,246039	32,46039	8,54508	85,4508
3	0,935960	9,35960	9,48104	94,8104
4	0,197760	1,97760	9,67880	96,7880
5	0,113196	1,13196	9,79199	97,9199
6	0,106193	1,06193	9,89818	98,9818
7	0,066135	0,66135	9,96432	99,6432
8	0,020640	0,20640	9,98496	99,8496
9	0,011648	0,11648	9,99661	99,9661
10	0,003393	0,03393	10,00000	100,0000

Згідно з цією таблицею, за критерієм Кайзера, потрібно залишити два фактори (головні компоненти), оскільки тільки два власні значення, які пояснюють близько 85,45 % загальної дисперсії, є більшими одиниці.

Побудуємо також діаграму кам'янистого осипу (див. рис. 2.10).

На ній зменшення власних значень зліва направо максимально сповільнюється після третьої точки. Тобто за цим критерієм потрібно залишити три фактори.

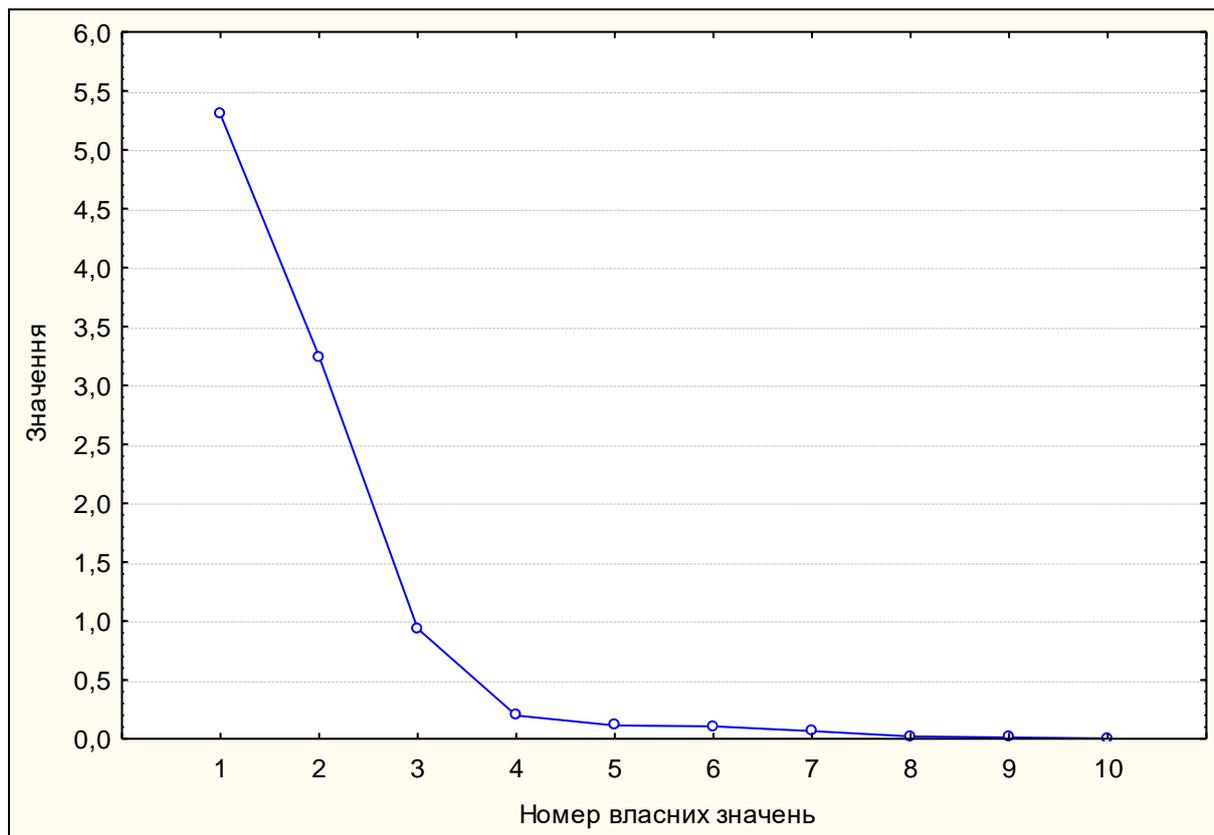


Рис. 2.10. Діаграма кам'янистого осипу

Для того щоб визначити оптимальну кількість головних компонент (дві чи три), проаналізуємо факторні навантаження за різних структур після ортогонального обертання за методом варімакс (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Факторні навантаження за головних компонент для України

№ з/п	Продовольчі товари	Двофакторна структура		Трифакторна структура		
		фактор 1	фактор 2	фактор 1	фактор 2	фактор 3
1	М'ясо	0,505741	0,755339	0,254792	0,767944	0,481027
2	Ковбасні вироби	-0,058290	0,962593	-0,050986	0,967303	-0,019684
3	Тваринне масло	0,760206	0,040943	0,989825	-0,013171	0,038227
4	Продукція з незб. молока	-0,132477	0,959242	0,065619	0,944922	-0,259689
5	Жирні сири	-0,493069	0,844777	-0,364648	0,851315	-0,322378
6	Цукор-пісок	0,873886	0,357288	0,774589	0,337601	0,450008
7	Борошно	0,954626	-0,215410	0,614806	-0,212666	0,741172
8	Хліб і хлібобулочні вироби	0,971224	-0,157177	0,786263	-0,172502	0,576583
9	Кондитерські вироби	-0,753826	0,117389	-0,141279	0,075782	-0,967331
10	Макаронні вироби	0,919890	-0,263586	0,636718	-0,266189	0,664496
Загальна дисперсія		5,130466	3,414609	3,206098	3,408760	2,866177
Частка загальної дисперсії		0,513047	0,341461	0,320610	0,340876	0,286618

Колонки цієї таблиці відповідають головним компонентам, а рядки – параметрам, тобто елементи будь-якого рядка є

коефіцієнтами при факторах у лінійному вираженні для відповідного параметра. Водночас вони є координатами знаходження параметрів у двомірному/тримірному просторі.

Таблиця показує, що за двофакторної структури внесок першої головної компоненти в загальну дисперсію становить 51,30 %; другої – 34,15 %; за трифакторної структури внесок першого фактору – 32,06 %; другого – 34,09 %; третього – 28,66 %. Тобто після обертання частка сукупної загальної дисперсії двох і трьох головних компонент не змінилась (85,45 % і 94,81 %), тільки відбувся перерозподіл дисперсії між ними.

Оскільки за трифакторної структури факторні навантаження для борошна та макаронних виробів досить близькі при першому і третьому факторі (0,614806 і 0,741172; 0,636718 і 0,664496 відповідно), то зупинимось на двох прихованих головних компонентах.

Факторну структуру у двомірному просторі відображено на рис. 2.11.

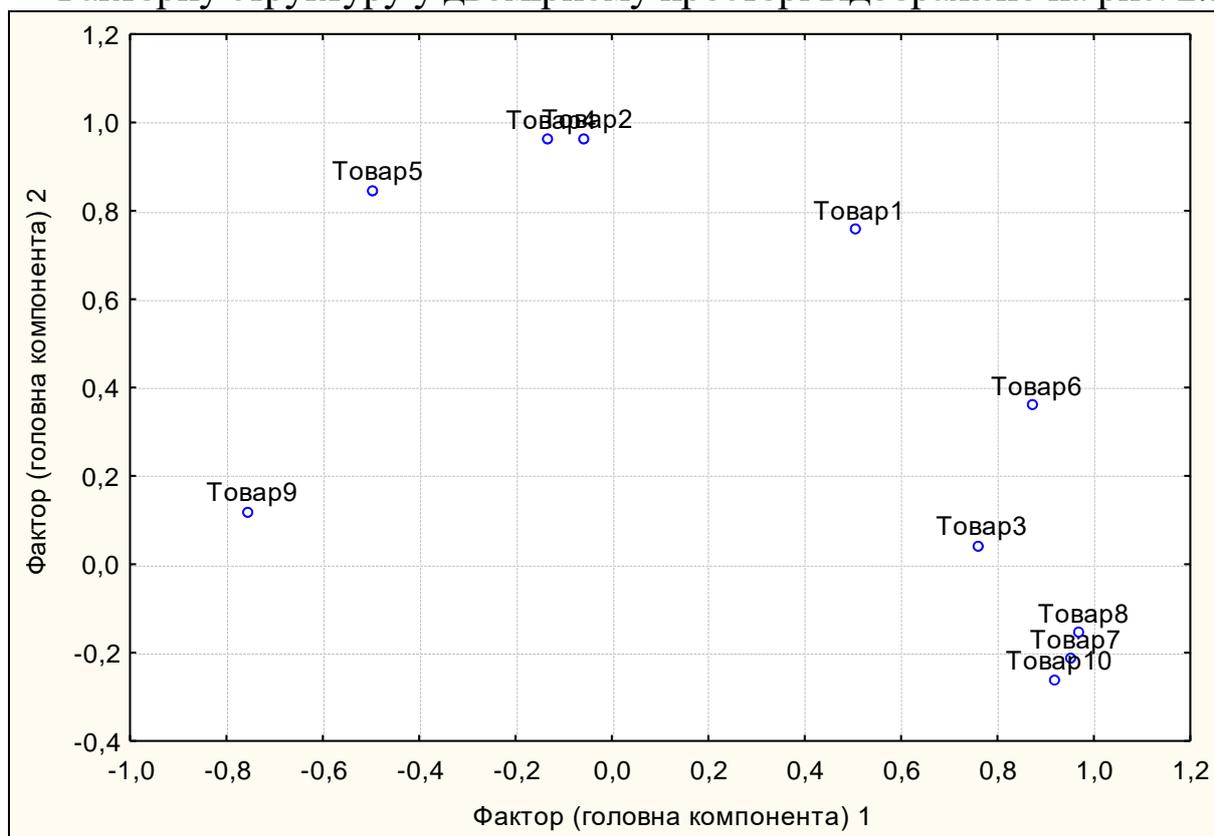


Рис. 2.11. Продовольчі товари України у просторі прихованих компонент

Математичні моделі залежностей виробництва основних продовольчих товарів від двох прихованих головних компонент зобразимо у вигляді таких лінійних комбінацій:

– м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії): $z_1 = 0,5057F_1 + 0,7553F_2$;

- ковбасні вироби: $z_2 = -0,0583F_1 + 0,9626F_2$;
- тваринне масло: $z_3 = 0,7602F_1 + 0,0409F_2$;
- продукція з незбираного молока: $z_4 = -0,1325F_1 + 0,9592F_2$;
- жирні сири (у т. ч. бринза): $z_5 = -0,4931F_1 + 0,8448F_2$;
- цукор-пісок: $z_6 = 0,8739F_1 + 0,3573F_2$;
- борошно: $z_7 = 0,9546F_1 - 0,2154F_2$;
- хліб і хлібобулочні вироби: $z_8 = 0,9712F_1 - 0,1572F_2$;
- кондитерські вироби: $z_9 = -0,7538F_1 + 0,1174F_2$;
- макаронні вироби: $z_{10} = 0,9199F_1 - 0,2636F_2$.

Отож перша головна компонента вагомо впливає на випуск шести продуктів харчування, причому виробництво одного з них (кондитерських виробів) є полярним до шести інших, що засвідчує їхню взаємно обернена динаміка. Друга головна компонента вагомо впливає на випуск чотирьох видів продовольчих товарів.

Відомо, що інтерпретація факторів полягає в пошуку узагальненої назви для групи змінних, які на нього навантажуються. Тому отримані головні компоненти проінтерпретуємо так:

головна компонента 1 – фактор великого впливу, оскільки характеризується високими факторними навантаженнями на випуск шести видів основних продуктів харчування, середній індекс виробництва яких за цей період не перевищував 97 (тваринне масло – 94,97; цукор-пісок – 96,55; борошно – 95,33; хліб і хлібобулочні вироби – 94,44; макаронні вироби – 94,77) або був більшим за 106 (кондитерські вироби – 106,92);

головна компонента 2 – фактор середнього впливу, оскільки характеризується високими факторними навантаженнями на випуск чотирьох видів продовольчих товарів, середній індекс виробництва яких за цей період перевищував 102 (м'ясо – 102,65; ковбасні вироби – 102,95; продукція з незбираного молока – 103,04; жирні сири – 113,11).

Якщо докладніше проаналізувати перший фактор, то видно, що динаміка випуску всіх продовольчих товарів, на які він вагомо впливає, крім кондитерських виробів, у яких динаміка протилежна, була такою: істотне зменшення після 1995 року в 1,5–2 рази, яке в окремі періоди супроводжувалося незначним зростанням. Щодо виробництва продуктів харчування, на які впливає другий фактор, то тут простежувалося значне зростання з 2001 року.

Усе це засвідчує, що динаміка випуску продовольчих товарів, які значно підпадають під вплив однієї й тієї самої компоненти, є подібною (за різної полярності – взаємно оберненою), хоча за обсягами їхнє виробництво може різнитися між собою.

Щодо випуску продовольства на Волині, то факторні навантаження за різних структур після ортогонального обертання за методом варімакс відображено в табл.2.3. Оскільки за двофакторної структури факторні навантаження для м'яса та тваринного масла досить близькі (й водночас невеликі) за обох факторів (0,399705 і 0,503523; -0,425388 і 0,449002 відповідно), то зупинимось на трьох прихованих головних компонентах.

Таблиця 2.3

Факторні навантаження за головних компонент для Волині

№ з/п	Продовольчі товари	Двофакторна структура		Трифакторна структура		
		фактор 1	фактор 2	фактор 1	фактор 2	фактор 3
1	М'ясо	0,399705	0,503523	0,230993	0,591481	0,384611
2	Ковбасні вироби	0,894528	-0,087733	0,940001	-0,082684	0,087455
3	Тваринне масло	-0,425388	0,449002	-0,146441	0,291064	-0,814733
4	Продукція з незбираного молока	0,898837	0,256417	0,918739	0,269080	0,087372
5	Жирні сири	0,945545	-0,037244	0,976146	-0,024070	0,123427
6	Цукор-пісок	0,851045	0,124505	0,682329	0,231491	0,541247
7	Борошно	-0,553632	0,746785	-0,572793	0,728695	-0,197053
8	Хліб і хлібобулочні вироби	0,169686	0,935117	0,174639	0,923466	-0,142467
9	Кондитерські вироби	0,804172	-0,172257	0,676029	-0,082311	0,489499
10	Макаронні вироби	0,910636	-0,178431	0,813492	-0,100664	0,439447
Загальна дисперсія		5,378393	2,039117	4,698295	1,968670	1,627031
Частка загальної дисперсії		0,537839	0,203912	0,469829	0,196867	0,162703

Факторну структуру в тримірному просторі відображено на рис. 2.12.

Математичні моделі залежностей виробництва основних продовольчих товарів від прихованих головних компонент зобразимо у вигляді таких лінійних комбінацій:

- м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії): $z_1 = 0,2310F_1 + 0,5915F_2 + 0,3846F_3$;
- ковбасні вироби: $z_2 = 0,9400F_1 - 0,0827F_2 + 0,0875F_3$;
- тваринне масло: $z_3 = -0,1464F_1 + 0,2911F_2 - 0,8147F_3$;
- продукція з незбираного молока: $z_4 = 0,9187F_1 + 0,2691F_2 + 0,0874F_3$;
- жирні сири (у т. ч. бринза): $z_5 = 0,9761F_1 - 0,0241F_2 + 0,1234F_3$;
- цукор-пісок: $z_6 = 0,6823F_1 + 0,2315F_2 + 0,5412F_3$;

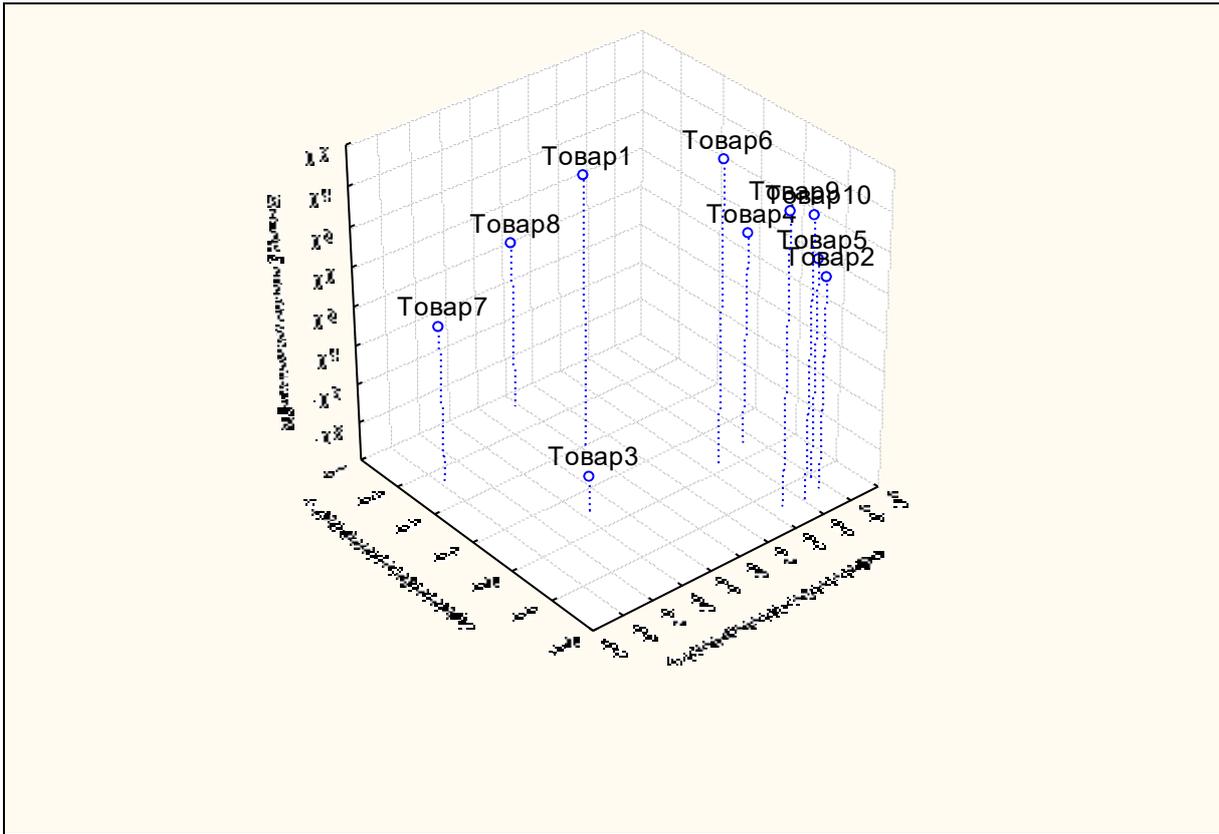


Рис. 2.12. Продовольчі товари Волині у просторі прихованих компонент

- борошно: $z_7 = -0,5728F_1 + 0,7287F_2 - 0,1971F_3$;
- хліб і хлібобулочні вироби: $z_8 = 0,1746F_1 + 0,9235F_2 - 0,1425F_3$;
- кондитерські вироби: $z_9 = 0,6760F_1 - 0,0823F_2 + 0,4895F_3$;
- макаронні вироби: $z_{10} = 0,8135F_1 - 0,1007F_2 + 0,4394F_3$.

Отримані головні компоненти проінтерпретуємо так:

головна компонента 1 – фактор максимального впливу, оскільки характеризується високими факторними навантаженнями на випуск шести видів основних продуктів харчування, середній індекс виробництва яких за цей період перевищував 109 (ковбасні вироби – 117,94; продукція з незбираного молока – 109,26; жирні сири – 120,51; цукор-пісок – 113,60; кондитерські – 110,96; макаронні вироби – 122,84);

головна компонента 2 – фактор середнього впливу, оскільки характеризується високими факторними навантаженнями на випуск трьох видів продовольчих товарів, середній індекс виробництва яких за цей період становив від 95 до 104 (м'ясо – 103,99; борошно – 95,76; хліб і хлібобулочні вироби – 98,34);

головна компонента 3 – фактор мінімального впливу, оскільки характеризується високими факторними навантаженнями на випуск тільки одного виду основних продуктів харчування, середній індекс виробництва якого за цей період становив 100,86 (тваринне масло).

Якщо докладніше проаналізувати перший фактор, то видно, що динаміка випуску продовольчих товарів, на які він вагомо впливає, була такою: істотне збільшення в декілька разів після 1995 року, яке в окремі періоди супроводжувалося незначним спадом. Щодо виробництва продуктів харчування, які на які вплинув другий фактор, то тут значення показників, починаючи з 1995 року, зменшились або незначно збільшились. А у випуску продукції, на яку значно впливає третій фактор, намітився трирічний цикл зростань та спадів.

Проведений аналіз дає підставу зробити такі висновки:

1) під час кластерного аналізу областей України за виробництвом продуктів харчування доцільно виділяти три кластери: регіони з великим, середнім та малим випуском продукції у всеукраїнському масштабі;

2) кластеризація показників випуску основних продовольчих товарів в Україні та на Волині показує, що продукти харчування, за показниками випуску, доцільно поділяти на дві групи: об'єкти з невеликим (сім видів) та великим (три види) виробництвом;

3) на динаміку випуску продовольчих товарів у країні впливають дві головні компоненти: фактори великого та середнього впливу, а у Волинській області – три головні компоненти: фактори максимального, середнього та мінімального впливу.

2.2. Багатокритеріальна оптимізаційна модель випуску продукції підприємств харчової промисловості

Характерною рисою оптимізаційних моделей є те, що вони орієнтовані на одержання відповідей на запитання типу “що потрібно, щоб ...?”, тобто визначення таких елементів, відношень і властивостей, які забезпечать досягнення бажаної цілі, причому найкращим, найефективнішим способом. На відміну від них, імітаційні моделі орієнтовані на одержання відповідей на запитання типу “що буде, якщо ...?” [103, 7].

Згідно з теорією прийняття рішень, якщо задана імітаційна модель системи, то для її оптимізації потрібно тільки синтезувати цільову функцію, тобто визначити такі значення характеристик системи, які її перетворюють в екстремум. Фактично завдяки цьому імітаційна модель набуває ознак оптимізаційної. Ми ж пропонуємо робити перетворення також і у зворотному порядку: в оптимізаційній моделі симулювати значення випадкових величин, щоб вона набула ознак імітаційної і давала відповідь на запитання “що потрібно, щоб ... , за умови, якщо ...?”.

Отже, побудуємо за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel* багатокритеріальну оптимізаційну модель випуску продукції підприємствами харчової промисловості. Оптимізаційними елементами в ній будуть шість критеріїв ефективності (обґрунтовані в попередньому розділі), імітаційними – випадкові величини поступок, які можна допустити для перетворення в екстремум кожного наступного показника. Для пошуку розв’язку використаємо принцип послідовної поступки, який дає змогу генерувати величини поступок; практичну реалізацію проведемо на прикладі хлібопекарського підприємства.

Реалізація моделі відбудуватиметься так:

- 1) специфікація критеріїв оптимальності (розміщених у порядку спаду важливості), обмежень й умов невід’ємності;
- 2) розробка алгоритму пошуку кінцевого розв’язку з урахуванням усіх критеріїв ефективності;
- 3) побудова моделі в табличному процесорі *Microsoft Excel*;
- 4) апробація моделі на прикладі підприємства ТЗОВ “Волинь-зовнішторгхліб”.

Отже, спочатку запишемо критерії оптимальності у вигляді таких формул:

а) максимізація прибутку

$$k_1 = \sum_{j=1}^n (c_j x_j - z_j x_j) - V_{ном} \rightarrow \max ;$$

б) максимізація чистого доходу (без ПДВ)

$$k_2 = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max ;$$

в) мінімізація повної собівартості продукції

$$k_3 = \sum_{j=1}^n z_j x_j + V_{ном} \rightarrow \min ;$$

г) максимізація випуску продукції (якщо підприємство виробляє продукцію тільки в обсязі попередньо укладених договорів, забезпечивши таким чином її збут, то цей показник фактично перетворюється в максимізацію реалізації продукції і слугує орієнтиром для працівників відділу збуту)

$$k_4 = \sum_{j=1}^n x_j \rightarrow \max ;$$

г) мінімізація витрат основної сировини (на хлібопекарських підприємствах такою сировиною є борошно різних видів і гатунків, яке займає ліву частку матеріальних витрат)

$$k_5 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij} x_j \rightarrow \min ;$$

д) мінімізація затрат часу на виробництво (випічку) продукції (адже час, як відомо, – це гроші)

$$k_6 = \sum_{j=1}^n t_j x_j = \sum_{j=1}^n t'_j \frac{x_j}{x'_j} \rightarrow \min ,$$

де j – номер окремого виду продукції ($j = \overline{1, n}$); n – кількість видів продукції; i – номер окремого виду основної сировини ($i = \overline{1, m}$); m – кількість видів основної сировини; x_j – обсяг виготовлення продукції j -го виду, m ; c_j – чистий дохід від продажу калькуляційної одиниці продукції (на підприємствах з виробництва хлібобулочних виробів такою одиницею є $1 m$) j -го виду, $грн$; z_j – змінні загальні витрати на виготовлення калькуляційної одиниці продукції j -го виду, $грн$. До них належать витрати на обслуговування і управління виробництвом, які змінюються прямо (або майже прямо) пропорційно до зміни обсягу діяльності; $V_{ном}$ – постійні загальні витрати, $грн$. До них належать витрати на обслуговування і управління виробництвом, які залишаються незмінними (або майже незмінними) за умов зміни обсягу діяльності; $(c_j x_j - z_j x_j)$ – маржинальний прибуток від продажу калькуляційної одиниці продукції j -го виду, $грн$; a_{ij} – нормативні витрати i -го виду основної сировини на виготовлення калькуляційної одиниці продукції j -го виду, $кз$; t_j – нормативні затрати часу на виготовлення калькуляційної одиниці продукції j -го виду, $хв$; t'_j – нормативні затрати часу на партію випуску продукції (величина якої може не відповідати калькуляційній одиниці) j -го виду, $хв$; x'_j – місткість партії випуску продукції j -го виду, m ; $\frac{x_j}{x'_j}$ – кількість партій випуску продукції (ціле число).

Обмеження та умови невід'ємності змінних задамо такими формулами:

- обмеження з виготовлення продукції кожного виду

$$X_j^{\min} \leq x_j \leq X_j^{\max};$$

- обмеження із загального випуску продукції

$$X^{\min} \leq \sum_{j=1}^n x_j \leq X^{\max};$$

- обмеження зі змінних витрат

$$\sum_{j=1}^n z_j x_j \leq Z;$$

- обмеження з витрат основної сировини

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq A_i;$$

- обмеження із затрат часу

$$\sum_{j=1}^n t_j' \frac{x_j}{x_j'} \leq T;$$

- умови невід'ємності змінних

$$x_j \geq 0,$$

де X_j^{\min} та X_j^{\max} – мінімально та максимально допустимі обсяги виготовлення продукції j -го виду, t ; X^{\min} та X^{\max} – мінімально та максимально допустимі обсяги загального виробництва продукції, t ; Z – величина сумарних змінних витрат на випуск продукції, $грн$; A_i – кількість наявної основної сировини i -го виду, $кг$; T – корисний фонд часу, $хв$.

Алгоритм пошуку рішення моделі з урахуванням усіх критеріїв ефективності зображено на рис. 2.13. На ньому критерії оптимальності розміщені в порядку спаду важливості. Якщо попереднім критерієм була максимізація, то для розв'язання завдання за наступним показником потрібно зменшити отримане на попередньому кроці значення на величину поступки. Якщо ж попередньо була мінімізація, то, навпаки – збільшити. Величина поступки, на нашу думку, має бути в межах 5 %, тобто максимально допустимим значенням є 5 %.

Опис практичної реалізації моделі на шести аркушах (по одному для кожного критерію) табличного процесора *Microsoft Excel* подано в додатку Л.

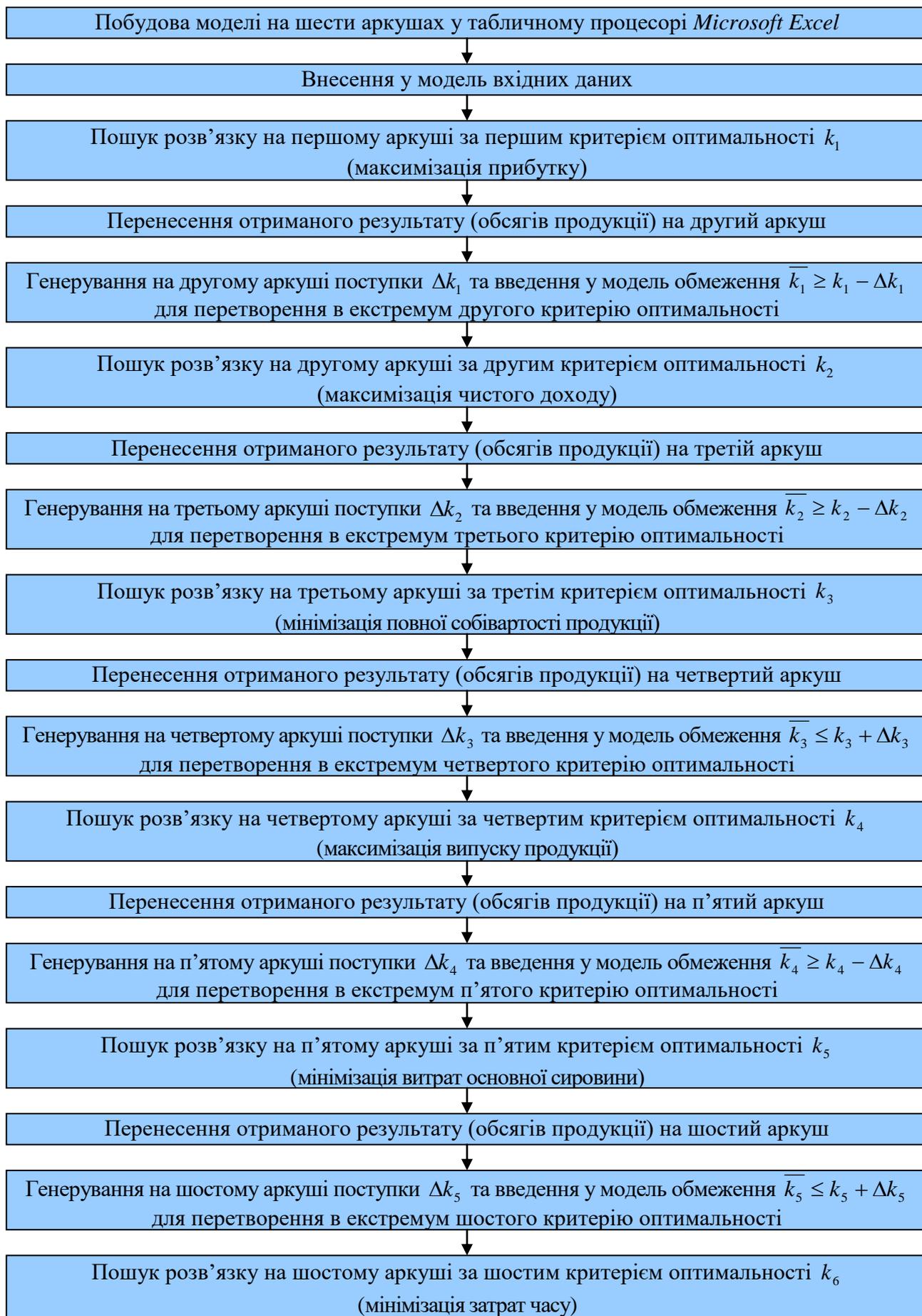


Рис. 2.13. Алгоритм пошуку рішення багатокритеріальної оптимізаційної моделі

Слід зазначити, що під час заповнення моделі може виникнути запитання, як розподіляти постійні загальні витрати на калькуляційну одиницю продукції. Так, згідно з Положеннями (стандартами) бухгалтерського обліку 16 “Витрати” постійні загальновиробничі витрати розподіляються на кожен об’єкт витрат, тобто продукцію, роботи, послуги з використанням бази розподілу (годин праці, заробітної плати, обсягу діяльності, прямих витрат тощо) за нормальної потужності [144, 73]. Але при застосуванні таких баз розподілу можуть виникати нерозподілені постійні загально-виробничі витрати. Тому науковці О. Орлов та Є. Рясних запропонували для вирішення цієї проблеми застосовувати метод розподілу умовно-постійних витрат пропорційно маржинальному прибутку [145, 46]. Відповідно до цього методу можна розподілити постійні загальні витрати, ввівши відповідні формули в комірки D15:R15.

Отримані на шостому аркуші в комірках D18:R18 обсяги продукції будуть оптимальними за врахування всіх шести критеріїв: максимізації прибутку, максимізації чистого доходу, мінімізації повної собівартості продукції, максимізації випуску продукції, мінімізації витрат основної сировини та мінімізації затрат часу.

Слід зазначити: якщо підприємство обмежує випуск продукції кожного виду мінімально, то немає потреби вводити умови невід’ємності змінних, оскільки виробництво продуктів харчування і так буде більше нуля.

Для автоматичного виконання прогону імітаційної моделі доцільно, на нашу думку, спроектувати макрос на мові програмування прикладного рівня *Visual Basic for Applications (VBA)*. Найпростіший метод його створення – це запис, коли всі події, які відбуваються в *Microsoft Excel*, фіксуються та перетворюються у *VBA*-код, потрібен для відтворення цих подій [146, 13]. Популярність мови *VBA* пов’язана з тим, що вона позиціонується як інструмент програмування для *Microsoft Office* [147, 475].

Макрос пошуку рішення в багатокритеріальній оптимізаційній моделі виробництва продуктів харчування на мові *VBA* зображено в додатку М. Для його виконання присвоєно комбінацію “гарячих” клавіш *Ctrl+m*.

У макросі використовуватимемо три основні конструкції: *SolverOk*, *SolverSolve* та *Application.Run “ATPVBAEN.XLA!Random”*.

Функція *SolverOk* є відповідником надбудови *Microsoft Excel* “Пошук рішення” і складається з таких чотирьох компонентів:

1) *SetCell* – цільова комірка;

2) *MaxMinVal* – набирає одного з трьох значень:

1 – якщо значення цільової комірки має бути максимальним,

2 – якщо її значення має бути мінімальним,

3 – якщо вводиться число, якому вона повинна дорівнювати;

3) *ValueOf* – числове обмеження на значення (заповнюється тоді, коли *MaxMinVal* = 3);

4) *ByChange* – адреси комірок, які змінюються.

Функція *SolverSolve* виконує пошук рішення.

Об’єкт *Application.Run* “*ATPVBAEN.XLA!Random*” виконує генерування випадкових чисел і складається з таких шести компонентів:

1) *ActiveSheet.Range* – вихідний інтервал,

2) значення, яке показує кількість змінних;

3) значення, яке показує кількість випадкових чисел;

4) цифра, яка вказує на номер виду розподілу (для дискретного – 7);

5) довільне значення, для якого потрібно генерувати випадкові числа (пізніше воно може використовуватися для отримання тих самих випадкових чисел);

6) *ActiveSheet.Range* – вхідний інтервал значень та імовірностей.

Отже, у результаті виконаних дій ми отримали в електронній таблиці *Microsoft Excel* багатокритеріальну оптимізаційну модель випуску продукції, врахувавши в ній критерії максимізація прибутку > максимізація чистого доходу > мінімізація повної собівартості продукції > максимізація випуску продукції > мінімізація витрат основної сировини > мінімізація затрат часу і прийнявши величини поступок, необхідних для екстремізації кожного наступного показника ефективності, за випадкові з дискретним законом розподілу. Апробацію отриманої моделі проведемо на прикладі ТзОВ “Волиньзовнішторгхліб”.

Це підприємство займається виробництвом та продажем різних видів хліба і хлібобулочних виробів. Воно випікає батони, булки, булочки, ватрушки, завиванці, здоби, калачі, плетінки, плюшки, ріжки, рогалики та хліб. Для випуску продукції використовується близько 50 найменувань сировини, зокрема борошно пшеничне (вищого, першого та другого ґатунку), житнє, солод, патока, сіль,

дріжджі, цукор, маргарин, олія, масло, яйця та різноманітні наповнювачі (мак, ізюм, горіхи, повидло тощо). Виробництво відбувається в межах попередньо укладених договорів, тому повністю забезпечене збутом. Орієнтацією для випуску є показники попереднього місяця.

Оскільки продукція підприємства має обмежений та невеликий термін придатності, то її споживачами є торговельні заклади Волинської області. Причому доставка продукції здійснюється за кошти виробника.

Побудуємо для цього підприємства економіко-математичну модель випуску продукції в місячному розрізі для дванадцяти виробів, частка яких у загальному обсязі становить 80–85 %. Вхідні дані отримано з документів:

- планові калькуляції вартості виробництва продукції;
- виробничий звіт (за місяць);
- оборотно-сальдові відомості за рахунками 201 “Сировина й матеріали”, 26 “Готова продукція”;
- аналіз рахунків 23 “Виробництво”, 70 “Доходи від реалізації”, 79 “Фінансові результати”, 901 “Собівартість реалізованої готової продукції”, 91 “Загальновиробничі витрати”, 92 “Адміністративні витрати”, 93 “Витрати на збут”, 94 “Інші витрати операційної діяльності”;
- технологічні маршрути виготовлення виробів;
- прейскурант цін.

Початкові дані відображено на рис. 2.14.

Оскільки підприємство не встановлює максимальні обсяги за кожним видом продукції окремо, то ці обмеження в модель вводити не будемо. Що ж до обмеження за мінімальним загальним обсягом, то потреба його введення відпадає, оскільки він дорівнює сумі мінімальних обсягів за кожним видом продукції.

Отже, після введення в ЕОМ усіх необхідних даних відтворимо можливі випадкові стани функціонування модельованої системи виробництва хлібопродуктів за допомогою імітаційних прогонів. Після кожного прогону будемо реєструвати сукупність параметрів, які характеризують випадкову подію, а саме такі показники:

- значення поступок;
- випуск окремих видів продукції;
- прибуток;

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
2	Вид основної сировини	Познач. у формулі	Витрати основної сировини на калькуляційну одиницю j-го виду продукції														Σ за всім обсягом	Обмеження		
3			хліб дом.	хліб софійв.	хліб біл. I г	хліб козац.	хліб ситн.	батон нарізн.	плет. з маком	булка севаст.	булка з маком	завива-нець	плюш. моск.	ватр. сирна						
4	борошно пшеничне в/г	a_{ij}	-	550,18	-	-	766,78	788,52	778,77	623,42	685,33	663,93	642,95	580,38				50 611,22	52 327,10	
5	борошно пшеничне I г		356,56	235,80	779,29	424,64	-	-	-	-	-	-	-	-				102 914,69	103 543,17	
6	борошно житнє		356,57	-	-	247,82	-	-	-	-	-	-	-	-				37 024,90	37 854,18	
7																				
8																				
9	затрати часу	t_j'	55	55	55	55	45	45	45	45	40	40	40	40				19 540	35 496	
10	місткість партії	x_j'	0,800	0,686	0,800	0,571	0,686	0,457	0,457	0,457	0,343	0,457	0,229	0,114						
11	кількість партій	x_j/x_j'	124	88	81	13	3	14	10	11	16	1	4	8						
12	змінні загальні витрати	z_j	1 034,35	1 214,10	1 185,50	1 493,25	1 687,10	1 740,10	1 750,10	3 385,10	2 419,10	3 177,60	3 485,10	2 622,10				319 304,97	580 000,00	
13	чистий дохід	c_j	1 226,20	2 166,67	1 726,20	2 400,00	2 300,55	2 812,50	2 812,50	4 166,67	4 722,22	4 583,33	5 416,67	3 000,00				467 961,94		
14	маржинальний прибуток	$c_j - z_j$	191,85	952,57	540,70	906,75	613,45	1 072,40	1 062,40	781,57	2 303,12	1 405,73	1 931,57	377,90				148 656,97		
15	постійні загальні витрати	v_j																45 000,00		
16	загальні витрати	k_3																364 304,97		
17	прибуток	k_1																103 656,97		
18	обсяг продукції	x_j	98,844	60,124	64,730	7,183	1,698	6,270	4,380	4,591	5,338	0,366	0,905	0,913				255,342		
19	обмеження																			
20	на виготовлення продукції	X_j^{min}	97,278	58,872	62,129	7,717	1,732	6,166	4,275	4,183	4,616	0,277	0,793	0,784						
21		X_j^{max}																	298	
22	невід'ємність змінних	x_j	0																	
23	критерії																		поступка	обмеження
24	max прибутку	k_1																103 656,97		
25	max чистого доходу	k_2																467 961,94		
26	min повної собівартості	k_3																364 304,97		
27	max випуску	k_4																255,342		
28	min витрат сировини	k_5																190 550,80		
29	min затрат часу	k_6																19 504		

Рис. 2.14. Вхідні дані моделі

- чистий дохід;
- повна собівартість;
- загальний випуск продукції;
- витрати основної сировини;
- затрати часу.

А потім статистично опрацюємо отримані результати для визначення числових характеристик досліджуваного процесу.

Загальна кількість прогонів, якщо не враховувати можливі повторення значень усіх п'яти поступок, дорівнює $5^5 = 3125$. У дослідженні проведено десять випробувань, а також для порівняння подано плани випуску продукції:

1) за кожним критерієм окремо;

2) коли значення всіх поступок є мінімальним (1 %) та максимальним (5 %).

Спочатку побудуємо таблицю, у якій відобразимо випадкові значення поступок при зазначених вище прогонах (див. табл. 2.4).

А далі подамо таблиці з результатами цих прогонів, у яких буде відображено оптимальні значення випуску всіх видів продукції (див. табл. 2.5) та значення показників ефективності за отриманих поступок (див. табл. 2.6).

Таблиця 2.4

Випадкові значення поступок

Прогін	Поступки				
	Δk_1	Δk_2	Δk_3	Δk_4	Δk_5
контрольний прогін 1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
імітаційний прогін 1	0,02	0,03	0,05	0,03	0,05
імітаційний прогін 2	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01
імітаційний прогін 3	0,03	0,05	0,03	0,04	0,05
імітаційний прогін 4	0,03	0,03	0,02	0,05	0,03
імітаційний прогін 5	0,04	0,05	0,03	0,01	0,03
імітаційний прогін 6	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04
імітаційний прогін 7	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04
імітаційний прогін 8	0,05	0,03	0,04	0,05	0,02
імітаційний прогін 9	0,01	0,02	0,03	0,05	0,01
імітаційний прогін 10	0,02	0,01	0,01	0,05	0,04
контрольний прогін 2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Слід зазначити, що прогін – це однократне виконання програми, а контрольний прогін – виконання програми для визначення робочих характеристик ЕОМ чи перевірки самої програми [48, 74].

Таблиця 2.5

Результати імітаційних випробувань

Прогін	Випуск продукції, т											
	хліб домашній 0,7 кг	хліб софіївський 0,6 кг	хліб білий 1 гат. 0,7 кг	хліб козацький заварний 0,5 кг	хліб ситний з родзинками 0,6 кг	батон нарізний в/Г 0,4 кг	плетінка з маком в/Г 0,4 кг	булка севастопольська 0,4 кг	булка з маком в/Г 0,3 кг	завиванець здобний 0,4 кг	плюшка московська в/Г 0,2 кг	вагрушка сирна 0,1 кг
max прибутку	97,278	58,872	63,581	12,783	1,732	6,166	4,275	4,183	9,719	0,277	0,793	0,784
max чистого доходу	97,278	58,872	63,581	12,783	1,732	6,166	4,275	4,183	4,616	0,277	6,233	0,784
min повної собівартості	97,278	58,872	62,129	7,717	1,732	6,166	4,275	4,183	4,616	0,277	0,793	0,784
max випуску продукції	97,278	58,872	63,581	12,783	1,732	6,166	4,275	4,183	4,616	0,277	0,793	6,810
min витрат основної сировини	97,278	58,872	62,129	7,717	1,732	6,166	4,275	4,183	4,616	0,277	0,793	0,784
min затрат часу	97,278	58,872	62,129	7,717	1,732	6,166	4,275	4,183	4,616	0,277	0,793	0,784
контрольний прогін 1	97,278	58,872	63,581	12,783	1,732	6,166	4,275	4,183	8,357	1,678	0,798	0,784
імітаційний прогін 1	97,278	58,872	62,129	11,094	1,732	6,166	4,275	4,183	9,719	0,277	0,793	0,784
імітаційний прогін 2	97,278	58,872	64,030	7,717	1,732	6,166	4,275	4,183	8,030	2,021	0,793	0,784
імітаційний прогін 3	97,278	58,872	62,129	9,817	1,732	6,166	4,275	4,183	9,719	0,277	0,793	0,784
імітаційний прогін 4	97,278	58,872	62,129	9,847	1,732	6,166	4,275	4,183	9,687	0,310	0,793	0,784
імітаційний прогін 5	97,526	58,872	66,227	7,717	1,732	6,166	4,275	4,183	7,939	2,115	0,793	0,784
імітаційний прогін 6	97,278	58,872	62,129	8,540	1,732	6,166	4,275	4,183	9,719	0,277	0,793	0,784
імітаційний прогін 7	97,278	58,872	62,129	9,842	1,732	6,166	4,275	4,183	8,334	1,707	0,793	0,784
імітаційний прогін 8	97,278	58,872	62,129	9,837	1,732	6,166	4,275	4,183	6,980	3,105	0,793	0,784
імітаційний прогін 9	97,278	58,872	62,129	12,371	1,732	6,166	4,275	4,183	9,719	0,277	0,793	0,784
імітаційний прогін 10	97,278	58,872	63,581	12,783	1,732	6,166	4,275	4,183	6,750	2,978	1,169	0,784
контрольний прогін 2	97,278	58,872	62,129	7,717	1,732	6,166	4,275	4,183	9,541	0,277	0,793	0,784

Таблиця 2.6

Значення показників при імітаційній прогонах

Прогін	Показники					
	прибуток, грн	чистий дохід, грн	повна собівартість, грн	випуск продукції, т	витрати осн. сировини, кг	затрати часу, хв
max прибутку	114 641,52	491 879,87	377 238,35	260,487	193 724,45	20 100
max чистого доходу	114 553,10	497 229,05	382 675,96	260,779	193 724,45	20 493
min повної собівартості	98 667,60	453 100,17	354 432,57	248,822	185 689,31	18 953
max випуску продукції	106 322,99	485 842,13	379 519,13	261,365	193 724,45	21 650
min витрат осн. сировини	98 667,60	453 100,17	354 432,57	248,822	185 689,31	18 953
min затрат часу	98 667,60	453 100,17	354 432,57	248,822	185 689,31	18 953
контр. прогін 1	114 641,52	491 879,87	377 238,35	260,487	193 724,45	20 100
імітац. прогін 1	113 483,53	485 304,50	371 820,98	257,302	191 457,73	19 874
імітац. прогін 2	110 009,54	480 495,87	370 486,33	255,881	190 668,12	19 635
імітац. прогін 3	112 325,53	482 239,50	369 913,97	256,025	190 598,94	19 751
імітац. прогін 4	112 325,53	482 312,18	369 986,65	256,057	190 619,23	19 753
імітац. прогін 5	111 167,54	484 594,47	373 426,93	258,329	192 557,71	19 800
імітац. прогін 6	111 167,54	479 174,50	368 006,97	254,748	189 740,16	19 628
імітац. прогін 7	111 167,54	482 312,18	371 144,65	256,095	190 615,87	19 717
імітац. прогін 8	110 009,54	482 312,18	372 302,64	256,134	190 612,52	19 680
імітац. прогін 9	114 641,52	488 369,50	373 727,98	258,579	192 316,52	19 997
імітац. прогін 10	113 483,53	492 256,76	378 773,24	260,550	193 724,45	20 092
контр. прогін 2	110 009,54	476 355,20	366 345,66	253,747	189 064,28	19 528

Проаналізувавши отримані дані, з'ясували, що застосування багатокритеріальної моделі дало змогу досягнути за місяць такої зміни показників (порівняно із запланованими):

– підвищення прибутку на 6,1–10,6 % (із 103 656,97 до 110 009,54–114 641,52 грн);

– збільшення чистого доходу на 1,8–5,2 % (із 467 961,94 до 476 355,20–492 256,76 грн);

– підвищення повної собівартості на 0,6–4,0 % (із 364 304,97 до 366 345,66–378 773,24 грн);

– і зменшення на 0,6 %, і збільшення на 2,0 % випуску продукції (із 255,342 до 253,747–260,550 т);

– і зниження на 0,8 %, і підвищення на 1,7 % витрат основної сировини (із 190 550,80 до 189 064,28–193 724,45 кг);

– збільшення затрат часу на 0,1–3,1 % (із 19 504 до 19 528–20 100 хв).

Підвищення повної собівартості та збільшення затрат часу не є негативним явищем, оскільки на початку моделювання обумовлювалось, що для досягнення в моделі кінцевого результату

потрібно йти на певні поступки на проміжних етапах. Тим більше, що за інших вхідних даних, отримані результати також будуть іншими.

Як бачимо, зміна у виробництві продукції при цих прогонах відбувалася за рахунок зміни випуску таких виробів, як хліб домашній, хліб білий 1-го ґатунку, хліб козацький заварний, булка з маком вищого ґатунку, завиванець здобний, плюшка московська вищого ґатунку й ватрушка сирна. Фахівцям із планування слід обрати найкращий, на їх думку, рівень показників ефективності, за якого асортимент продукції буде максимально наближеним до замовлень покупців, та впровадити отримане рішення у виробництво.

Оскільки ця модель дає змогу визначити оптимальну кількість випуску продукції з урахуванням шести критеріїв, то її рекомендовано використовувати ТзОВ “Волиньзовнішторгхліб” у сфері планування та збуту. Цю модель також можуть застосувати інші виробничі промислові підприємства, ввівши свої дані та, за потреби, змінивши таблиці в *Microsoft Excel* (якщо кількість їхньої продукції та основної сировини не відповідає кількості, на яку розрахована розроблена модель).

Проведене дослідження дає підставу зробити такі висновки:

1) під час побудови багатокритеріальної оптимізаційної моделі випуску продукції із застосуванням принципу послідовної поступки критерії запропоновано враховувати в такому порядку: максимізація прибутку > максимізація чистого доходу > мінімізація повної собівартості продукції > максимізація випуску продукції > мінімізація витрат основної сировини > мінімізація затрат часу;

2) практичну реалізацію моделі доцільно проводити за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel* і мови програмування прикладного рівня *Visual Basic for Applications*.

2.3. Імовірісно-автоматне моделювання діяльності хлібопекарського підприємства

Для того щоб спланувати випуск продукції на будь-якому підприємстві, спочатку потрібно спрогнозувати показники його діяльності на певний період. Зокрема, слід передбачити в динаміці характеристики такого ланцюжка: замовлення продукції → витрати основної сировини → виробництво продукції → поповнення основної сировини → рівень запасів основної сировини, де кожний наступний елемент залежить від попередніх. Для розв'язання такого завдання можна використати імовірісно-автоматний метод моделювання, розроблений в Інституті кібернетики НАН України.

На відміну від таких звичайних методів математичного моделювання, як статистичний аналіз випадкових факторів і перевірка ступеня їх залежності (регресійний аналіз), апарат імовірісно-автоматного моделювання є:

– гнучким, оскільки дає змогу модифікувати модель при зміні в постановці задачі, конкретизації певних аспектів системи або виникненні деякого принципово різного набору даних;

– достатньо формалізованим для того, щоб будувати моделі взаємодії внутрішніх факторів системи та факторів впливу зовнішнього середовища;

– наочним і простим для розуміння, оскільки не містить формул інтегрального й диференціального числення, а зв'язок між характеристиками системи здійснюється за допомогою арифметичних операцій [123, 36].

Будь-яка імовірісно-автоматна модель відображається за допомогою таких п'яти характеристик:

1) вектора початкових станів – задає внутрішні стани автоматів у початковий момент часу;

2) матриці алфавітів – деталізує, які значення можуть приймати внутрішні стани автоматів, їхній вхідний і вихідний сигнали;

3) системи функцій виходів – є сукупністю систем, за якими відбувається перерахування вихідних сигналів автоматної моделі;

4) таблиці умовних функціоналів-переходів – за її допомогою виконується обчислення внутрішніх станів автоматів моделі в наступний $(t+1)$ момент часу на основі даних, отриманих у попередній момент часу (t) ;

5) системи розподілу незалежних випадкових величин – у ній представлено всі випадкові величини, які впливають на зміну внутрішніх станів моделі [121, 130].

Вважається, що імовірісно-автоматна модель задана, якщо визначено всі її автомати й указано наявність або відсутність зв'язків для кожної впорядкованої пари автоматів системи. При цьому імовірнісним автоматом вважається об'єкт, який володіє внутрішнім станом, здатний сприймати вхідний сигнал і видавати вихідний. Цей автомат є дискретним ініціальним імовірнісним автоматом Мура з детермінованими виходами. Зміна станів автоматів і видача вихідних сигналів виконується винятково в цілі моменти часу, імовірнісний фактор бере участь тільки у формуванні внутрішнього стану автомата, початковий стан автомата є закріпленим, значення вихідного сигналу залежить від значення вхідного сигналу тільки через внутрішній стан [116, 253].

Для зображення автоматної моделі найзручніше скласти таблицю умовних функціоналів переходів, яка будується на підставі змістового опису економічної системи та її статистичного дослідження [124, 18].

Отже, побудуємо імовірісно-автоматну модель діяльності хлібопекарського підприємства (на прикладі ТЗОВ “Волинь-зовнішторгхліб”), яка відображатиме динаміку замовлень на продукцію та її виробництва, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини. Така модель буде імітаційною, оскільки відтворюватиме не тільки структуру і статичний взаємозв'язок складових елементів системи, а й імітуватиме динаміку її розвитку в часі. Практичну реалізацію моделі проведемо за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel*.

Припустимо, що хлібопекарське підприємство кожного дня формує на основі укладених договорів замовлення в цех на виготовлення j -го виду ($j=1,2,\dots,12$) основної продукції (а саме: 1 – хліб домашній (0,7 кг); 2 – хліб софіївський (0,6 кг); 3 – хліб білий 1-го ґатунку (0,7 кг); 4 – хліб козацький заварний (0,5 кг); 5 – хліб ситний із родзинками (0,6 кг); 6 – батон нарізний вищого ґатунку (0,4 кг); 7 – плетінка з маком вищого ґатунку (0,4 кг); 8 – булка севастопольська (0,4 кг); 9 – булка з маком вищого ґатунку (0,3 кг); 10 – завиванець здобний (0,4 кг); 11 – плюшка московська вищого ґатунку (0,2 кг); 12 – ватрушка сирна (0,1 кг)) та випікає хлібобулочні вироби. Запаси i -го виду ($i=1,2,3$) основної сировини (а саме:

1 – пшеничне борошно вищого ґатунку; 2 – пшеничне борошно першого ґатунку; 3 – житнє борошно) на складі поповнюються одночасно за всіма видами декілька разів на місяць. Обсяги замовлень на виготовлення продукції j -го виду – це випадкові величини $\xi_1 \div \xi_{12}$, а обсяги поповнення борошна – випадкові величини $\eta_1 \div \eta_3$.

Внутрішні стани автоматів моделі зобразимо так:

$a(t)$ – проміжок часу від моменту t до моменту поповнення запасів основної сировини, днів;

$b_j(t)$ – величина замовлення на виготовлення j -го виду продукції на момент часу t , шт;

c_j – вага j -го виду виробу, кг;

d_{ij} – нормативні витрати i -го виду основної сировини на виготовлення однієї тонни j -го виду продукції, кг;

$f(t)$ – загальний випуск основної продукції на момент часу t , т;

$v_1(t)$ – витрати пшеничного борошна вищого ґатунку на сумарне виготовлення продукції згідно із замовленнями на момент часу t , кг;

$v_2(t)$ – витрати пшеничного борошна першого ґатунку на сумарне виготовлення продукції згідно із замовленнями на момент часу t , кг;

$v_3(t)$ – витрати житнього борошна на сумарне виготовлення продукції згідно із замовленнями на момент часу t , кг;

$p_1(t)$ – поповнення запасів пшеничного борошна вищого ґатунку на момент часу t , кг;

$p_2(t)$ – поповнення запасів пшеничного борошна першого ґатунку на момент часу t , кг;

$p_3(t)$ – поповнення запасів житнього борошна на момент часу t , кг;

$z_1(t)$ – запаси пшеничного борошна вищого ґатунку на складі на момент часу t , кг;

$z_2(t)$ – запаси пшеничного борошна першого ґатунку на складі на момент часу t , кг;

$z_3(t)$ – запаси житнього борошна на складі на момент часу t , кг.

Предметніше зв'язки між автоматами покажемо за допомогою графа міжавтоматних зв'язків на рис. 2.15.

Для складних систем із великою кількістю автоматів і міжавтоматних зв'язків зручнішим є матричний опис структури. Для цього будується квадратна матриця структури системи, порядок якої збігається з кількістю автоматів системи [110, 65]. У ній внутрішній алфавіт автомата розміщений на діагоналі, вхідний – у стовпці, а вихідний – у рядку з іменем автомата.

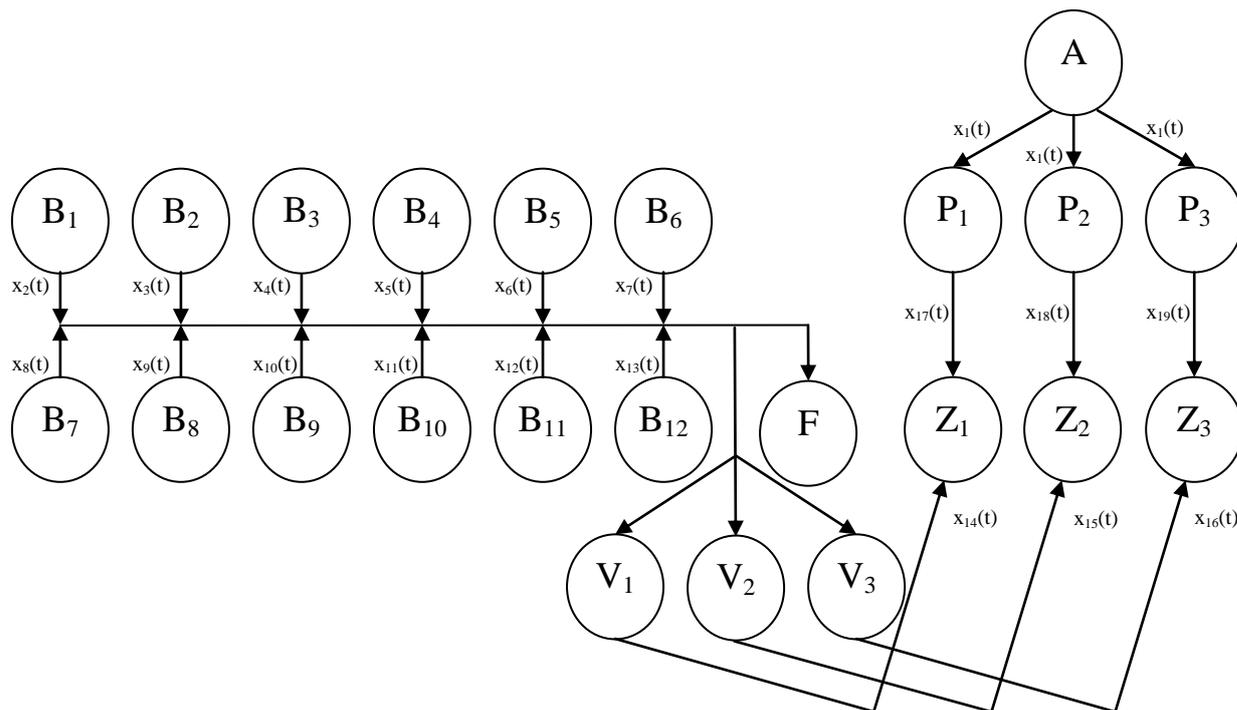


Рис. 2.15. Граф міжавтоматних зв'язків:

A – автомат, який показує час, що залишився до моменту поповнення запасів основної сировини; $B_1 \div B_{12}$ – автомати, які показують величини замовлень на виготовлення певних видів продукції; F – автомат, який показує загальний випуск основної продукції; $V_1 \div V_3$ – автомати, які показують величини витрат борошна різних видів та гатунків на сумарне виготовлення продукції згідно із замовленнями; $P_1 \div P_3$ – автомати, які показують величини поповнення запасів борошна різних видів та гатунків; $Z_1 \div Z_3$ – автомати, які показують величини запасів борошна різних видів та гатунків; $x_1(t) \div x_{19}(t)$ – сигнали, які показують функції виходів автоматів системи на момент часу t .

Структуру *матриці алфавітів* описаної вище системи зобразимо на рис. 2.16.

На цьому рисунку P – множина всіх додатних цілих чисел; P_0 – множина всіх додатних цілих чисел із нулем; R – множина всіх раціональних невід'ємних чисел; D – двійковий алфавіт (множина, яка складається із двох символів: 0 та 1); \emptyset – порожня множина (відсутній зв'язок).

	A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	F	V ₁	V ₂	V ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
A	P ₀	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	Д	Д	Д	∅	∅	∅
B ₁	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₂	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₃	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₄	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₆	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₇	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₈	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₉	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₁₀	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₁₁	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B ₁₂	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
F	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
V ₁	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅
V ₂	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R
V ₃	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅	∅	∅	∅	∅	R
P ₁	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P ₀	∅	∅	P ₀	∅
P ₂	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P ₀	∅	∅	P ₀
P ₃	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P ₀	∅	P ₀
Z ₁	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅
Z ₂	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R
Z ₃	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R

Рис. 2.16. Матриця алфавітів

Система функцій виходів матиме такий вигляд:

$$x_1(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } a(t) = 1 \\ 0 & \text{при } a(t) > 1 \end{cases} \quad - \text{ сигнал приймає одиничне значення, коли в}$$

наступний момент часу відбудеться поповнення основної сировини й нульове значення в іншому випадку;

$$\begin{aligned} x_2(t) &= b_1(t); & x_7(t) &= b_6(t); & x_{12}(t) &= b_{11}(t); & x_{17}(t) &= p_1(t+1); \\ x_3(t) &= b_2(t); & x_8(t) &= b_7(t); & x_{13}(t) &= b_{12}(t); & x_{18}(t) &= p_2(t+1); \\ x_4(t) &= b_3(t); & x_9(t) &= b_8(t); & x_{14}(t) &= v_1(t+1); & x_{19}(t) &= p_3(t+1). \\ x_5(t) &= b_4(t); & x_{10}(t) &= b_9(t); & x_{15}(t) &= v_2(t+1); & & \\ x_6(t) &= b_5(t); & x_{11}(t) &= b_{10}(t); & x_{16}(t) &= v_3(t+1); & & \end{aligned}$$

Умовні функціонали переходів зобразимо в табл. 2.7.

Ця таблиця складається з двох стовпчиків: лівий містить ім'я автомата, внутрішній стан якого змінюватиметься за певним правилом; правий – саме правило. Це правило іноді може подаватись у вигляді двох рядків: верхній є умовою зміни стану; нижній – значенням, якого набуде внутрішній стан автомата при істинності цієї умови. Наприклад, у наступний момент часу $t+1$ внутрішнє значення $a(t+1)$ автомата A зміниться так:

Таблиця 2.7

Умовні функціонали переходів

№	Автомат	Стан	
		$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
1	A	$a(t) - 1$	η
2	B ₁	ξ_1	
3	B ₂	ξ_2	
4	B ₃	ξ_3	
5	B ₄	ξ_4	
6	B ₅	ξ_5	
7	B ₆	ξ_6	
8	B ₇	ξ_7	
9	B ₈	ξ_8	
10	B ₉	ξ_9	
11	B ₁₀	ξ_{10}	
12	B ₁₁	ξ_{11}	
13	B ₁₂	ξ_{12}	
14	V ₁	$\sum_{j=1}^{12} (b_j(t) \times c_j / 1000) \times d_{1j}$	
15	V ₂	$\sum_{j=1}^{12} (b_j(t) \times c_j / 1000) \times d_{2j}$	
16	V ₃	$\sum_{j=1}^{12} (b_j(t) \times c_j / 1000) \times d_{3j}$	
17	F	$\sum_{j=1}^{12} b_j(t) \times c_j / 1000$	
18	P ₁	$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
		0	η_1
19	P ₂	$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
		0	η_2
20	P ₃	$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
		0	η_3
21	Z ₁	$z_1(t) - v_1(t+1) + p_1(t+1)x_1(t)$	
22	Z ₂	$z_2(t) - v_2(t+1) + p_2(t+1)x_1(t)$	
23	Z ₃	$z_3(t) - v_3(t+1) + p_3(t+1)x_1(t)$	

1) якщо в попередній момент часу t значення внутрішнього стану було більшим за одиницю ($a(t) > 1$), то в наступний момент часу воно зменшиться на одиницю ($a(t) - 1$);

2) якщо ж значення внутрішнього стану в попередній момент часу дорівнювало одиниці ($a(t) = 1$), то в наступний момент часу воно буде реалізацією деякої випадкової величини η .

Якщо правило не містить рядка умови зміни стану, то це означає, що умова виконується завжди. У нашому випадку: значення внутрішнього стану автомата V_1 у наступний момент часу $t+1$ дорівнюватиме реалізації випадкової величини ξ_1 .

Вектор початкових станів автоматів системи має такий вигляд (середньодобові показники за жовтень 2006 року): $a(0)=1$, $b_1(0)=4\,555$, $b_2(0)=3\,232$, $b_3(0)=2\,983$, $b_4(0)=463$, $b_5(0)=91$, $b_6(0)=506$, $b_7(0)=353$, $b_8(0)=370$, $b_9(0)=574$, $b_{10}(0)=30$, $b_{11}(0)=14\,6$, $b_{12}(0)=295$, $f(0)=8,237$, $v_1(0)=1\,632,61$, $v_2(0)=3\,319,83$, $v_3(0)=1194,35$, $p_1(0)=0$, $p_2(0)=0$, $p_3(0)=0$, $z_1(0)=50\,310$, $z_2(0)=62\,134$, $z_3(0)=21\,778,4$.

Систему розподілених за нормальним законом незалежних випадкових величин подано в табл. 2.8 (на основі аналізу оборотно-сальдових відомостей за рахунком 201 “Сировина й матеріали” та 26 “Готова продукція” за 2006 рік).

Таблиця 2.8

Система розподілів незалежних випадкових величин

Випадкова величина	Математичне сподівання, m_x	Дисперсія, σ_x^2
η	14	2
ξ_1	4 500	60
ξ_2	3 200	45
ξ_3	2 920	35
ξ_4	480	20
ξ_5	90	5
ξ_6	500	10
ξ_7	350	10
ξ_8	350	20
ξ_9	535	35
ξ_{10}	26	3
ξ_{11}	135	10
ξ_{12}	270	20
η_1	27 000	1 000
η_2	50 000	2 000
η_3	20 000	7 000

Опис практичної реалізації моделі за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel* подано в додатку Н, а результати – на рис. 2.17.

Динаміку загального виробництва основної продукції відображено на рис. 2.18, витрат основної сировини – на рис. 2.19, а рівня її запасів – на рис. 2.20. На цих рисунках за одиницю автоматного часу прийнято один день.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
2	T	A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	F	V ₁	V ₂	V ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
3	0	1	4 555	3 232	2 983	463	91	506	353	370	574	30	146	295	8,237	1 632,61	3 319,83	1 194,35	0	0	0	50 310,00	62 134,00	21 778,40
4	1	14	4 482	3 219	2 973	486	95,8	492	346	378	510	28	119	304	8,237	1 632,61	3 319,83	1 194,35	28979	52563	14450	77 656,06	111 377,17	35 034,15
5	2	13	4 423	3 192	2 958	469	90,3	504	359	359	495	27	133	274	8,155	1 609,37	3 299,04	1 178,93	0	0	0	76 046,69	108 078,13	33 855,22
6	3	12	4 515	3 204	2 890	450	104	487	330	325	551	24	128	269	8,072	1 597,36	3 268,48	1 162,12	0	0	0	74 449,33	104 809,65	32 693,10
7	4	11	4 577	3 196	2 875	497	89,4	504	333	401	532	22	159	277	8,078	1 594,66	3 252,42	1 182,66	0	0	0	72 854,67	101 557,24	31 510,45
8	5	10	4 572	3 130	2 908	483	92,3	502	346	348	471	20	142	282	8,159	1 610,44	3 268,42	1 203,91	0	0	0	71 244,23	98 288,82	30 306,54
9	6	9	4 604	3 170	2 967	467	84,9	506	357	374	521	25	125	300	8,095	1 565,19	3 273,00	1 200,95	0	0	0	69 679,04	95 015,81	29 105,59
10	7	8	4 369	3 250	2 963	474	80,3	486	357	386	521	27	129	321	8,202	1 596,63	3 315,35	1 206,97	0	0	0	68 082,42	91 700,46	27 898,61
11	8	7	4 486	3 210	2 936	486	92,4	507	362	366	490	25	134	285	8,084	1 620,20	3 267,16	1 149,22	0	0	0	66 462,22	88 433,30	26 749,40
12	9	6	4 566	3 238	2 869	489	94,6	489	345	348	524	21	133	285	8,126	1 607,13	3 278,60	1 179,89	0	0	0	64 855,09	85 154,70	25 569,50
13	10	5	4 435	3 178	2 906	496	93,9	497	359	348	584	27	140	271	8,142	1 608,04	3 266,67	1 200,24	0	0	0	63 247,05	81 888,03	24 369,26
14	11	4	4 459	3 143	2 913	466	86,3	486	353	348	551	25	129	258	8,072	1 608,62	3 247,07	1 168,34	0	0	0	61 638,43	78 640,96	23 200,93
15	12	3	4 399	3 272	2 892	459	80	487	358	365	497	20	127	326	8,032	1 578,76	3 245,11	1 170,55	0	0	0	60 059,67	75 395,85	22 030,38
16	13	2	4 389	3 221	2 900	481	87,2	489	341	363	524	26	139	274	8,043	1 615,89	3 235,87	1 154,71	0	0	0	58 443,78	72 159,98	20 875,67
17	14	1	4 441	3 190	2 945	500	95,9	488	360	329	565	32	129	290	8,028	1 603,06	3 235,26	1 155,19	0	0	0	56 840,72	68 924,72	19 720,48
18	15	11	4 454	3 223	2 922	485	89,2	494	346	336	537	25	135	279	8,100	1 603,20	3 272,74	1 170,53	26796	50359	18200	82 033,43	116 011,38	36 749,53
19	16	10	4 373	3 131	2 901	474	93,4	513	342	365	532	25	135	214	8,090	1 603,17	3 264,64	1 171,71	0	0	0	80 430,26	112 746,75	35 577,82
20	17	9	4 466	3 265	2 895	509	88,6	490	349	368	540	27	157	248	7,970	1 581,98	3 217,78	1 150,21	0	0	0	78 848,27	109 528,96	34 427,61
21	18	8	4 476	3 114	2 978	513	91,4	486	342	369	535	25	146	229	8,131	1 626,28	3 263,85	1 177,79	0	0	0	77 221,99	106 265,11	33 249,82
22	19	7	4 508	3 181	2 955	473	90,3	503	350	359	567	24	137	303	8,100	1 570,89	3 291,42	1 180,72	0	0	0	75 651,10	102 973,70	32 069,09
23	20	6	4 478	3 354	2 935	502	93,4	490	347	336	540	24	135	275	8,145	1 607,00	3 287,41	1 183,78	0	0	0	74 044,11	99 686,29	30 885,32
24	Середнє														8,109	1 603,48	3 270,95	1 177,96				69 528,50	93 846,24	28 936,04

Рис. 2.17. Імовірнісно-автоматна модель діяльності хлібопекарського підприємства

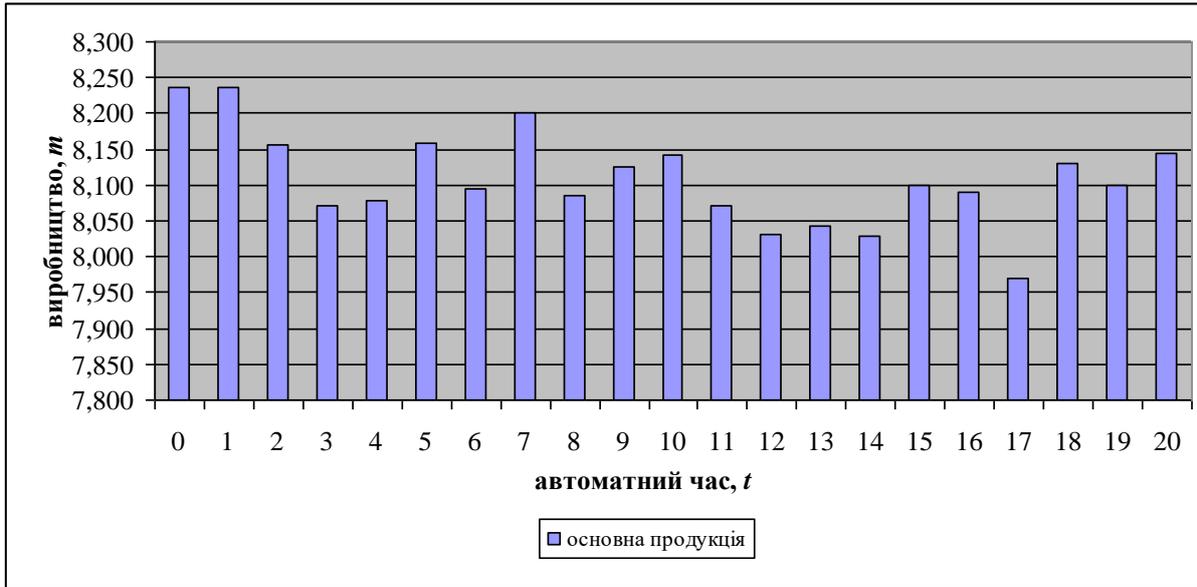


Рис. 2.18. Динаміка загального виробництва основної продукції

Із рисунків видно, що середній рівень випуску продукції становить 8,109 т на добу. Найбільше за день витрачається пшеничного борошна першого гатунку (у середньому 3 270,95 кг), менше – пшеничного борошна вищого гатунку (у середньому 1 603,48 кг), найменше – житнього борошна (у середньому 1 177,96 кг).

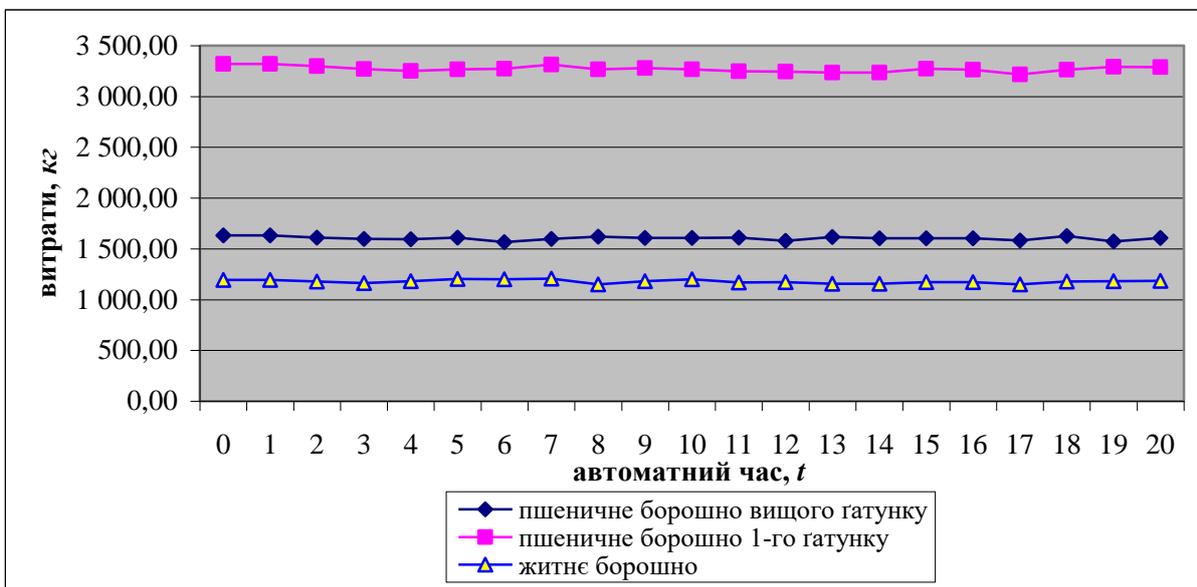


Рис. 2.19. Динаміка витрат основної сировини

Середньодобовий рівень запасів пшеничного борошна вищого та першого гатунків і житнього борошна, відповідно, становить 69 528,50 кг, 93 846,24 кг та 28 936,04 кг.

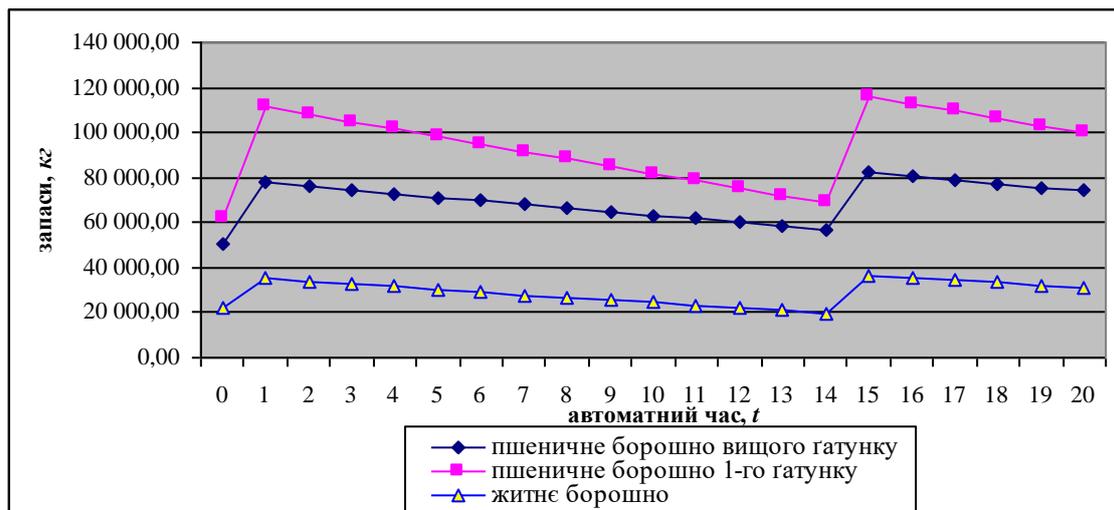


Рис. 2.20. Динаміка рівня запасів основної сировини

Отже, створена імовірно-автоматна модель дає змогу імітувати динаміку замовлень на продукцію, її виробництва, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини. Її автоматизація можлива за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel*. Отримавши результати проведення ітерацій моделі, фахівці з управління виробництвом можуть прогнозувати і планувати випуск продукції на певний період часу, а також обсяги поповнення запасів основної сировини.

Ця модель придатна також для використання на інших виробничих промислових підприємствах, але потребує попередньої зміни кількості автоматів відповідно до кількості видів продукції та використовуваних ресурсів.

Висновки до другого розділу

Проведення моделювання процесу випуску продовольчої продукції дає змогу зробити такі висновки:

1) проведена класифікація регіонів України за виробництвом продуктів харчування засвідчує, що, за показниками загального випуску, більше основних продуктів харчування випускають східні та центральні області, менше – західні, північні та південні. За показниками виробництва на одного жителя територіальне розміщення кластерів дещо змінилось: західні та частина південних

регіонів випускають менше продовольчої продукції на одну особу, ніж інші. А за показниками випуску на 1 км^2 площі більше продовольства виробляють центральні, а також частина східних і західних областей;

2) кластерний аналіз показників випуску продовольчих товарів у країні та регіоні за 1995–2007 роки показав, що одну групу становлять такі основні продукти харчування, як м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії), ковбасні вироби, тваринне масло, продукція з незбираного молока, жирні сири (у т. ч. бринза), кондитерські та макаронні вироби. В іншу групу входять цукор-пісок, борошно та хліб і хлібобулочні вироби, на випуску яких і доцільно зосередити свою увагу вітчизняній економіці та Волинській області, оскільки величини їхнього виробництва перевищують показники першої групи;

3) на динаміку виробництва продовольчих товарів в Україні впливають дві приховані головні компоненти: фактори великого та середнього впливу, а на Волині – три приховані головні компоненти: фактори максимального, середнього та мінімального впливу. Динаміка випуску продовольчих товарів, на які значно впливає одна й та ж компонента, є подібною (за різної полярності – взаємно оберненою), але за обсягами їхнє виробництво може відрізнитися між собою;

4) хоча кластерний та факторний аналізи випуску продовольчої продукції в Україні та Волинській області проводились на основі одних і тих самих даних (за 1995–2007 роки), отримані результати дещо різняться. Це пояснюється відмінностями в застосовуваному математичному апараті (під час кластерного аналізу акцент зроблено на пошуку та дослідженні відстаней між кластерами, а під час факторного відбувався пошук прихованих зв'язків між змінними на основі коефіцієнтів кореляції), а також тим, що, за величиною виробництва та за динамікою випуску, одні й ті ж продукти харчування можуть попадати в різні групи;

5) для розв'язання оптимізаційної задачі випуску продукції підприємствами харчової промисловості застосовано шість критеріїв ефективності, які відображають їх основні цілі, а саме: максимізація прибутку, максимізація чистого доходу, мінімізація повної собівартості продукції, максимізація випуску продукції, мінімізація витрат основної сировини та мінімізація затрат часу;

б) алгоритм моделювання процесу виробництва здійснено у вигляді блок-схеми досягнення компромісу, в якій критерії ефективності розміщуються в порядку спаду важливості. При цьому поступки, які можна допустити для перетворення в екстремум кожного наступного показника, – в межах 5 %;

7) практичну реалізацію багатокритеріальної оптимізаційної моделі виробництва продукції проведено за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel*, у якому задіяно надбудови “Пошук рішення” і “Генерація випадкових чисел”, а для скорочення часу на виконання алгоритму спроектовано макрос (на мові програмування прикладного рівня *Visual Basic for Applications*), який виконує прогін моделі автоматично;

8) для планування та прогнозування діяльності підприємств харчової промисловості (у тому числі й хлібопекарських) побудовано імовірно-автоматну модель, яка відображає в динаміці характеристики: замовлення продукції → витрати основної сировини → виробництво продукції → поповнення основної сировини → рівень запасів основної сировини.

Подальші наукові дослідження у сфері економіко-математичного моделювання випуску продукції підприємствами харчової промисловості, на нашу думку, доцільно проводити за такими напрямками:

- класифікація областей України за випуском продуктів харчування на основі більшої кількості показників;
- пошук нових критеріїв ефективності;
- комбінування показників оптимальності в іншому порядку;
- введення в багатокритеріальну модель нових обмежень;
- використання в імовірно-автоматній моделі більшої кількості автоматів, які відобразатимуть інші аспекти діяльності підприємства.

Основні наукові результати розділу опубліковано в роботах автора цієї монографії [148–154].

РОЗДІЛ 3

ПРОГНОЗНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

3.1. Визначення імовірності сприятливих тенденцій для виробництва продуктів харчування

Харчова промисловість є однією з провідних в Україні. Останнім часом значно збільшується випуск деяких видів продовольчих товарів та їх споживання. За обсягом прямих іноземних інвестицій виробництво харчових продуктів, напоїв та тютюнових виробів посідає друге місце після металургійного виробництва серед інших видів промислової економічної діяльності [22, 145]. Щодо регіонального розвитку, то харчова промисловість Волині є одним із лідерів серед інших видів економічної діяльності за обсягами виробництва.

Однак випуск основних продуктів харчування в Україні та на Волині є досить нестабільним. Тобто в рядах динаміки, які відображають ці показники, відсутня чітка тенденція розвитку: зростання та спади чергуються порівняно часто. Це насамперед пов'язано з тим, що виробництво продовольчих товарів залежить від багатьох випадкових факторів.

Отож процес прогнозування випуску продукції в харчовій промисловості України на загальнодержавному та регіональному (Волинська обл.) рівнях, на нашу думку, доцільно почати з оцінювання імовірності того, що значення показників у майбутньому будуть меншими або більшими, ніж у попередній період. Для цього застосовують імовірнісний метод прогнозування, основою якого є використання закону розподілу Пуассона.

Суть цього методу полягає в тому, що спочатку в досліджуваному часовому ряді плюсами й мінусами відзначають коливання рядів: пишуть знак "+", якщо наступний рівень більший за попередній; і "-" – якщо навпаки. При цьому початковому спостереженню присвоюють також знак "-". Далі будують таблицю сприятливих тенденцій (див. табл. 3.1) та обчислюють їхню середню довжину за формулою $\bar{\tau} = \frac{\sum \tau_i f_i}{\sum f_i}$, де τ_i – значення i -ї сприятливої тенденції, років; f_i – частота її повторення. Інтенсивність

переривання сприятливих тенденцій обчислюють за допомогою цієї середньої величини за формулою $\lambda = \frac{1}{\tau}$, а імовірність сприятливої тенденції визначають на основі закону розподілу Пуассона $P = e^{-\lambda t} = (e^{-1})^{\lambda t}$, де $e^{-1} = 0,3679$, t – кількість періодів. Усі формули ми взяли з [155, 76–79].

Таблиця 3.1

Сприятливі тенденції

Вид тенденції	Величина сприятливої тенденції, років, τ_i	Частота повторень, f_i
– –	0	
– + –	1	
– ++ –	2	
– +++ –	3	
– ++++ –	4	
– +++++ –	5	
– ++++++ –	6	
– +++++++ –	7	
– ++++++++ –	8	

Отже, визначимо сприятливі тенденції випуску продукції підприємствами харчової промисловості України та Волині на 2004–2008 рр. за допомогою використання описаного вище методу. Для цього розв'яжемо такі завдання:

- 1) визначення коливання рівнів у стаціонарних рядах динаміки за 1995–2007 рр.;
- 2) побудова таблиці сприятливих тенденцій виробництва продуктів харчування в 1995–2003 рр.;
- 3) визначення показників $\bar{\tau}$, λ та P ;
- 4) порівняння прогнозів із реальними даними;
- 5) повторення другого–четвертого кроків із додаванням інформації за 2004–2007 рр.

Спочатку визначимо коливання рівнів у стаціонарних рядах динаміки за 1995–2007 рр. (див. табл. 3.2).

На її основі (не враховуючи даних із чотирьох останніх стовпців) побудуємо таблицю частот повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування в 1995–2003 рр. (див. табл. 3.3).

Таблиця 3.2

Коливання випуску продукції харчової промисловості

Товари	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
в Україні													
М'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+
Ковбасні вироби	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Тваринне масло	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-
Продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+
Жирні сири (у т. ч. бринза)	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Цукор-пісок	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-
Борошно	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
Хліб і хлібобулочні вироби	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Кондитерські вироби	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
Макаронні вироби	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+
на Волині													
М'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+
Ковбасні вироби	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+
Тваринне масло	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+
Жирні сири (у т. ч. бринза)	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+
Цукор-пісок	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+
Борошно	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Хліб і хлібобулочні вироби	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+
Кондитерські вироби	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Макаронні вироби	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+

Таблиця 3.3

Частоти повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування в 1995–2003 рр., f_i

Товари \ Тенденція, τ_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	--	+-	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++	+++++++
в Україні									
М'ясо	2	1	1	-	-	-	-	-	-
Вироби ковбасні	1	-	2	-	-	-	-	-	-
Тваринне масло	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Продукція з незб. молока	1	-	1	1	-	-	-	-	-
Жирні сири	1	-	-	-	-	-	1	-	-
Цукор-пісок	1	2	-	-	-	-	-	-	-
Борошно	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Хліб і хлібобул. вироби	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Кондитерські вироби	1	-	-	-	-	-	-	1	-
Макаронні вироби	2	2	-	-	-	-	-	-	-
на Волині									
М'ясо	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Вироби ковбасні	1	1	-	-	1	-	-	-	-
Тваринне масло	1	1	-	1	-	-	-	-	-
Продукція з незб. молока	1	1	-	1	-	-	-	-	-
Жирні сири	1	1	-	-	1	-	-	-	-
Цукор-пісок	2	2	1	-	-	-	-	-	-
Борошно	2	1	1	-	-	-	-	-	-
Хліб і хлібобул. вироби	1	-	-	-	-	1	-	-	-
Кондитерські вироби	1	1	-	-	-	1	-	-	-
Макаронні вироби	-	1	1	1	-	-	-	-	-

Пізніше визначимо показники $\bar{\tau}$, λ та P на 2004–2008 рр. (див. табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Імовірності сприятливої тенденції у випуску продукції харчової промисловості

Товари	$\bar{\tau}$	λ	Імовірність сприятливої тенденції, P				
			1 рік	2 роки	3 роки	4 роки	5 років
1	2	3	4	5	6	7	8
в Україні							
М'ясо	0,75	1,33	0,264	0,069	0,018	0,005	0,001
Вироби ковбасні	1,33	0,75	0,47	0,22	0,11	0,05	0,02
Тваринне масло	1,00	1,00	0,37	0,14	0,05	0,02	0,01
Продукція з незб. молока	1,67	0,60	0,55	0,30	0,17	0,09	0,05
Жирні сири	3,00	0,33	0,72	0,51	0,37	0,26	0,19
Цукор-пісок	0,67	1,50	0,22	0,05	0,01	0,00	0,00
Борошно	0,50	2,00	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00
Хліб і хлібобулочні вироби	0,50	2,00	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00
Кондитерські вироби	3,50	0,29	0,75	0,56	0,42	0,32	0,24
Макаронні вироби	0,50	2,00	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00

Закінчення табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8
на Волині							
М'ясо	0,50	2,00	0,13535	0,01832	0,00248	0,00034	0,00005
Вироби ковбасні	1,67	0,60	0,55	0,30	0,17	0,09	0,05
Тваринне масло	1,33	0,75	0,47	0,22	0,11	0,05	0,02
Продукція з незб. молока	1,33	0,75	0,47	0,22	0,11	0,05	0,02
Жирні сири	1,67	0,60	0,55	0,30	0,17	0,09	0,05
Цукор-пісок	0,80	1,25	0,29	0,08	0,02	0,01	0,00
Борошно	0,75	1,33	0,26	0,07	0,02	0,00	0,00
Хліб і хлібобулочні вироби	2,50	0,40	0,67	0,45	0,30	0,20	0,14
Кондитерські вироби	2,00	0,50	0,61	0,37	0,22	0,14	0,08
Макаронні вироби	2,00	0,50	0,61	0,37	0,22	0,14	0,08

Отож найбільша ймовірність того, що прогнозує рівень у 2004 р. перевищуватиме рівень попереднього року (понад 65 %), характерна в країні для таких товарів, як жирні сири (72 %) та кондитерські вироби (75 %), а на Волині – хліб і хлібобулочні вироби (67 %). Якщо порівняти ці дані з інформацією за 2004 р., то з'ясуємо, що найбільш імовірна сприятлива тенденція не справилася для виробництва кондитерських та хлібобулочних виробів, тобто для двох із трьох видів продукції.

Це є ще одним підтвердженням нестабільності у випуску продуктів харчування, та, можливо, пояснюється ще й тим, що в нашому випадку база прогнозу була невеликою – усього дев'ять років. Проте, з іншого боку, чим більша давність ретроспективної інформації, тим меншою є її цінність та сила передбачення. Адже відбувається дисконтування ретроспективної інформації. Тобто в ній збільшується кількість залишків минулого порівняно із зародками майбутнього [156, 88].

Додавши інформацію про виробництво продукції за 2004 рік до попередньої, відзначаємо нові тенденції на 2005–2008 рр. на основі даних за 1995–2004 рр. Для цього використаємо інформацію з табл. 3.2, але вже за десять років.

На її основі побудуємо таблицю частот повторень сприятливої тенденції випуску продуктів харчування за цей період (див. табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Частоти повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування в 1995–2004 рр., f_i

Товари \ Тенденція, τ_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	--	+-	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++	+++++++
в Україні									
М'ясо	2	1	1	-	-	-	-	-	-
Вироби ковбасні	1	-	1	1	-	-	-	-	-
Тваринне масло	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Продукція з незб. молока	1	-	1	1	-	-	-	-	-
Жирні сири	1	-	-	-	-	-	-	1	-
Цукор-пісок	1	2	-	-	-	-	-	-	-
Борошно	1	2	-	-	-	-	-	-	-
Хліб і хлібобул. вироби	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Кондитерські вироби	1	-	-	-	-	-	-	1	-
Макаронні вироби	3	2	-	-	-	-	-	-	-
на Волині									
М'ясо	2	1	1	-	-	-	-	-	-
Вироби ковбасні	1	2	-	-	1	-	-	-	-
Тваринне масло	1	1	-	1	-	-	-	-	-
Продукція з незб. молока	1	-	1	1	-	-	-	-	-
Жирні сири	1	1	-	-	-	1	-	-	-
Цукор-пісок	2	2	1	-	-	-	-	-	-
Борошно	2	-	2	-	-	-	-	-	-
Хліб і хлібобул. вироби	1	-	-	-	-	1	-	-	-
Кондитерські вироби	1	-	1	-	-	1	-	-	-
Макаронні вироби	-	1	1	1	-	-	-	-	-

Пізніше визначимо показники $\bar{\tau}$, λ та P на 2005–2008 рр. (див. табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Імовірності сприятливої тенденції у випуску продукції харчової промисловості

Товари	$\bar{\tau}$	λ	Імовірність сприятливої тенденції, P			
			1 рік	2 роки	3 роки	4 роки
1	2	3	4	5	6	7
в Україні						
М'ясо	0,75	1,33	0,264	0,069	0,018	0,005
Вироби ковбасні	1,67	0,60	0,55	0,30	0,17	0,09
Тваринне масло	1,00	1,00	0,37	0,14	0,05	0,02
Продукція з незбираного молока	1,67	0,60	0,55	0,30	0,17	0,09
Жирні сири (у т. ч. бринза)	3,50	0,29	0,75	0,56	0,42	0,32
Цукор-пісок	0,67	1,50	0,22	0,05	0,01	0,00
Борошно	0,67	1,50	0,22	0,05	0,01	0,00
Хліб і хлібобулочні вироби	0,50	2,00	0,14	0,02	0,00	0,00
Кондитерські вироби	3,50	0,29	0,75	0,56	0,42	0,32
Макаронні вироби	0,40	2,50	0,08	0,01	0,00	0,00

Закінчення табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7
на Волині						
М'ясо	0,75	1,33	0,264	0,069	0,018	0,005
Вироби ковбасні	1,50	0,67	0,51	0,26	0,14	0,07
Тваринне масло	1,33	0,75	0,47	0,22	0,11	0,05
Продукція з незбираного молока	1,67	0,60	0,55	0,30	0,17	0,09
Жирні сири (у т. ч. бринза)	2,00	0,50	0,61	0,37	0,22	0,14
Цукор-пісок	0,80	1,25	0,29	0,08	0,02	0,01
Борошно	1,00	1,00	0,37	0,14	0,05	0,02
Хліб і хлібобулочні вироби	2,50	0,40	0,67	0,45	0,30	0,20
Кондитерські вироби	2,33	0,43	0,65	0,42	0,28	0,18
Макаронні вироби	2,00	0,50	0,61	0,37	0,22	0,14

Отже найбільша ймовірність того, що прогнозуваний рівень у 2005 р. перевищуватиме рівень попереднього року (понад 65 %), характерна в країні для таких товарів, як жирні сири (75 %) та кондитерські вироби (75 %), а на Волині – хліб і хлібобулочні (67 %) та кондитерські вироби (65 %). Порівнявши прогнозні дані з реальними за 2005 р., з'ясуємо, що найбільш імовірна сприятлива тенденція не справдилася для виробництва продукції на Волині, що, крім впливу випадкових факторів, пояснюється збільшенням бази прогнозу й, відповідно, давнішої інформації.

Додавши інформацію про випуск продовольчих товарів за 2005 рік до попередньої, відзначаємо нові тенденції на 2006–2008 рр. на основі даних за 1995–2005 рр. Для цього використаємо інформацію з табл. 3.2, але вже за одинадцять років.

На її основі побудуємо таблицю частот повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування за цей період (див. табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Частоти повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування в 1995–2005 рр., f_i

Тенденція, τ_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Товари	--	-+	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в Україні									
М'ясо	2	2	1	-	-	-	-	-	-
Вироби ковбасні	1	-	1	1	-	-	-	-	-
Тваринне масло	1	2	1	-	-	-	-	-	-
Продукція з незб. молока	1	1	1	1	-	-	-	-	-
Жирні сири	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Цукор-пісок	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Борошно	1	2	-	-	-	-	-	-	-

Закінчення табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хліб і хлібобул. вироби	2	1	–	–	–	–	–	–	–
Кондитерські вироби	1	1	–	–	–	–	–	1	–
Макаронні вироби	3	3	–	–	–	–	–	–	–
на Волині									
М'ясо	2	1	–	1	–	–	–	–	–
Вироби ковбасні	1	2	–	–	1	–	–	–	–
Тваринне масло	1	2	–	1	–	–	–	–	–
Продукція з незб. молока	1	–	–	2	–	–	–	–	–
Жирні сири	1	1	–	–	–	1	–	–	–
Цукор-пісок	2	3	1	–	–	–	–	–	–
Борошно	2	–	2	–	–	–	–	–	–
Хліб і хлібобул. вироби	2	–	–	–	–	1	–	–	–
Кондитерські вироби	1	–	1	–	–	1	–	–	–
Макаронні вироби	–	2	1	1	–	–	–	–	–

Пізніше визначимо показники $\bar{\tau}$, λ та P на 2006–2008 рр. (див. табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Імовірності сприятливої тенденції у випуску продукції харчової промисловості

Товари	$\bar{\tau}$	λ	Імовірність сприятливої тенденції, P		
			1 рік	2 роки	3 роки
в Україні					
М'ясо	0,80	1,25	0,287	0,082	0,024
Вироби ковбасні	1,67	0,60	0,55	0,30	0,17
Тваринне масло	1,00	1,00	0,37	0,14	0,05
Продукція з незбираного молока	1,50	0,67	0,51	0,26	0,14
Жирні сири (у т. ч. бринза)	4,00	0,25	0,78	0,61	0,47
Цукор-пісок	0,50	2,00	0,14	0,02	0,00
Борошно	0,67	1,50	0,22	0,05	0,01
Хліб і хлібобулочні вироби	0,33	3,00	0,05	0,00	0,00
Кондитерські вироби	2,67	0,38	0,69	0,47	0,32
Макаронні вироби	0,50	2,00	0,14	0,02	0,00
на Волині					
М'ясо	1,00	1,00	0,37	0,14	0,05
Вироби ковбасні	1,50	0,67	0,51	0,26	0,14
Тваринне масло	1,25	0,80	0,45	0,20	0,09
Продукція з незбираного молока	2,00	0,50	0,61	0,37	0,22
Жирні сири (у т. ч. бринза)	2,00	0,50	0,61	0,37	0,22
Цукор-пісок	0,83	1,20	0,30	0,09	0,03
Борошно	1,00	1,00	0,37	0,14	0,05
Хліб і хлібобулочні вироби	1,67	0,60	0,55	0,30	0,17
Кондитерські вироби	2,33	0,43	0,65	0,42	0,28
Макаронні вироби	1,75	0,57	0,56	0,32	0,18

Отож найбільша ймовірність того, що прогнозуючий рівень у 2006 р. перевищуватиме рівень попереднього року (понад 65 %), характерна в країні для таких товарів, як жирні сири (78 %) та кондитерські вироби (69 %), а на Волині – кондитерські вироби (65 %). Порівнявши прогнозні дані з реальними за 2006 р., з'ясуємо, що найбільш імовірна сприятлива тенденція не справдилася для жодного виду продукції, що пояснюється кризою продовольчого виробництва у 2006 р.

Додавши інформацію про випуск продуктів харчування за 2006 рік до попередньої, відзначаємо нові тенденції на 2007–2008 рр. на основі даних за 1995–2006 рр. Для цього використаємо інформацію з табл. 3.2, але вже за дванадцять років.

На її основі побудуємо таблицю частот повторень сприятливої тенденції виробництва продовольчих товарів за цей період (див. табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Частоти повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування в 1995–2006 рр., f_i

Тенденція, τ_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Товари	--	+-	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++	+++++++
в Україні									
М'ясо	2	1	2	–	–	–	–	–	–
Вироби ковбасні	2	–	1	1	–	–	–	–	–
Тваринне масло	1	2	1	–	–	–	–	–	–
Продукція з незб. молока	1	1	1	1	–	–	–	–	–
Жирні сири	1	–	–	–	–	–	–	–	1
Цукор-пісок	2	3	–	–	–	–	–	–	–
Борошно	2	2	–	–	–	–	–	–	–
Хліб і хлібобул. вироби	2	1	–	–	–	–	–	–	–
Кондитерські вироби	1	1	–	–	–	–	–	1	–
Макаронні вироби	3	2	1	–	–	–	–	–	–
на Волині									
М'ясо	2	1	–	–	1	–	–	–	–
Вироби ковбасні	1	3	–	–	1	–	–	–	–
Тваринне масло	1	1	1	1	–	–	–	–	–
Продукція з незб. молока	1	–	–	2	–	–	–	–	–
Жирні сири	2	1	–	–	–	1	–	–	–
Цукор-пісок	2	3	1	–	–	–	–	–	–
Борошно	3	–	2	–	–	–	–	–	–
Хліб і хлібобул. вироби	2	–	–	–	–	1	–	–	–
Кондитерські вироби	2	–	1	–	–	1	–	–	–
Макаронні вироби	–	1	2	1	–	–	–	–	–

Пізніше визначимо показники $\bar{\tau}$, λ та P на 2007–2008 рр. (див. табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Імовірності сприятливої тенденції у випуску продукції харчової промисловості

Товари	$\bar{\tau}$	λ	Імовірність сприятливої тенденції, P	
			1 рік	2 роки
в Україні				
М'ясо	1,00	1,00	0,368	0,135
Вироби ковбасні	1,25	0,80	0,45	0,20
Тваринне масло	1,00	1,00	0,37	0,14
Продукція з незбираного молока	1,50	0,67	0,51	0,26
Жирні сири (у т. ч. бринза)	4,00	0,25	0,78	0,61
Цукор-пісок	0,60	1,67	0,19	0,04
Борошно	0,50	2,00	0,14	0,02
Хліб і хлібобулочні вироби	0,33	3,00	0,05	0,00
Кондитерські вироби	2,67	0,38	0,69	0,47
Макаронні вироби	0,67	1,50	0,22	0,05
на Волині				
М'ясо	1,25	0,80	0,45	0,20
Вироби ковбасні	1,40	0,71	0,49	0,24
Тваринне масло	1,50	0,67	0,51	0,26
Продукція з незбираного молока	2,00	0,50	0,61	0,37
Жирні сири (у т. ч. бринза)	1,50	0,67	0,51	0,26
Цукор-пісок	0,83	1,20	0,30	0,09
Борошно	0,80	1,25	0,29	0,08
Хліб і хлібобулочні вироби	1,67	0,60	0,55	0,30
Кондитерські вироби	1,75	0,57	0,56	0,32
Макаронні вироби	2,00	0,50	0,61	0,37

Отож найбільша ймовірність того, що прогнозує рівень у 2007 р. перевищуватиме рівень попереднього року (понад 65 %), характерна тільки в країні для таких товарів, як жирні сири (78 %) та кондитерські вироби (69 %). Порівнявши прогнозні дані з реальними за 2007 р., з'ясуємо, що найбільш імовірна сприятлива тенденція справдилася для всіх видів продукції.

Додавши інформацію про випуск продуктів харчування за 2007 рік до попередньої, відзначаємо нові тенденції на 2008 рік на основі даних за 1995–2007 рр. Для цього використаємо інформацію з табл. 3.2, але вже за тринадцять років.

На її основі побудуємо таблицю частот повторень сприятливої тенденції виробництва продовольчих товарів за цей період (див. табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Частоти повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування в 1995–2007 рр., f_i

Товари	Тенденція, τ_i								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	--	+-	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++	+++++++
в Україні									
М'ясо	2	1	1	1	-	-	-	-	-
Вироби ковбасні	2	1	1	1	-	-	-	-	-
Тваринне масло	2	2	1	-	-	-	-	-	-
Продукція з незб. молока	1	2	1	1	-	-	-	-	-
Жирні сири	1	1	-	-	-	-	-	-	1
Цукор-пісок	2	3	-	-	-	-	-	-	-
Борошно	2	3	-	-	-	-	-	-	-
Хліб і хлібобул. вироби	2	1	-	-	-	-	-	-	-
Кондитерські вироби	1	2	-	-	-	-	-	1	-
Макаронні вироби	3	2	-	1	-	-	-	-	-
на Волині									
М'ясо	2	1	-	-	-	1	-	-	-
Вироби ковбасні	1	2	1	-	1	-	-	-	-
Тваринне масло	1	1	-	2	-	-	-	-	-
Продукція з незб. молока	1	1	-	2	-	-	-	-	-
Жирні сири	2	2	-	-	-	1	-	-	-
Цукор-пісок	2	4	1	-	-	-	-	-	-
Борошно	3	1	2	-	-	-	-	-	-
Хліб і хлібобул. вироби	2	1	-	-	-	1	-	-	-
Кондитерські вироби	2	1	1	-	-	1	-	-	-
Макаронні вироби	-	1	1	2	-	-	-	-	-

Пізніше визначимо показники $\bar{\tau}$, λ та P на 2008 р. (див. табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Імовірності сприятливої тенденції у випуску продукції харчової промисловості

Товари	$\bar{\tau}$	λ	Імовірність сприятливої тенденції, P
			1 рік
1	2	3	4
в Україні			
М'ясо	1,20	0,83	0,435
Вироби ковбасні	1,20	0,83	0,43
Тваринне масло	0,80	1,25	0,29
Продукція з незбираного молока	1,40	0,71	0,49
Жирні сири (у т. ч. бринза)	3,00	0,33	0,72
Цукор-пісок	0,60	1,67	0,19
Борошно	0,60	1,67	0,19
Хліб і хлібобулочні вироби	0,33	3,00	0,05
Кондитерські вироби	2,25	0,44	0,64
Макаронні вироби	0,83	1,20	0,30

Закінчення табл. 3.12

1	2	3	4
на Волині			
М'ясо	1,50	0,67	0,51
Вироби ковбасні	1,60	0,63	0,54
Тваринне масло	1,75	0,57	0,56
Продукція з незбираного молока	1,75	0,57	0,56
Жирні сири (у т. ч. бринза)	1,40	0,71	0,49
Цукор-пісок	0,86	1,17	0,31
Борошно	0,83	1,20	0,30
Хліб і хлібобулочні вироби	1,50	0,67	0,51
Кондитерські вироби	1,60	0,63	0,54
Макаронні вироби	2,25	0,44	0,64

Отож найбільша ймовірність того, що прогнозуемый рівень у 2008 р. перевищуватиме рівень попереднього року (понад 65 %), характерна тільки в країні для таких товарів, як жирні сири (72 %). Порівняти прогнозні дані з реальними за 2008 р. можна буде з настанням 2009 р. і за публікаціями звітних даних у статистичних довідниках.

На основі проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

1) випуск продуктів харчування в країні та регіоні настільки змінюється, що іноді важко передбачити навіть імовірність того, що прогнозуемый рівень перевищуватиме рівень попереднього року, тобто імовірнісний метод не дає цілковитої гарантії точності;

2) прогнозуючи виробництво продовольчих товарів, слід поєднувати дані, одержані імовірнісним методом, з інформацією, отриманою за допомогою інших методів (екстраполяції тенденції, експоненційного згладжування Брауна тощо).

3.2. Побудова точкових моделей прогнозу випуску продовольчих товарів

Наступним кроком після визначення імовірності сприятливих тенденцій в алгоритмі прогнозування випуску продовольчих товарів є побудова точкових моделей прогнозу в Україні загалом і у Волинській області зокрема та їх порівняння з наявними фактичними значеннями за цей період. Адже одним із напрямів регуляторної політики держави у сфері виробництва продуктів харчування має бути введення сучасних механізмів спостереження та прогнозування в харчовій промисловості, що дасть змогу оперативно управляти продовольчою безпекою регіонів. А для формування бази даних моніторингових прогнозів необхідне створення табличної бази даних з оцінками якості соціально-економічних прогнозів на підставі наявних моніторингових ефективності прогнозування [157, 247].

Прогнозування випуску основних продовольчих товарів проведемо на загальнодержавному й регіональному рівнях на п'ять років (із 2004 до 2008 рр.) на підставі аналізу динамічних рядів за 1995–2003 роки в такому порядку:

1) обчислення прогнозних значень за допомогою екстраполяції тенденції (трендового аналізу), тобто з урахуванням закономірностей, які склалися в “передісторії”;

2) обчислення прогнозів на основі методу експоненційного згладжування Брауна;

3) обчислення прогнозних значень за допомогою розробленого автором індексного методу;

4) обчислення прогнозів на основі методу нейронних мереж;

5) оцінювання якості знайдених моделей прогнозу за допомогою визначення абсолютних і середніх абсолютних похибок прогнозів у відсотках від фактичних значень за 2004–2007 рр.;

б) побудова математичних моделей для найточніших прогнозних значень.

Дані для обчислень візьмемо з табл. 1.1–1.2.

Методи прогнозування на основі *екстраполяції тенденції* досить широко використовуються в управлінні виробництвом, оскільки мають такі переваги:

– достатньо простий апарат дослідження, який повертає до нього велике коло спеціалістів;

- можливість використання портативних і нескладних обчислювальних засобів для виконання розрахунків;
- швидкість виконання розрахунків в оперативному режимі;
- наявність відносно невеликого масиву інформації [158, 33].

А експоненційне згладжування є прикладом згладжування ковзної середньої, у якій ураховується ступінь старіння даних: чим старіша інформація, тим із меншою вагою входить вона у формулу для розрахунку згладженого значення ряду [159, 24].

Перед застосуванням цих методів потрібно виявити основну тенденцію динамічних рядів для отримання більш-менш рівномірної траєкторії. Одним із таких способів є аналітичне вирівнювання, за якого фактичні значення y_t замінюються теоретичними \hat{y}_t , тобто обчисленими на основі певної функції $\hat{y} = f(t)$, яку називають трендовим рівнянням (де t – змінна часу) [160, 140].

Рівняння тренду, яке відображає тенденцію зміни процесу в часі, може бути описане різними залежностями. Так, у програмному пакеті *Statgraphics 2.1 (Statistical Graphics System)* можлива побудова таких моделей:

- лінійної – $\hat{y} = a_0 + a_1 t$;
- квадратичної – $\hat{y} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$;
- експоненційної – $\hat{y} = e^{a_0 + a_1 t}$;
- S-кривої – $\hat{y} = e^{a_0 + a_1 / t}$.

Аналіз динаміки показників випуску основних продовольчих товарів за 1995–2003 роки не дає можливості однозначно виявити їхні залежності. Тому ми побудуємо для кожного продукту харчування по чотири вище наведені залежності, а пізніше з'ясуємо, яка з них точніша.

Отже, сформулюємо для кожного параметра чотири моделі прогнозу:

- лінійну – $\hat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = a_0 + a_1 t_{n+p}$;
- квадратичну – $\hat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = a_0 + a_1 t_{n+p} + a_2 t_{n+p}^2$;
- експоненційну – $\hat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = e^{a_0 + a_1 t_{n+p}}$;
- S-криву – $\hat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = e^{a_0 + a_1 / t_{n+p}}$,

де a_0, a_1 – невідомі коефіцієнти моделі прогнозу; t_{n+p} – час; n – довжина динамічного ряду; p – величина горизонту прогнозування.

Щоб знайти a_0, a_1 , будемо використовувати метод найменших квадратів, тобто будувати функцію $Q = \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 \rightarrow \min$, яка має таку економічну інтерпретацію: сума квадратів відхилень фактичних рівнів часового ряду y_t від відповідних обчислювальних значень \hat{y}_t (обчислених за формулами $\hat{y}_t = a_0 + a_1 t$, $\hat{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$, $\hat{y}_t = e^{a_0 + a_1 t}$ та $\hat{y}_t = e^{a_0 + a_1/t}$ відповідно) має прямувати до мінімуму.

Під час застосування цього методу кожному рівню часового ряду ставиться, відповідно, одна й та ж вага, яка дорівнює $\frac{1}{n}$. Однак, як відомо, під час дослідження соціально-економічних процесів найбільший вплив на прогноз мають останні рівні часового ряду. Саме його враховує метод експоненційного згладжування Брауна. Причому розрізняють три його варіанти: просте (середньозважений рівень даних); лінійне (подвійне); квадратичне (потрійне) експоненційне згладжування.

Цей метод полягає у згладжуванні кожного елемента часового ряду за допомогою зважених експоненційних середніх, для яких Браун вивів рекурентну (повторювану, періодичну) формулу

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha S_t^{[k-1]}(y) + (1 - \alpha) S_t^{[k]}(y),$$

де $S_t^{[k]}(y)$ – експоненційна середня k -го порядку в точці t . Причому експоненційна середня першого порядку обчислюється за формулою $S_t^{[1]}(y) = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}^{[1]}(y)$, а як початкове наближення вибирають $S_1^{[k]}(y) = y_1$ [161, 126].

Зазначимо, що цей метод належить до адаптивних методів прогнозування, оскільки передбачає різну цінність рівнів динамічного ряду: останньому рівню y_n відповідає вага α ; передостанньому y_{n-1} – вага $\alpha(\alpha-1)$; y_{n-2} – вага $\alpha(\alpha-1)^2$; y_{n-t} – вага $\alpha(\alpha-1)^t$, де α – константа згладжування ($0 < \alpha < 1$). Тобто ваги підпорядковуються експоненційному закону.

Для визначення параметра згладжування α іноді використовують формулу $\alpha = \frac{2}{n+1}$, де n – кількість спостережень, які входять в інтервал згладжування [161, 127]. Оскільки в нашому випадку наявні дев'ять спостережень, то $\alpha = \frac{2}{9+1} = 0,5$.

Обчислення прогнозних значень під час застосування трьох варіантів цього методу відбувається за такими формулами: $\hat{y}_{n+p} = S_n^{[1]}(y)$,

$\hat{y}_{n+p} = \hat{a}_0 + p\hat{a}_1$ та $\hat{y}_{n+p} = \hat{a}_0 + p\hat{a}_1 + \frac{1}{2}\hat{a}_2p^2$ відповідно, де \hat{a}_0, \hat{a}_1 – це оціночні коефіцієнти, які пов'язують експоненційні середні з коефіцієнтами рівняння тренду.

Моделі прогнозу побудуємо за допомогою персонального комп'ютера та вже згадуваного програмного пакету *Statgraphics 2.1*. Докладний опис цієї програми й алгоритму знаходження за її допомогою прогнозних значень подамо в додатках П, Р.

У програмі *Statgraphics 2.1* для нашого випадку будемо використовувати такі моделі прогнозу:

1) трендовий аналіз:

а) уведемо часові ряди (числовий вектор);

б) оберемо тип тренду (лінійний, квадратичний, експоненційна крива та S-крива);

в) уведемо число періодів прогнозу (5);

г) укажемо процент часових рядів, який буде використовуватися для отримання прогнозів (100 %);

2) експоненційне згладжування Брауна:

а) уведемо часові ряди (числовий вектор);

б) оберемо тип згладжування (просте, лінійне та квадратичне);

в) уведемо число періодів прогнозу (5);

г) укажемо процент часових рядів, який буде використовуватися для отримання прогнозів (100 %);

г) уведемо константу згладжування (0,5).

На підставі виконаних дій отримаємо прогнозні значення виробництва основних видів продовольчих товарів в Україні й на Волині, які відображено в табл. 3.13.

Таблиця 3.13

Прогнози, отримані за допомогою екстраполяції тенденції

№ з/п	Товари	Фактичні та прогнозні значення, тис. т					Похибки прогнозів, %					Точність прогнозів	
		2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	Середня		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
в Україні													
1	М'ясо	527,7	621,8	765,95	972,11	–							
		298,64	250,99	203,34	155,69	108,04	43,41	59,63	73,45	83,98	65,12	незадовільна	
		733,14	946,20	1 206,65	1 514,50	1 869,75	-38,93	-52,17	-57,54	-55,80	51,11	незадовільна	
		347,37	321,85	298,22	276,31	256,02	34,17	48,24	61,07	71,58	53,76	незадовільна	
		411,13	407,44	404,38	401,82	399,63	22,09	34,47	47,21	58,67	40,61	погана	
2	Ковбасні вироби	332,0	309,0	301,0	330,0	–							
		204,28	203,98	203,68	203,38	203,08	38,47	33,99	32,33	38,37	35,79	задовільна	
		343,88	427,34	526,03	639,96	769,11	-3,58	-38,30	-74,76	-93,93	52,64	незадовільна	
		198,08	197,51	196,95	196,38	195,82	40,34	36,08	34,57	40,49	37,87	задовільна	
		185,40	184,76	184,24	183,80	183,42	44,16	40,21	38,79	44,30	41,86	погана	

Продовження табл. 3.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	Тваринне масло	116,0	120,0	104,0	100,0	–						
		120,00	115,20	110,40	105,60	100,80	-3,45	4,00	-6,15	-5,60	4,80	висока
		195,83	236,53	285,51	342,75	408,27	-68,82	-97,11	-174,53	-242,75	145,80	незадовільна
		124,15	121,09	118,10	115,19	112,35	-7,03	-0,91	-13,56	-15,19	9,17	висока
		124,55	123,91	123,38	122,93	122,55	-7,37	-3,26	-18,63	-22,93	13,05	добра
4	Продукція з незбираного молока	1 277,9	1 464,8	1 447,7	1 507,8	–						
		1 072,83	1 099,20	1 125,57	1 151,93	1 178,30	16,05	24,96	22,25	23,60	21,71	задовільна
		1 795,45	2 255,39	2 794,16	3 411,76	4 108,19	-40,50	-53,97	-93,01	-126,27	78,44	незадовільна
		1 044,49	1 074,29	1 104,94	1 136,46	1 168,88	18,27	26,66	23,68	24,63	23,31	задовільна
		855,25	853,10	851,32	849,81	848,52	33,07	41,76	41,19	43,64	39,92	задовільна
5	Жирні сири	224,0	274,0	217,0	246,0	–						
		144,19	156,27	168,35	180,43	192,51	35,63	42,97	22,42	26,65	31,92	задовільна
		219,78	277,22	342,91	416,84	499,03	1,88	-1,18	-58,02	-69,45	32,63	задовільна
		142,97	162,21	184,04	208,80	236,91	36,17	40,80	15,19	15,12	26,82	задовільна
		84,32	84,69	85,00	85,26	85,49	62,36	69,09	60,83	65,34	64,40	незадовільна
6	Цукор-пісок	2 147,0	2 139,0	2 592,0	1 867,0	–						
		1 402,64	1 218,72	1 034,81	850,89	666,97	34,67	43,02	60,08	54,42	48,05	погана
		2 991,19	3 760,40	4 702,92	5 818,72	7 107,83	-39,32	-75,80	-81,44	-211,66	102,06	незадовільна
		1 579,40	1 474,59	1 376,73	1 285,37	1 200,07	26,44	31,06	46,89	31,15	33,88	задовільна
		1 841,39	1 826,62	1 814,41	1 804,13	1 795,37	14,23	14,60	30,00	3,37	15,55	добра
7	Борошно	2 948,0	2 931,0	2 655,0	2 908,0	–						
		2 128,86	1 805,14	1 481,43	1 157,71	833,99	27,79	38,41	44,20	60,19	42,65	погана
		2 908,76	3 052,99	3 282,29	3 596,67	3 996,14	1,33	-4,16	-23,63	-23,68	13,20	добра
		2 399,42	2 206,11	2 028,37	1 864,95	1 714,70	18,61	24,73	23,60	35,87	25,70	задовільна
		3 123,83	3 103,21	3 086,13	3 071,75	3 059,48	-5,96	-5,88	-16,24	-5,63	8,43	висока
8	Хліб і хлібобулочні вироби	2 307,0	2 264,0	2 151,0	2 034,0	–						
		1 879,39	1 688,36	1 497,32	1 306,29	1 115,26	18,54	25,43	30,39	35,78	27,53	задовільна
		2 715,86	3 026,70	3 428,80	3 922,15	4 506,75	-17,72	-33,69	-59,40	-92,83	50,91	незадовільна
		2 032,31	1 908,17	1 791,62	1 682,18	1 579,43	11,91	15,72	16,71	17,30	15,41	добра
		2 422,71	2 408,43	2 396,59	2 386,62	2 378,10	-5,02	-6,38	-11,42	-17,34	10,04	добра
9	Кондитерські вироби	554,0	568,0	544,0	585,0	–						
		929,64	1 007,59	1 085,54	1 163,49	1 241,44	-67,81	-77,39	-99,55	-98,89	85,91	незадовільна
		993,67	1 110,03	1 233,38	1 363,72	1 501,04	-79,36	-95,43	-126,72	-133,11	108,66	незадовільна
		1 064,14	1 238,11	1 440,52	1 676,02	1 950,02	-92,08	-117,98	-164,80	-186,50	140,34	незадовільна
		632,02	638,38	643,73	648,29	652,22	-14,08	-12,39	-18,33	-10,82	13,91	добра
10	Макаронні вироби	99,7	104,0	107,0	107,0	–						
		83,14	70,72	58,31	45,89	33,47	16,61	32,00	45,50	57,11	37,81	задовільна
		109,55	112,98	119,29	128,48	140,55	-9,88	-8,63	-11,49	-20,07	12,52	добра
		93,21	85,78	78,95	72,66	66,87	6,51	17,52	26,21	32,09	20,58	задовільна
		119,98	119,15	118,47	117,89	117,40	-20,34	-14,57	-10,72	-10,18	13,95	добра
на Волині												
1	М'ясо	19,8	22,2	26,8	31,4	–						
		10,43	9,18	7,94	6,70	5,46	47,32	58,65	70,37	78,66	63,75	незадовільна
		16,51	18,93	22,00	25,74	30,15	16,62	14,73	17,91	18,03	16,82	добра
		11,35	10,57	9,85	9,17	8,54	42,68	52,39	63,25	70,80	57,28	незадовільна
		13,96	13,87	13,80	13,74	13,69	29,49	37,52	48,51	56,24	42,94	погана

Закінчення табл. 3.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Ковбасні вироби	17,0	13,9	15,1	17,3	-						
		15,39	16,94	18,50	20,04	21,59	9,47	-21,87	-22,52	-15,84	17,42	добра
		21,38	26,52	32,31	38,76	45,86	-25,76	-90,79	-113,97	-124,05	88,64	незадовільна
		16,11	19,45	23,47	28,33	34,20	5,24	-39,93	-55,43	-63,76	41,09	погана
		7,73	7,80	7,85	7,90	7,95	54,53	43,88	48,01	54,34	50,19	незадовільна
3	Тваринне масло	3,7	4,3	4,3	5,3	-						
		4,61	4,49	4,37	4,25	4,13	-24,59	-4,42	-1,63	19,81	12,61	добра
		4,43	4,20	3,95	3,68	3,39	-19,73	2,33	8,14	30,57	15,19	добра
		4,46	4,34	4,23	4,12	4,01	-20,54	-0,93	1,63	22,26	11,34	добра
		4,78	4,77	4,76	4,75	4,74	-29,19	-10,93	-10,70	10,38	15,30	добра
4	Продукція з незбираного молока	37,1	40,9	24,6	29,7	-						
		27,31	29,12	30,94	32,75	34,56	26,39	28,80	-25,77	-10,27	22,81	задовільна
		47,25	61,02	76,97	95,10	115,40	-27,36	-49,19	-212,89	-220,20	127,41	незадовільна
		25,46	27,86	30,50	33,38	36,54	31,37	31,88	-23,98	-12,39	24,91	задовільна
		15,97	15,96	15,95	15,94	15,94	56,95	60,98	35,16	46,33	49,86	погана
5	Жирні сири	8,7	8,5	5,5	8,2	-						
		6,77	7,46	8,15	8,85	9,54	22,18	12,24	-48,18	-7,93	22,63	задовільна
		9,25	11,44	13,90	16,63	19,63	-6,32	-34,59	-152,73	-102,80	74,11	незадовільна
		7,34	8,97	10,96	13,39	16,37	15,63	-5,53	-99,27	-63,29	45,93	погана
		3,36	3,39	3,42	3,44	3,46	61,38	60,12	37,82	58,05	54,34	незадовільна
6	Цукор-пісок	181,2	198,7	113,5	137,1	-						
		134,83	143,14	151,45	159,76	168,07	25,59	27,96	-33,44	-16,53	25,88	задовільна
		230,15	295,66	371,57	457,88	554,58	-27,01	-48,80	-227,37	-233,98	134,29	незадовільна
		113,23	119,63	126,40	133,55	141,10	37,51	39,79	-11,37	2,59	22,81	задовільна
		88,62	88,73	88,82	88,90	88,97	51,09	55,34	21,74	35,16	40,83	погана
7	Борошно	78,1	72,3	58,6	70,6	-						
		54,27	47,34	40,41	33,48	26,55	30,51	34,52	31,04	52,58	37,16	задовільна
		79,57	87,82	98,84	112,61	129,14	-1,88	-21,47	-68,67	-59,50	37,88	задовільна
		59,98	55,73	51,77	48,10	44,69	23,20	22,92	11,66	31,87	22,41	задовільна
		73,88	73,38	72,97	72,62	72,33	5,40	-1,49	-24,52	-2,86	8,57	висока
8	Хліб і хлібобулочні вироби	48,7	46,6	46,5	47,1	-						
		42,46	41,67	40,88	40,09	39,30	12,81	10,58	12,09	14,88	12,59	добра
		57,45	65,65	75,48	86,95	100,06	-17,97	-40,88	-62,32	-84,61	51,44	незадовільна
		42,85	42,23	41,61	41,00	40,41	12,01	9,38	10,52	12,95	11,21	добра
		43,02	42,89	42,79	42,70	42,63	11,66	7,96	7,98	9,34	9,24	висока
9	Кондитерські вироби	11,0	8,5	8,3	8,8	-						
		7,29	7,61	7,93	8,25	8,57	33,73	10,47	4,46	6,25	13,73	добра
		6,55	6,43	6,23	5,95	5,59	40,45	24,35	24,94	32,39	30,53	задовільна
		7,15	7,53	7,93	8,36	8,81	35,00	11,41	4,46	5,00	13,97	добра
		6,12	6,14	6,17	6,19	6,20	44,36	27,76	25,66	29,66	31,86	задовільна
10	Макаронні вироби	9,9	10,2	10,2	10,8	-						
		8,92	9,75	10,59	11,42	12,26	9,90	4,41	-3,82	-5,74	5,97	висока
		10,24	11,87	13,65	15,56	17,63	-3,43	-16,37	-33,82	-44,07	24,43	задовільна
		10,20	12,26	14,73	17,71	21,29	-3,03	-20,20	-44,41	-63,98	32,90	задовільна
		5,46	5,52	5,58	5,63	5,67	44,85	45,88	45,29	47,87	45,97	погана

У табл. 3.13 навпроти кожного продукту харчування послідовно в п'яти рядках подамо фактичні значення, а також прогнози, отримані

за допомогою лінійного та квадратичного типів тренду, експоненційної та S -кривої. Також у ній зобразимо абсолютні похибки прогнозів, обчислені за формулами $\frac{y_{n+p} - \hat{y}_{n+p}}{y_{n+p}} \times 100$ (у % від фактичних значень за 2004–2007 рр.), та середні абсолютні похибки,

обчислені за формулами $\frac{\sum_{p=1}^4 \frac{|y_{n+p} - \hat{y}_{n+p}|}{y_{n+p}}}{4} \times 100$ (у % від фактичних значень за чотири періоди).

Точність отриманих прогнозних показників визначимо за допомогою ранжування їхніх середніх абсолютних похибок за спеціальною шкалою [162, 10], відображеною на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Шкала визначення точності прогнозів

Проаналізувавши табл. 3.13, з'ясуємо, що:

1) в Україні у 2004 році лінійний тренд був точнішим, порівняно з іншими залежностями, для двох продовольчих товарів, квадратичний – для трьох, експоненційна крива – для одного, S -крива – для чотирьох;

2) у 2005 році знову лінійний тренд був більш адекватним для двох продуктів харчування, квадратичний – для трьох, експоненційна крива – для одного, S -крива – для чотирьох;

3) у 2006 році лінійний тренд був точнішим для трьох видів продукції, квадратичний – для жодного, експоненційна крива – для одного, S -крива – для шести;

4) у 2007 році лінійний тренд був більш адекватним для трьох харчових продуктів, квадратичний – для одного, експоненційна крива – для двох, S -крива – для чотирьох;

5) загалом лінійний тренд найбільш точний для ковбасних виробів (середня абсолютна похибка – 35,79), тваринного масла (4,80), продукції з незбираного молока (21,71);

б) квадратичний тренд найбільш адекватний для макаронних виробів (12,52);

7) експоненційна крива найбільш точна для жирних сирів (26,82);

8) S-крива найбільш адекватна для м'яса (40,61), цукру-піску (15,55), борошна (8,43), хліба і хлібобулочних (10,04) та кондитерських (13,91) виробів;

9) на Волині у 2004 році лінійний тренд був точнішим, порівняно з іншими залежностями, для трьох продовольчих товарів, квадратичний – для чотирьох, експоненційна крива – для двох, S-крива – для одного;

10) у 2005 році лінійний тренд був більш адекватним для п'яти продуктів харчування, квадратичний – для одного, експоненційна крива – для двох, S-крива – для двох;

11) у 2006 році лінійний тренд був точнішим для чотирьох видів продукції, квадратичний – для одного, експоненційна крива – для п'яти, S-крива – для двох (причому для тваринного масла та кондитерських виробів найменші похибки прогнозів показували одразу два варіанти);

12) у 2007 році лінійний тренд був більш адекватним для чотирьох харчових продуктів, квадратичний – для одного, експоненційна крива – для двох, S-крива – для трьох;

13) загалом лінійний тренд найточніший для ковбасних виробів (середня абсолютна похибка – 17,42), продукції з незбираного молока (22,81), жирних сирів (22,63), кондитерських (13,73) та макаронних (5,97) виробів;

14) квадратичний тренд найбільш адекватний для м'яса (16,82);

15) експоненційна крива найбільш точна для тваринного масла (11,34) та цукру-піску (22,81);

16) S-крива найбільш адекватна для борошна (8,57) та хліба і хлібобулочних виробів (9,24).

Тобто випуск основних продовольчих товарів в Україні за трендовим аналізом найкраще описують моделі такого виду:

– м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії) – $e^{5,92+0,99/t}$;

– ковбасні вироби – $207,28 - 0,3t$;

– тваринне масло – $168 - 4,8t$;

– продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко) – $809,17 + 26,37t$;

- жирні сири (у т. ч. бринза) – $e^{3,70+0,13t}$;
- цукор-пісок – $e^{7,43+0,89/t}$;
- борошно – $e^{7,97+0,73/t}$;
- хліб і хлібобулочні вироби – $e^{7,23+0,65/t}$;
- кондитерські вироби – $e^{6,56-1,10/t}$;
- макаронні вироби – $233,71-26,82t+1,44t^2$.

Виробництво продуктів харчування на Волині найбільш адекватно описують такі трендові моделі:

- м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії) – $28,93-4,56t+0,33t^2$;
- ковбасні вироби – $-0,11+1,55t$;
- тваринне масло – $e^{1,76-0,03t}$;
- продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко) – $9,18+1,81t$;
- жирні сири (у т. ч. бринза) – $-0,17+0,69t$;
- цукор-пісок – $e^{4,18+0,06t}$;
- борошно – $e^{4,23+0,74/t}$;
- хліб і хлібобулочні вироби – $e^{3,73+0,32/t}$;
- кондитерські вироби – $4,09+0,32t$;
- макаронні вироби – $0,57+0,84t$.

У табл. 3.14 навпроти кожного виду продукції послідовно в чотирьох рядках подамо фактичні значення, а також прогнози, отримані за допомогою простого, лінійного та квадратичного експоненційного згладжування Брауна. Також у ній зобразимо абсолютні й середні абсолютні похибки прогнозів та визначимо точність отриманих прогнозних показників.

Таблиця 3.14

Прогнози, отримані за допомогою експоненційного згладжування Брауна

№ з/п	Товари	Фактичні та прогнозні значення, тис. т					Похибки прогнозів, %					Точність прогнозів	
		2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	Середня		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
в Україні													
1	М'ясо	527,7	621,8	765,95	972,11	–							
		495,05	495,05	495,05	495,05	495,05	6,19	20,38	35,37	49,07	27,75	задовільна	
		554,45	584,15	613,84	643,54	673,24	-5,07	6,06	19,86	33,80	16,20	добра	
		699,20	873,65	1 084,28	1 331,11	1 614,12	-32,50	-40,50	-41,56	-36,93	37,87	задовільна	
2	Ковбасні вироби	332,0	309,0	301,0	330,0	–							
		240,01	240,01	240,01	240,01	240,01	27,71	22,33	20,26	27,27	24,39	задовільна	
		295,88	323,81	351,74	379,68	407,61	10,88	-4,79	-16,86	-15,05	11,90	добра	
		357,16	446,37	550,91	670,76	805,94	-7,58	-44,46	-83,03	-103,26	59,58	незадовільна	

Продовження табл. 3.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	Тваринне масло	116,0	120,0	104,0	100,0	–						
		142,53	142,53	142,53	142,53	142,53	-22,87	-18,78	-37,05	-42,53	30,31	задовільна
		147,29	149,68	152,06	154,44	156,82	-26,97	-24,73	-46,21	-54,44	38,09	задовільна
		156,62	168,33	182,38	198,75	217,46	-35,02	-40,28	-75,37	-98,75	62,35	незадовільна
4	Продукція з незбираного молока	1 277,9	1 464,8	1 447,7	1 507,8	–						
		1 167,03	1 167,03	1 167,03	1 167,03	1 167,03	8,68	20,33	19,39	22,60	17,75	добра
		1 410,01	1 531,50	1 652,98	1 774,47	1 895,96	-10,34	-4,55	-14,18	-17,69	11,69	добра
		1 566,35	1 844,18	2 161,10	2 517,11	2 912,20	-22,57	-25,90	-49,28	-66,94	41,17	погана
5	Жирні сири	224,0	274,0	217,0	246,0	–						
		137,43	137,43	137,43	137,43	137,43	38,65	49,84	36,67	44,13	42,32	погана
		186,69	211,32	235,95	260,58	285,21	16,66	22,88	-8,73	-5,93	13,55	добра
		212,45	262,84	319,67	382,94	452,65	5,16	4,07	-47,31	-55,67	28,05	задовільна
6	Цукор- пісок	2 147,0	2 139,0	2 592,0	1 867,0	–						
		2 135,91	2 135,91	2 135,91	2 135,91	2 135,91	0,52	0,14	17,60	-14,40	8,17	висока
		2 336,46	2 436,73	2 537,01	2 637,28	2 737,55	-8,82	-13,92	2,12	-41,26	16,53	добра
		2 908,68	3 581,17	4 396,72	5 355,32	6 456,98	-35,48	-67,42	-69,63	-186,84	89,84	незадовільна
7	Борошно	2 948,0	2 931,0	2 655,0	2 908,0	–						
		2 961,20	2 961,20	2 961,20	2 961,20	2 961,20	-0,45	-1,03	-11,53	-1,83	3,71	висока
		2 602,99	2 423,89	2 244,78	2 065,68	1 886,57	11,70	17,30	15,45	28,97	18,36	добра
		2 796,73	2 811,36	2 874,42	2 985,91	3 145,84	5,13	4,08	-8,26	-2,68	5,04	висока
8	Хліб і хлібобул. вироби	2 307,0	2 264,0	2 151,0	2 034,0	–						
		2 436,96	2 436,96	2 436,96	2 436,96	2 436,96	-5,63	-7,64	-13,29	-19,81	11,59	добра
		2 304,65	2 238,49	2 172,34	2 106,18	2 040,02	0,10	1,13	-0,99	-3,55	1,44	висока
		2 496,43	2 622,05	2 795,63	3 017,14	3 286,60	-8,21	-15,81	-29,97	-48,34	25,58	задовільна
9	Кондитер- ські вироби	554,0	568,0	544,0	585,0	–						
		779,76	779,76	779,76	779,76	779,76	-40,75	-37,28	-43,34	-33,29	38,67	задовільна
		932,13	1 008,31	1 084,49	1 160,68	1 236,86	-68,25	-77,52	-99,35	-98,41	85,88	незадовільна
		940,25	1 024,56	1 110,90	1 199,27	1 289,67	-69,72	-80,38	-104,21	-105,00	89,83	незадовільна
10	Макаронні вироби	99,7	104,0	107,0	107,0	–						
		113,51	113,51	113,51	113,51	113,51	-13,85	-9,14	-6,08	-6,08	8,79	висока
		97,12	88,93	80,73	72,54	64,34	2,59	14,49	24,55	32,21	18,46	добра
		104,47	103,61	104,60	107,42	112,07	-4,78	0,38	2,24	-0,39	1,95	висока
на Волині												
1	М'ясо	19,8	22,2	26,8	31,4	–						
		14,61	14,61	14,61	14,61	14,61	26,21	34,19	45,49	53,47	39,84	задовільна
		15,07	15,31	15,54	15,77	16,01	23,89	31,04	42,01	49,78	36,68	задовільна
		18,05	21,26	25,21	29,91	35,35	8,84	4,23	5,93	4,75	5,94	висока
2	Ковбасні вироби	17,0	13,9	15,1	17,3	–						
		13,22	13,22	13,22	13,22	13,22	22,24	4,89	12,45	23,58	15,79	добра
		16,87	18,69	20,52	22,34	24,16	0,76	-34,46	-35,89	-29,13	25,06	задовільна
		16,32	17,60	18,73	19,73	20,60	4,00	-26,62	-24,04	-14,05	17,18	добра
3	Тваринне масло	3,7	4,3	4,3	5,3	–						
		4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	-23,78	-6,51	-6,51	13,58	12,60	добра
		3,69	3,24	2,80	2,35	1,91	0,27	24,65	34,88	55,66	28,87	задовільна
		2,86	1,58	0,09	-1,60	-3,50	22,70	63,26	97,91	130,19	78,51	незадовільна

Закінчення табл. 3.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	Продукція з незбираного молока	37,1	40,9	24,6	29,7	–						
		27,61	27,61	27,61	27,61	27,61	25,58	32,49	-12,24	7,04	19,34	добра
		36,11	40,36	44,61	48,86	53,11	2,67	1,32	-81,34	-64,51	37,46	задовільна
		40,11	48,36	57,61	67,86	79,12	-8,11	-18,24	-134,19	-128,48	72,26	незадовільна
5	Жирні сири	8,7	8,5	5,5	8,2	–						
		5,78	5,78	5,78	5,78	5,78	33,56	32,00	-5,09	29,51	25,04	задовільна
		7,46	8,31	9,15	9,99	10,84	14,25	2,24	-66,36	-21,83	26,17	задовільна
		7,48	8,33	9,20	10,06	10,93	14,02	2,00	-67,27	-22,68	26,49	задовільна
6	Цукор-пісок	181,2	198,7	113,5	137,1	–						
		149,00	149,00	149,00	149,00	149,00	17,77	25,01	-31,28	-8,68	20,69	задовільна
		223,89	261,34	298,78	336,23	373,68	-23,56	-31,52	-163,24	-145,24	90,89	незадовільна
		299,93	413,42	545,91	697,42	867,93	-65,52	-108,06	-380,98	-408,69	240,81	незадовільна
7	Борошно	78,1	72,3	58,6	70,6	–						
		73,29	73,29	73,29	73,29	73,29	6,16	-1,37	-25,07	-3,81	9,10	висока
		67,28	64,28	61,28	58,28	55,28	13,85	11,09	-4,57	17,45	11,74	добра
		75,41	80,53	87,69	96,88	108,09	3,44	-11,38	-49,64	-37,22	25,42	задовільна
8	Хліб і хлібобул. вироби	48,7	46,6	46,5	47,1	–						
		47,06	47,06	47,06	47,06	47,06	3,37	-0,99	-1,20	0,08	1,41	висока
		49,51	50,74	51,96	53,19	54,41	-1,66	-8,88	-11,74	-12,93	8,80	висока
		52,91	57,52	62,99	69,31	76,47	-8,64	-23,43	-35,46	-47,15	28,67	задовільна
9	Кондитерські вироби	11,0	8,5	8,3	8,8	–						
		6,66	6,66	6,66	6,66	6,66	39,45	21,65	19,76	24,32	26,29	задовільна
		7,67	8,17	8,68	9,18	9,68	30,27	3,88	-4,58	-4,32	10,76	добра
		8,85	10,53	12,50	14,77	17,33	19,55	-23,88	-50,60	-67,84	40,47	погана
10	Макаронні вироби	9,9	10,2	10,2	10,8	–						
		7,77	7,77	7,77	7,77	7,77	21,52	23,82	23,82	28,06	24,30	задовільна
		10,58	11,99	13,39	14,80	16,20	-6,87	-17,55	-31,27	-37,04	23,18	задовільна
		12,64	16,10	20,07	24,56	29,57	-27,68	-57,84	-96,76	-127,41	77,42	незадовільна

Проаналізувавши табл. 3.14, з'ясуємо, що:

1) в Україні у 2004 році просте експоненційне згладжування, порівняно з іншими залежностями, було точнішим для п'яти продовольчих товарів, лінійне – для трьох, квадратичне – для двох;

2) у 2005 році просте експоненційне згладжування було більш адекватним для чотирьох продуктів харчування, лінійне – для чотирьох, квадратичне – для двох;

3) у 2006 році просте експоненційне згладжування було точнішим для двох видів продукції, лінійне – для шести, квадратичне – для двох;

4) у 2007 році просте експоненційне згладжування було більш адекватним для чотирьох харчових продуктів, лінійне – для п'яти, квадратичне – для одного;

5) загалом просте експоненційне згладжування найбільш точне для тваринного масла (середня абсолютна похибка – 30,31), цукру-піску (8,17), борошна (3,71), кондитерських виробів (38,67);

б) лінійне експоненційне згладжування найбільш адекватне для м'яса (16,20), ковбасних виробів (11,90), продукції з незбираного молока (11,69), жирних сирів (13,55), хліба і хлібобулочних виробів (1,44);

7) квадратичне експоненційне згладжування найбільш точне для макаронних виробів (1,95);

8) на Волині у 2004 році просте експоненційне згладжування, порівняно з іншими залежностями, було точнішим для одного продовольчого товару, лінійне – для п'ятьох, квадратичне – для чотирьох;

9) у 2005 році просте експоненційне згладжування було більш адекватним для п'яти продуктів харчування, лінійне – для трьох, квадратичне – для двох;

10) у 2006 році просте експоненційне згладжування було точнішим для семи видів продукції, лінійне – для двох, квадратичне – для одного;

11) у 2007 році просте експоненційне згладжування було більш адекватним для шести харчових продуктів, лінійне – для двох, квадратичне – для двох;

12) загалом просте експоненційне згладжування найбільш точне для ковбасних виробів (середня абсолютна похибка – 15,79), тваринного масла (12,60), продукції з незбираного молока (19,34), жирних сирів (25,04), цукру-піску (20,69), борошна (9,10), хліба і хлібобулочних виробів (1,41);

13) лінійне експоненційне згладжування найбільш адекватне для кондитерських (10,76) та макаронних (23,18) виробів;

14) квадратичне експоненційне згладжування найбільш точне для м'яса (5,94).

Тобто випуск основних видів продовольчих товарів в Україні за методом експоненційного згладжування Брауна найкраще описують моделі такого виду:

- м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії) – $524,75 + 29,70p$;
- ковбасні вироби – $267,94 + 27,93p$;
- тваринне масло – 142,53;
- продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко) – $1\,288,52 + 121,49p$;
- жирні сири (у т. ч. бринза) – $162,06 + 24,63p$;

- цукор-пісок – 2 135,91;
- борошно – 2 961,20;
- хліб і хлібобулочні вироби – 2 370,80 – 66,16 p ;
- кондитерські вироби – 779,76;
- макаронні вироби – 107,15 – 3,61 p + $\frac{1}{2} \times 1,84p^2$.

Виробництво продуктів харчування на Волині за цим методом найбільш адекватно описують такі моделі:

- м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії) – 15,58 + 2,09 p + $\frac{1}{2} \times 0,74p^2$;
- ковбасні вироби – 13,22;
- тваринне масло – 4,58;
- продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко) – 27,61;
- жирні сири (у т. ч. бринза) – 5,78;
- цукор-пісок – 149,00;
- борошно – 73,29;
- хліб і хлібобулочні вироби – 47,06;
- кондитерські вироби – 7,17 + 0,50 p ;
- макаронні вироби – 9,17 + 1,41 p .

Отож прогнози, отримані за допомогою трендового аналізу й експоненційного згладжування Брауна, справджуються з деякими, іноді досить істотними, похибками. Тому виникає запитання, якими ще оцінками, можливо, більш точними, можна отримувати майбутні значення випуску продуктів харчування в Україні та на Волині.

Ми пропонуємо розроблений нами індексний метод прогнозування, який є аналогом прогнозування на основі середньорічного коефіцієнта росту (описаного в [158, 34–37]), але відрізняється від нього обчисленням середньої величини за формулою середньої арифметичної, а не середньої геометричної, яка може призвести до істотних прорахунків у разі відчутного коливання ряду [163, 130] та вираженням у відсотках. Відмінності цих методів відображено в табл. 3.15.

Суть цього методу полягає у прогнозуванні на основі індивідуальних ланцюгових індексів часового ряду, у яких за 100 % потрібно брати не якийсь завжди один і той самий період, а для кожного рівня базою порівняння є попередній. Оскільки індекси виробництва стосовно одного віддаленого періоду не відображають зміни до найближчого минулого.

Таблиця 3.15

Відмінності в методах прогнозування на основі середньорічного коефіцієнта росту й індексів

Показники	Методи прогнозування на основі	
	середньорічного коефіцієнта росту	індексів
проміжні	не обчислюються, оскільки $\frac{y_2}{y_1} \times \frac{y_3}{y_2} \times \dots \times \frac{y_n}{y_{n-1}} = \frac{y_n}{y_1}$	$i_k = \frac{y_{k+1}}{y_k} \times 100$
середній	$\bar{k} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}}$	$\bar{i} = \frac{i_1 + i_2 + \dots + i_{n-1}}{n-1}$
прогноз	$\hat{y}_{n+p} = y_n \times \bar{k}^p$	$\hat{y}_{n+p} = y_n \times \left(\frac{\bar{i}}{100}\right)^p$

За допомогою цього методу, на відміну від методів екстраполяції тенденції та експоненційного згладжування Брауна, відбувається прогнозування на основі відносних значень, а не абсолютних. Це пов'язано з тим, що індекси відображають відносну частку збільшення чи зменшення показників часового ряду.

Реалізація індексного методу прогнозування відбувається в такому порядку:

- 1) обчислення індивідуальних ланцюгових індексів часового ряду;
- 2) знаходження середнього індексу за весь період шляхом ділення суми індексів на їхню кількість;

3) знаходження прогнозу на кожен наступний період, перемноживши останній показник часового ряду й частку від ділення середнього індексу на 100, піднесену до степеня, який відповідає горизонту прогнозування (або, інакше кажучи, перемноживши попереднє прогнозне значення і середній індекс та поділивши отриманий добуток на 100).

Проілюструємо реалізацію цього методу на прикладі показників випуску продукції харчовою промисловістю України та Волині за 1995–2003 рр. Для цього в табл. 3.16 подамо фактичні значення, а також розраховані за описаним вище алгоритмом середні індекси та прогнозні значення. Також у ній зобразимо абсолютні та середні абсолютні похибки прогнозів і визначимо їхню точність.

Проаналізувавши таблицю, з'ясуємо, що:

– в Україні у 2004 році висока точність прогнозів була характерна для чотирьох продуктів харчування, добра – для чотирьох, задовільна – для одного, погана – для жодного й незадовільна – для одного;

Таблиця 3.16

Прогнози, отримані за допомогою індексного методу

№ з/п	Товари	Сер. індекс, \bar{i}	Фактичні та прогнозні значення, тис. т					Похибки прогнозів, %					Точність прогнозів	
			2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	Середня		
в Україні														
1	М'ясо	96,37	527,7	621,8	765,95	972,11	–							
			547,37	527,50	508,34	489,88	472,09	-3,73	15,17	33,63	49,61	25,53	задов.	
2	Ковб. виробн	102,60	332,0	309,0	301,0	330,0	–							
			297,54	305,27	313,20	321,34	329,69	10,38	1,21	-4,05	2,63	4,57	висока	
3	Тваринне масло	96,88	116,0	120,0	104,0	100,0	–							
			143,38	138,90	134,57	130,36	126,29	-23,60	-15,75	-29,39	-30,36	24,78	задов.	
4	Прод. з незб. молока	102,65	1 277,9	1 464,8	1 447,7	1 507,8	–							
			1 343,73	1 379,37	1 415,97	1 453,53	1 492,09	-5,15	5,83	2,19	3,60	4,19	висока	
5	Жирні сири	113,74	224,0	274,0	217,0	246,0	–							
			192,22	218,63	248,66	282,82	321,68	14,19	20,21	-14,59	-14,97	15,99	добра	
6	Цукор-пісок	97,42	2 147,0	2 139,0	2 592,0	1 867,0	–							
			2 421,82	2 359,30	2 298,40	2 239,06	2 181,26	-12,80	-10,30	11,33	-19,93	13,59	добра	
7	Борошно	92,47	2 948,0	2 931,0	2 655,0	2 908,0	–							
			2 606,85	2 410,67	2 229,25	2 061,48	1 906,34	11,57	17,75	16,04	29,11	18,62	добра	
8	Хлібобул. виробн	93,82	2 307,0	2 264,0	2 151,0	2 034,0	–							
			2 277,04	2 136,35	2 004,36	1 880,51	1 764,32	1,30	5,64	6,82	7,55	5,33	висока	
9	Конд. виробн	114,09	554,0	568,0	544,0	585,0	–							
			981,19	1 119,47	1 277,23	1 457,22	1 662,57	-77,11	-97,09	-134,78	-149,10	114,52	незадов.	
10	Макар. виробн	92,10	99,7	104,0	107,0	107,0	–							
			98,55	90,77	83,60	77,00	70,92	1,15	12,72	21,87	28,04	15,95	добра	
на Волині														
1	М'ясо	96,86	19,8	22,2	26,8	31,4	–							
			15,59	15,10	14,63	14,17	13,72	21,24	31,97	45,41	54,88	38,37	задов.	
2	Ковб. виробн	123,39	17,0	13,9	15,1	17,3	–							
			17,03	21,01	25,93	31,99	39,48	-0,17	-51,16	-71,70	-84,93	51,99	незадов.	
3	Тваринне масло	97,29	3,7	4,3	4,3	5,3	–							
			3,89	3,79	3,68	3,58	3,49	-5,18	11,95	14,33	32,38	15,96	добра	
4	Прод. з незб. молока	113,36	37,1	40,9	24,6	29,7	–							
			37,18	42,15	47,78	54,16	61,39	-0,22	-3,05	-94,21	-82,35	44,96	погана	
5	Жирні сири	124,84	8,7	8,5	5,5	8,2	–							
			7,99	9,97	12,45	15,55	19,41	8,16	-17,35	-126,42	-89,59	60,38	незадов.	
6	Цукор-пісок	124,31	181,2	198,7	113,5	137,1	–							
			277,46	344,92	428,77	533,01	662,59	-53,12	-73,59	-277,77	-288,77	173,31	незадов.	
7	Борошно	93,82	78,1	72,3	58,6	70,6	–							
			70,18	65,84	61,77	57,95	54,37	10,14	8,94	-5,41	17,91	10,60	добра	
8	Хлібобул. виробн	98,04	48,7	46,6	46,5	47,1	–							
			48,24	47,29	46,36	45,46	44,57	0,95	-1,48	0,29	3,49	1,55	висока	
9	Конд. виробн	114,55	11,0	8,5	8,3	8,8	–							
			9,39	10,76	12,33	14,12	16,17	14,61	-26,59	-48,50	-60,45	37,54	задов.	
10	Макар. виробн	133,75	9,9	10,2	10,2	10,8	–							
			13,91	18,60	24,88	33,28	44,51	-40,50	-82,40	-143,95	-208,16	118,75	незадов.	

– у 2005 році висока точність прогнозів була характерна для трьох продовольчих товарів, добра – для п'яти, задовільна – для одного, погана – для жодного й незадовільна – для одного;

– у 2006 році висока точність прогнозів була характерна для трьох харчових продуктів, добра – для трьох, задовільна – для трьох, погана – для жодного й незадовільна – для одного;

– у 2007 році висока точність прогнозів була характерна для трьох видів продукції, добра – для двох, задовільна – для трьох, погана – для одного й незадовільна – для одного;

– загалом висока точність прогнозів була характерна для трьох продуктів харчування, добра – для чотирьох, задовільна – для двох, погана – для жодного й незадовільна – для одного;

– на Волині у 2004 році висока точність прогнозів була характерна для п'яти продовольчих товарів, добра – для двох, задовільна – для одного, погана – для одного й незадовільна – також для одного;

– у 2005 році висока точність прогнозів була характерна для трьох харчових продуктів, добра – для двох, задовільна – для двох, погана – для жодного й незадовільна – для трьох;

– у 2006 році висока точність прогнозів була характерна для двох видів продукції, добра – для одного, задовільна – для жодного, погана – для двох і незадовільна – для п'яти;

– у 2007 році висока точність прогнозів була характерна для одного продукту харчування, добра – для одного, задовільна – для одного, погана – для жодного й незадовільна – для семи;

– загалом висока точність прогнозів була характерна для одного продовольчого товару, добра – для двох, задовільна – для двох, погана – для одного й незадовільна – для чотирьох.

Тобто виробництво основних продуктів харчування в Україні / на Волині за індексним методом описують моделі такого виду:

$$- \text{м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї кат.)} - 568 \times \left(\frac{96,37}{100}\right)^p; 16,1 \times \left(\frac{96,86}{100}\right)^p;$$

$$- \text{ковбасні вироби} - 290 \times \left(\frac{102,60}{100}\right)^p; 13,8 \times \left(\frac{123,39}{100}\right)^p;$$

$$- \text{тваринне масло} - 148 \times \left(\frac{96,88}{100}\right)^p; 4,0 \times \left(\frac{97,29}{100}\right)^p;$$

$$- \text{продукція з незб. молока (у перер. на молоко)} - 1309 \times \left(\frac{102,65}{100}\right)^p;$$

$$32,8 \times \left(\frac{113,36}{100}\right)^p;$$

- жирні сири (у т. ч. бринза) – $169 \times \left(\frac{113,74}{100}\right)^p$; $6,4 \times \left(\frac{124,84}{100}\right)^p$;
- цукор-пісок – $2486 \times \left(\frac{97,42}{100}\right)^p$; $223,2 \times \left(\frac{124,31}{100}\right)^p$;
- борошно – $2819 \times \left(\frac{92,47}{100}\right)^p$; $74,8 \times \left(\frac{93,82}{100}\right)^p$;
- хліб і хлібобулочні вироби – $2427 \times \left(\frac{93,82}{100}\right)^p$; $49,2 \times \left(\frac{98,04}{100}\right)^p$;
- кондитерські вироби – $860 \times \left(\frac{114,09}{100}\right)^p$; $8,2 \times \left(\frac{114,55}{100}\right)^p$;
- макаронні вироби – $107 \times \left(\frac{92,10}{100}\right)^p$; $10,4 \times \left(\frac{133,75}{100}\right)^p$.

А істотне збільшення похибки прогнозу з 2004 до 2007 року засвідчує, що цей метод є короткостроковим методом прогнозування на один рік. Але якщо побудувати прогнозні дані на 2005 рік (із унесенням туди інформації за 2004-й), на 2006 рік (із унесенням туди інформації за 2005-й), на 2007 (із унесенням туди інформації за 2006-й) і на 2008 (із унесенням туди інформації за 2007-й), то неможливим буде їхнє порівняння із прогнозами, отриманими іншими двома методами, які не містили такої інформації.

Зазначимо, що останнім часом поряд із традиційними методами прогнозування соціально-економічних показників (екстраполяція тенденції, експоненційне згладжування Брауна) все більшого поширення набуває використання нейронних мереж, які належать до систем штучного інтелекту. Адже сфера їхнього застосування надзвичайно велика: виявлення фальшивих кредитних карток, прогнозування змін на фондовій біржі, укладення кредитних планів, оптичне розпізнавання символів, профілактика та діагностика захворювань людини, спостереження за технічним станом машин і механізмів, автоматичне управління рухом автомобіля, прийняття рішень при посадці пошкодженого літального апарата [164, 15], апроксимація функцій, дослідження асоціативної пам'яті, стиснення даних, класифікація об'єктів, розв'язування оптимізаційних задач, керування складними процесами, прогнозування, створення нейрокомп'ютерів [165, 12] тощо.

Особливостям використання нейронних мереж присвятили свої дослідження такі вітчизняні науковці, як Є. В. Бодянський, Н. К. Васильєва, М. М. Іванов, Т. М. Книщенко, Ю. Г. Лисенко,

А. В. Матвійчук, Р. А. Павлов, О. М. Рибицька, А. П. Ротштейн, О. Г. Руденко, М. С. Сявавко [165–174], а також зарубіжні вчені Р. Каллан, С. Осовський [164; 175] й ін. Так, за їх допомогою вони проводили моделювання інноваційного розвитку трудових ресурсів агропромислового виробництва [166], багатомірне прогнозування економічних показників [167], класифікацію банків [168], прогнозування значень курсу цінного папера і знака зміни котирування [170], діагностику банкрутства банківських установ України [172] тощо.

Перевагами нейромережного аналізу є:

1) відсутність обмежень на характер вхідної інформації (на відміну від класичних підходів);

2) здатність знаходити оптимальні індикатори та будувати за ними оптимальну для часового ряду адаптивну стратегію передбачень (на відміну від регресійних моделей та методів теханалізу, заснованих на загальних рекомендаціях);

3) наявність потужного математичного апарату, який може бути застосований як універсальний відтворювач складних нелінійних функціональних залежностей і дає виявити головні тенденції зміни показника за експериментальними даними попередніх періодів;

4) здатність до навчання, яке не вимагає ніякої апріорної інформації про структуру шуканої функціональної залежності [171, 67].

Ключовим у теорії нейронних мереж є поняття *нейрона* – нервової клітини, здатної сприймати, перетворювати та поширювати сигнали. Він має численні тонкі, густо розгалужені відростки – *дендрити* (канали введення інформації), а також один більш товстий, розщеплений на кінці *аксон* (канал виведення інформації). Аксон нейрона з'єднується з дендритами інших нейронів за допомогою *синапсів*.

Взаємодія нейронів відбувається так:

1) при збудженні нейрон посилає по своєму аксону сигнал;

2) цей сигнал через синапси передається іншим нейронам;

3) вони, у свою чергу, також збуджуються, або, навпаки, загальмовуються.

Зазначимо, що нейрон збуджується в тому випадку, коли сумарний рівень сигналів, які надійшли до нього, перевищує певний рівень (поріг збудження чи активації). При цьому інтенсивність сигналу, який отримує нейрон, залежить від активності синапсів.

Поточний стан нейрона s визначається як зважена сума вхідних сигналів за формулою:

$$s = \sum_{i=1}^n x_i \times w_i,$$

де x_i – i -тий вхідний сигнал ($1 \leq i \leq n$); w_i – вага i -го синапса.

При цьому кожен нейрон може перебувати в одному з двох станів: $s_i = +1$ – збудження, $s_i = -1$ – спокій.

Отриманий сигнал перетворюється за допомогою функції активації (чи передавальної функції) у вихідний сигнал Y , який обчислюється за формулою:

$$Y = f(s) [176, 601].$$

У математичній моделі нейрона вхідні сигнали повинні перемножуватись на числові коефіцієнти (ваги) для того, щоб коректно враховувати вплив кожного сигналу на стан клітини.

Зауважимо також, що синапсичні ваги повинні бути натуральними числами, які можуть набувати і додатних, і від'ємних значень. У першому випадку синапс здійснює збуджувальну, а у другому – загальмовуючу дію, яка перешкоджає збудженню клітини іншими сигналами. Отже, дія збуджувального синапса може моделюватися додатним значенням синапсичної ваги, а дія гальмівного синапса – від'ємним значенням.

Отже кожен нейрон виконує відносно примітивні функції сумування вагових коефіцієнтів вхідних сигналів і порівняння отриманої суми з пороговим значенням. Причому ваги та порогове значення нейрона залежать від його місцезнаходження і завдання, яке він розв'язує.

Велика кількість нейронів та міжнейронних зв'язків призводить до того, що помилка в роботі окремого нейрона залишається непомітною в загальній масі взаємодіючих клітин. Тобто нейронна мережа є стабільною мережею, у якій окремі збої не впливають вагомо на результати її функціонування, що і є головною відмінністю цієї мережі від звичайних електронних систем, створених людиною [175, 20].

Найбільш поширеною моделлю нейронної мережі є багатошаровий перцептрон. У такій моделі перший шар нейронів слугує для введення вхідних сигналів, останній – для виведення вихідних сигналів, а внутрішні (один або декілька) – для обробки вхідної інформації та збереження інформації про внутрішню структуру об'єкта, який моделюється. Міжелементні зв'язки в такій

мережі утворюються лише між нейронами сусідніх шарів: окремо взятий нейрон може з'єднуватися з одним, декількома або всіма нейронами із сусіднього шару. В останньому випадку така нейронна мережа називається повнозв'язною. При цьому на входи того чи іншого нейрона надходять сигнали від нейронів попереднього шару, а вихідний сигнал нейрона передається на входи нейронів у наступному шарі [170, 161].

Оскільки завданням нейронної мережі є перетворення інформації необхідним чином, то вона повинна пройти попередньо процес навчання: на вхід мережі подається *навчальна вибірка*, яка контролюється з допомогою *контрольної вибірки*, а результат перевіряється на *тестовій вибірці* [176, 604].

Розрізняють такі стратегії навчання:

1) *навчання з учителем* (англ.: *supervised learning*) – передбачає, що, крім вхідних сигналів, які становлять вектор x , відомі також і очікувані вихідні сигнали нейрона d_i , які становлять вектор d (від англ. *destination* – призначення). Тобто підбір вагових коефіцієнтів організовується так, щоб фактичні вихідні сигнали нейрона y_i приймали б значення, якомога ближчі до очікуваних значень d_i . Ключовим елементом цього підходу є знання очікуваних значень d_i вихідного сигналу нейрона;

2) *навчання без учителя* (англ.: *unsupervised learning*) – підбір вагових коефіцієнтів у цьому випадку проводиться або на основі конкуренції нейронів між собою (стратегії “*Winner Takes All – WTA*” (Переможець отримує все) чи “*Winner Takes Most – WTM*” (Переможець отримує більше)), або з урахуванням кореляції навчаючих та вихідних сигналів (навчання за Хеббом). При цьому підході на етапі адаптації нейрона неможливо прогнозувати його вихідні сигнали [175, 25].

Слід зазначити, що вчителем вважають математичну функцію або особу, яка оцінює якість поведінки нейронної мережі. Зважаючи на те, що нейронні мережі найчастіше застосовуються в складних ситуаціях, для яких немає добрих математичних моделей, навчання відбувається через навчальну вибірку, тобто з еталонними парами “входи–виходи” [174, 296].

Отже, проведемо нейромережне прогнозування випуску основних продуктів харчування в Україні та на Волині на 2004–2008 роки на

основі інформації за 1995–2003 роки. Дані для обчислень візьмемо з табл. 1.1–1.2. Навчання нейронної мережі будемо проводити для кожного виду продовольчої продукції окремо за допомогою методу “Навчання з учителем”.

Прогнозування за допомогою нейронної мережі розіб’ємо на такі етапи:

- 1) побудова мережі у вигляді багатошарового персептрона;
- 2) його навчання;
- 3) отримання прогнозних значень;
- 4) оцінювання їхньої точності.

Алгоритм реалізації нейромережного прогнозування за допомогою модуля *Neural Networks* програмного пакета *Statistica* подамо в додатку С.

Оскільки під час прогнозування майбутні значення показника виробництва обчислюються на основі його попередніх даних, то кожна змінна буде водночас і вхідною, і вихідною.

Структуру вихідної мережі зобразимо на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Архітектура нейронної мережі

На рис. 3.2 зображено багатошаровий персептрон із вхідним, вихідним й одним внутрішнім шаром. Оскільки цей персептрон має тільки один вхід, то це означає, що поточний стан нейрона визначатиметься як його вхідний сигнал.

У нашому випадку інформація за 1995 рік резервуватиметься для побудови прогнозу на першому кроці, навчальна вибірка складатиметься з інформації за 1996–2002 роки (всього сім спостережень), контрольну вибірку становитимуть дані за 2003 рік, а тестова вибірка міститиме значення за 2004–2007 роки. Тобто прогнозування відбуватиметься так: мережа обробить початковий набір значень (у нашому випадку одне спостереження за 1995 рік) і видасть прогноз; перше спостереження буде замінено на прогнозне значення; за новим набором вхідних даних будуватиметься наступний прогноз і т. д. Причому контроль роботи мережі полягатиме в тому, щоб прогнозне значення на 2003 рік було максимально наближеним до фактичного значення за цей період. На основі отриманої найкращої мережі будуватимуться прогнозні дані на 2004–2008 роки, які порівнюватимуться з наявними фактичними за цей період.

У табл. 3.17 навпроти кожного виду продукції подамо фактичні значення, а також прогнози, отримані за допомогою проведеного навчання нейронної мережі. Також у ній зобразимо абсолютні та середні абсолютні похибки прогнозів і визначимо точність отриманих прогнозних показників.

Таблиця 3.17

Прогнози, отримані за допомогою нейронних мереж

№ з/п	Товари	Фактичні та прогнозні значення, тис. т					Похибки прогнозів, %					Точність прогнозів	
		2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	Середня		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
в Україні													
1	М'ясо	527,7	621,8	765,95	972,11	–							
		532,20	493,71	493,71	493,71	493,71	-0,85	20,60	35,54	49,21	26,55	задов.	
2	Ковб. вироби	332,0	309,0	301,0	330,0	–							
		194,48	187,39	187,39	187,39	187,39	41,42	39,36	37,74	43,22	40,43	погана	
3	Тваринне масло	116,0	120,0	104,0	100,0	–							
		133,21	130,91	130,91	130,91	130,91	-14,84	-9,09	-25,88	-30,91	20,18	задов.	
4	Прод. з незб. молока	1 277,9	1 464,8	1 447,7	1 507,8	–							
		992,56	880,28	880,28	880,28	880,28	22,33	39,90	39,19	41,62	35,76	задов.	
5	Жирні сири	224,0	274,0	217,0	246,0	–							
		187,95	82,53	82,53	82,53	82,53	16,09	69,88	61,97	66,45	53,60	незадов.	
6	Цукор-пісок	2 147,0	2 139,0	2 592,0	1 867,0	–							
		2 230,90	2 328,69	2 328,69	2 328,69	2 328,69	-3,91	-8,87	10,16	-24,73	11,92	добра	
7	Борошно	2 948,0	2 931,0	2 655,0	2 908,0	–							
		2 590,04	2 464,48	2 464,48	2 464,48	2 464,48	12,14	15,92	7,18	15,25	12,62	добра	
8	Хлібобул. вироби	2 307,0	2 264,0	2 151,0	2 034,0	–							
		2 428,64	2 559,97	2 559,97	2 559,97	2 559,97	-5,27	-13,07	-19,01	-25,86	15,80	добра	
9	Конд. вироби	554,0	568,0	544,0	585,0	–							
		770,88	676,95	676,95	676,95	676,95	-39,15	-19,18	-24,44	-15,72	24,62	задов.	
10	Макар. вироби	99,7	104,0	107,0	107,0	–							
		113,87	132,37	132,37	132,37	132,37	-14,21	-27,28	-23,71	-23,71	22,23	задов.	
на Волині													
1	М'ясо	19,8	22,2	26,8	31,4	–							
		15,79	15,79	15,79	15,79	15,79	20,25	28,87	41,08	49,71	34,98	задов.	
2	Ковб. вироби	17,0	13,9	15,1	17,3	–							
		8,66	7,48	7,48	7,48	7,48	49,06	46,19	50,46	56,76	50,62	незадов.	
3	Тваринне масло	3,7	4,3	4,3	5,3	–							
		4,67	5,14	5,14	5,14	5,14	-26,22	-19,53	-19,53	3,02	17,08	добра	
4	Прод. з незб. молока	37,1	40,9	24,6	29,7	–							
		25,51	15,55	15,55	15,55	15,55	31,24	61,98	36,79	47,64	44,41	погана	
5	Жирні сири	8,7	8,5	5,5	8,2	–							
		6,63	4,04	4,04	4,04	4,04	23,79	52,47	26,55	50,73	38,39	задов.	
6	Цукор-пісок	181,2	198,7	113,5	137,1	–							
		84,84	76,39	76,39	76,39	76,39	53,18	61,56	32,70	44,28	47,93	погана	
7	Борошно	78,1	72,3	58,6	70,6	–							
		83,06	83,06	83,06	83,06	83,06	-6,35	-14,88	-41,74	-17,65	20,16	задов.	
8	Хлібобул. вироби	48,7	46,6	46,5	47,1	–							
		49,90	49,51	49,51	49,51	49,51	-2,46	-6,24	-6,47	-5,12	5,07	висока	

Закінчення табл. 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	Конд. вироби	11,0	8,5	8,3	8,8	–						
		5,60	5,51	5,51	5,51	5,51	49,09	35,18	33,61	37,39	38,82	задов.
10	Макар. вироби	9,9	10,2	10,2	10,8	–						
		6,07	5,01	5,01	5,01	5,01	38,69	50,88	50,88	53,61	48,52	погана

Проаналізувавши таблицю, з'ясовуємо, що:

– в Україні у 2004 році висока точність прогнозів була характерна для трьох продуктів харчування, добра – для чотирьох, задовільна – для двох, погана – для одного й незадовільна – для жодного;

– у 2005 році висока точність прогнозів була характерна для двох продовольчих товарів, добра – для трьох, задовільна – для чотирьох, погана – для жодного й незадовільна – для одного;

– у 2006 році висока точність прогнозів була характерна для одного харчового продукту, добра – для двох, задовільна – для шести, погана – для жодного й незадовільна – для одного;

– у 2007 році висока точність прогнозів була характерна для жодного виду продукції, добра – для двох, задовільна – для чотирьох, погана – для трьох і незадовільна – для одного;

– загалом висока точність прогнозів була характерна для жодного продукту харчування, добра – для трьох, задовільна – для п'ятих, погана – для одного й незадовільна – для одного;

– на Волині у 2004 році висока точність прогнозів була характерна для двох продовольчих товарів, добра – для жодного, задовільна – для п'яти, погана – для двох і незадовільна – для одного;

– у 2005 році висока точність прогнозів була характерна для одного харчового продукту, добра – для двох, задовільна – для двох, погана – для одного й незадовільна – для чотирьох;

– у 2006 році висока точність прогнозів була характерна для одного, добра – для одного виду продукції, задовільна – для чотирьох, погана – для двох і незадовільна – для двох;

– у 2007 році висока точність прогнозів була характерна для двох продуктів харчування, добра – для одного, задовільна – для одного, погана – для трьох і незадовільна – для трьох;

– загалом висока точність прогнозів була характерна для одного продовольчого товару, добра – для одного, задовільна – для чотирьох, погана – для трьох і незадовільна – для одного.

Отримані нами прогностні значення відображають точкову оцінку. Але, як відомо, збіг фактичних даних із точковими прогностними значеннями малоімовірний, оскільки на них впливає велика кількість випадкових факторів. Тому на практиці, зазвичай, використовують інтервальні прогностні оцінки у вигляді “вилки” (мінімальна й максимальна величина), які з певною імовірністю визначають довірчі межі прогностного рівняння.

Отже, побудуємо інтервали довіри для лінійних прогнозів, отриманих методами екстраполяції тенденції та експоненційного згладжування Брауна.

Інтервали довіри прогнозу під час використання *методу екстраполяції тенденції* знайдемо за формулою

$$\hat{y}_{t+p}^{e(n)} = \hat{y}_{t+p} \pm t_T s_p,$$

де $\hat{y}_{t+p}^{e(n)}$ – верхній (нижній) інтервал довіри в $(t+p)$ -му періоді; \hat{y}_{t+p} – точковий прогноз у цьому ж періоді; p – величина горизонту прогнозування, або період упередження (у нашому випадку p , відповідно, набуде значення 1, 2, 3, 4, 5); t_T – табличне значення t -критерію Стюдента з $(n-1)$ ступенями свободи; s_p – стандартна похибка прогнозу, яка залежить від адекватності трендової моделі й обчислюється за формулою

$$s_p = s_y \sqrt{\frac{n+1}{n} + \frac{3(n+2p-1)^2}{n(n^2-1)}},$$

де n – довжина динамічного ряду (у нашому випадку – 9); s_y – середнє квадратичне відхилення фактичних рівнів динамічного ряду y_t від розрахункових \hat{y}_t , яке обчислюється за формулою

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{f}},$$

де f – число ступенів свободи, яке визначається залежно від кількості спостережень ряду (n) й кількості параметрів тренда, які оцінюються (для прямої лінії $f = n - 2$).

Інтервали довіри прогнозу під час використання *методу експоненційного згладжування Брауна* знайдемо за формулою

$$\hat{y}_{t+p}^{e(n)} = \hat{y}_{t+p} \pm \Delta t,$$

де $\hat{y}_{t+p}^{e(n)}$ – верхній (нижній) інтервал довіри в $(t+p)$ -му періоді; \hat{y}_{t+p} – точковий прогноз у цьому ж періоді; p – величина горизонту

прогнозування, або період упередження (у нашому випадку p , відповідно, набуде значення 1, 2, 3, 4, 5); Δt обчислюється за формулою

$$\Delta t = t_T D_{\text{зал}} \sqrt{\frac{(t_{n+p} - \bar{t})}{n \left(\frac{\sum t^2}{n} - \bar{t}^2 \right)} + \frac{1}{n} + 1},$$

де t_T – табличне значення t -критерію Стьюдента з $(n-1)$ ступенями свободи; $D_{\text{зал}}$ – середнє квадратичне відхилення фактичних рівнів динамічного ряду y_t від розрахункових \hat{y}_t (оцінка залишкової дисперсії), яке обчислюється за формулою

$$D_{\text{зал}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=2}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n-2}},$$

де n – довжина динамічного ряду (у нашому випадку – 9); \bar{t} – середній показник часу, який обчислюється за формулою

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} \quad [158, 64-69].$$

Слід зазначити, що в нашому випадку t -критерій Стьюдента з числом ступенів свободи $(n-1)=9-1=8$ та рівнем істотності 0,05 дорівнює 2,31. Ми не обирали рівень істотності 0,01, оскільки тут хоча й більша імовірність справдження (99 %), але надто великий діапазон значень інтервалу довіри.

Опис практичної реалізації розрахунків за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel* подано в додатку Т.

Проміжні результати опустимо, оскільки вони надто громіздкі. Кінцеві ж подамо в табл. 3.18, де відобразимо інтервали довіри та фактичні значення виробництва основних продуктів харчування в Україні й на Волині за 2004–2007 рр.

Таблиця 3.18

Інтервали довіри прогнозу виробництва продовольчих товарів, тис. т

№ з/п	Товари	В Україні					На Волині				
		інтервали довіри				фактичні значення	інтервали довіри				фактичні значення
		екстраполяція тенденції		експоненційне згладжування			екстраполяція тенденції		експоненційне згладжування		
		min	max	min	max		min	max	min	max	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	М'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	-162,71	759,99	91,45	1 017,44	527,7	2,68	18,17	6,09	24,06	19,8
		-237,26	739,24	94,15	1 074,14	621,8	0,98	17,38	5,80	24,82	22,2
		-314,90	721,58	93,75	1 133,93	765,95	-0,76	16,64	5,45	25,63	26,8
		-395,13	706,51	90,76	1 196,33	972,11	-2,55	15,95	5,05	26,50	31,4
		-477,52	693,60	85,60	1 260,89	–	-4,37	15,29	4,60	27,41	–

Закінчення табл. 3.18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Ковбасні вироби	54,17	354,39	149,85	441,90	332,0	6,41	24,38	6,47	27,26	17,0
		45,12	362,84	169,27	478,35	309,0	7,43	26,45	7,69	29,69	13,9
		35,06	372,30	187,71	515,77	301,0	8,40	28,59	8,84	32,19	15,1
		24,16	382,60	205,33	554,02	330,0	9,32	30,77	9,93	34,75	17,3
		12,55	393,60	222,27	592,95	–	10,19	33,00	10,97	37,36	–
3	Тваринне масло	20,86	219,14	34,34	260,25	116,0	1,17	8,05	-1,14	8,51	3,7
		10,28	220,12	30,14	269,22	120,0	0,85	8,13	-1,86	8,35	4,3
		-0,97	221,77	25,18	278,94	104,0	0,51	8,23	-2,62	8,22	4,3
		-12,77	223,97	19,58	289,30	100,0	0,15	8,35	-3,40	8,11	5,3
		-25,03	226,63	13,46	300,19	–	-0,23	8,49	-4,21	8,03	–
4	Продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	281,04	1 864,63	659,90	2 160,12	1 277,9	3,96	50,66	12,65	59,56	37,1
		261,24	1 937,16	737,65	2 325,34	1 464,8	4,41	53,84	15,53	65,18	40,9
		236,14	2 015,00	810,38	2 495,59	1 447,7	4,71	57,17	18,26	70,95	24,6
		206,59	2 097,28	878,90	2 670,05	1 507,8	4,87	60,63	20,85	76,86	29,7
		173,34	2 183,26	943,91	2 848,02	–	4,93	64,20	23,34	82,88	–
5	Жирні сири (у т. ч. бринза)	65,14	223,23	120,71	252,67	224,0	3,24	10,29	3,58	11,34	8,7
		72,61	239,92	141,49	281,15	274,0	3,73	11,19	4,20	12,41	8,5
		79,56	257,14	161,83	310,07	217,0	4,19	12,11	4,79	13,51	5,5
		86,06	274,81	181,80	339,35	246,0	4,64	13,06	5,36	14,63	8,2
		92,19	292,84	201,47	368,95	–	5,06	14,02	5,91	15,76	–
6	Цукор- пісок	-388,77	3 194,04	322,90	4 350,02	2 147,0	-0,85	270,50	58,09	389,70	181,2
		-677,12	3 114,57	305,78	4 567,69	2 139,0	-0,45	286,73	85,87	436,81	198,7
		-977,49	3 047,10	275,16	4 798,86	2 592,0	-0,96	303,86	112,53	485,03	113,5
		-1 287,91	2 989,69	233,24	5 041,32	1 867,0	-2,23	321,75	138,27	534,19	137,1
		-1 606,71	2 940,65	181,91	5 293,20	–	-4,13	340,28	163,23	584,12	–
7	Борошно	1 270,73	2 986,99	1 519,44	3 686,55	2 948,0	16,59	91,95	14,67	119,90	78,1
		896,99	2 713,30	1 277,16	3 570,61	2 931,0	7,47	87,22	8,60	119,97	72,3
		517,49	2 445,37	1 027,62	3 461,94	2 655,0	-1,91	82,74	2,18	120,39	58,6
		133,17	2 182,25	772,00	3 359,36	2 908,0	-11,50	78,47	-4,54	121,10	70,6
		-255,15	1 923,14	511,31	3 261,83	–	-21,27	74,38	-11,50	122,06	–
8	Хліб і хлібобу- лочні вироби	984,07	2 774,71	1 298,13	3 311,17	2 307,0	25,90	59,02	32,86	66,17	48,7
		740,83	2 635,88	1 173,29	3 303,69	2 264,0	24,15	59,20	33,11	68,36	46,6
		491,60	2 503,05	1 041,71	3 302,96	2 151,0	22,28	59,48	33,25	70,67	46,5
		237,34	2 375,24	904,47	3 307,89	2 034,0	20,32	59,86	33,30	73,07	47,1
		-21,10	2 251,61	762,53	3 317,51	–	18,28	60,32	33,27	75,55	–
9	Кондитерські вироби	778,06	1 081,22	709,64	1 154,61	554,0	3,32	11,25	1,51	13,83	11,0
		847,17	1 168,01	772,85	1 243,77	568,0	3,41	11,81	1,66	14,69	8,5
		915,27	1 255,81	834,57	1 334,41	544,0	3,47	12,38	1,76	15,59	8,3
		982,51	1 344,46	895,04	1 426,31	585,0	3,51	12,98	1,83	16,53	8,8
		1 049,05	1 433,83	954,48	1 519,24	–	3,54	13,60	1,87	17,50	–
10	Макаронні вироби	30,77	135,51	13,34	180,90	99,7	3,94	13,89	2,81	18,35	9,9
		15,30	126,15	0,26	177,59	104,0	4,49	15,02	3,77	20,20	10,2
		-0,52	117,14	-13,38	174,84	107,0	5,00	16,18	4,67	22,11	10,2
		-16,64	108,42	-27,49	172,56	107,0	5,49	17,36	5,53	24,07	10,8
		-33,00	99,94	-41,99	170,67	–	5,95	18,57	6,35	26,06	–

Міру якості інтервальних прогнозів визначатимемо як відносне число справджених випадків до загального числа прогнозних значень,

тобто $\eta = \frac{m}{m+n}$, де m – кількість прогнозів, підтверджених фактичними даними; n – кількість прогнозів, не підтверджених фактичними даними [162, 9].

Аналіз даних для країни дає такі оцінки: $\eta = 0$ – для кондитерських виробів; $\eta = 0,25$ – для борошна; $\eta = 0,50$ – для м'яса й жирних сирів; $\eta = 1$ – для всіх решти продовольчих товарів (за методом екстраполяції тенденції); $\eta = 0$ – для кондитерських виробів; $\eta = 1$ – для всіх решти продуктів харчування (за методом експоненційного згладжування Брауна).

А для регіону якість інтервальних оцінок краща: $\eta = 0$ – для м'яса; $\eta = 1$ – для всіх решти продовольчих товарів (за методом екстраполяції тенденції); $\eta = 0,50$ – для м'яса; $\eta = 0,75$ – для цукру-піску; $\eta = 1$ – для всіх решти продуктів харчування (за методом експоненційного згладжування Брауна).

Отже, на основі нашого дослідження можна зробити такі висновки:

1) за 2004–2007 роки в Україні стабільно зростає випуск м'яса та макаронних виробів; виробництво хліба і хлібобулочних виробів зменшується; у випуску всіх інших продуктів харчування чергуються зростання та спади;

2) за цей же період на Волині також стабільно зростає виробництво м'яса, тваринного масла та макаронних виробів; у випуску всіх інших продовольчих товарів чергуються зростання та спади; причому у 2007 році відбулося збільшення виробництва за всіма видами продукції харчової промисловості;

3) для країни трендові моделі найбільш точно описують випуск тваринного масла (середня абсолютна похибка – 4,80) та кондитерських виробів (13,91); експоненційного згладжування Брауна – м'яса (16,20), жирних сирів (13,55), цукру-піску (8,17), борошна (3,71), хліба і хлібобулочних виробів (1,44) та макаронних виробів (1,95); індексні – ковбасних виробів (4,57) та продукції з незбираного молока (4,19);

4) для регіону трендові моделі найбільш адекватно описують виробництво тваринного масла (середня абсолютна похибка – 11,34), жирних сирів (22,63), борошна (8,57) та макаронних виробів (5,97); експоненційного згладжування Брауна – м'яса (5,94), ковбасних виробів (15,79), продукції з незбираного молока (19,34), цукру-піску (20,69), хліба і хлібобулочних виробів (1,41) та кондитерських виробів (10,76);

5) відповідно для України найточнішими моделями прогнозу випуску продуктів харчування є: $524,75 + 29,70p$ – для м'яса; $290 \times \left(\frac{102,60}{100}\right)^p$ – для ковбасних виробів; $168 - 4,8t$ – для тваринного масла; $1309 \times \left(\frac{102,65}{100}\right)^p$ – для продукції з незбираного молока; $162,06 + 24,63p$ – для жирних сирів; $2135,91$ – для цукру-піску; $2961,20$ – для борошна; $2370,80 - 66,16p$ – для хліба і хлібобулочних виробів; $e^{6,56-1,10/t}$ – для кондитерських виробів; $107,15 - 3,61p + \frac{1}{2} \times 1,84p^2$ – для макаронних виробів;

б) для Волині найбільш адекватними моделями виробництва продовольчої продукції є: $15,58 + 2,09p + \frac{1}{2} \times 0,74p^2$ – для м'яса; $13,22$ – для ковбасних виробів; $e^{1,76-0,03t}$ – для тваринного масла; $27,61$ – для продукції з незбираного молока; $-0,17 + 0,69t$ – для жирних сирів; $149,00$ – для цукру-піску; $e^{4,23+0,74/t}$ – для борошна; $47,06$ – для хліба і хлібобулочних виробів; $7,17 + 0,50p$ – для кондитерських виробів; $0,57 + 0,84t$ – для макаронних виробів;

7) індексний метод прогнозування доцільно застосовувати для прогнозування випуску харчових продуктів поряд з іншими оцінками, але тільки на короткостроковий період;

8) прогнози виробництва продукції харчової промисловості України та Волинської області, отримані за допомогою нейронних мереж, поступають оцінкам, отриманим іншими методами. Причому їхня точність із часом зменшується, що можна пояснити недостатньою кількістю членів динамічних рядів, оскільки використання нейронних мереж потребує їхньої значної кількості для поділу на навчальну та контрольну вибірку;

9) точкові прогнозні дані слід поєднувати з інтервальними.

Дослідивши випуск продовольчих товарів по країні та регіону, підсумовуємо, що він є нестабільним. Адже, з одного боку, залежить від попиту на продукцію, а з іншого, – від постачання різними видами ресурсів. У свою чергу, попит на продукти харчування формують ринок споживачів, державні контракти й замовлення, портфель замовлень інших підприємств-споживачів та власні потреби підприємства [177, 50]. А забезпечення ресурсами підприємств цього виду діяльності залежить від поголів'я худоби та птиці, надоїв молока, урожайності сільськогосподарських культур тощо.

Саме тому під час прогнозування виробництва продовольчих товарів досить ризиковано покладатись тільки на дані за попередні роки. Тут повинна також враховуватись інформація про споживання продуктів харчування, доходи та структуру витрат населення за відповідний період, ціни на продовольчі товари, кількість підприємств, які випускають таку продукцію, інвестиції в їхню діяльність й інші фактори.

3.3. Передбачення виробництва продукції в харчовій промисловості на основі нечітких множин

Для прогнозування виробництва продуктів харчування в Україні та Волинській області, поряд із класичними (екстраполяція тенденції та експоненційне згладжування Брауна), рідко використовуваним (імовірнісний) та порівняно новим (нейронних мереж) методами доцільно застосовувати також і метод нечітких множин, за допомогою якого можна отримати інтервальні прогнозні дані.

Використанню нечітких мір й інтегралів для розв'язання слабо структурованих завдань присвятили наукові публікації С. Арапов, І. Арапова, Л. Б. Артеменко, В. М. Вовк, Л. Заде, С. І. Зайцев, Н. М. Зайцева, Ю. П. Зайченко, О. І. Захаревич, О. А. Ковальчик, А. В. Матвійчук, Н. В. Мица, В. І. Приймак, О. М. Рибицька, М. Є. Рогоза, А. А. Скляр, М. Солянченко, М. С. Сявавко, В. М. Цицак й ін. [99–100; 170–171; 174; 178–188]. Так, зокрема, їх застосовують для моделювання виробничої програми підприємства [99]; гнучких обмежень попиту на продукцію [100]; попереднього аналізу емітента цінних паперів [170, 177–186]; оцінювання якості суспільного обслуговування [178], витрат на ремонт автошляхів [179], рівня фінансової стійкості підприємства [183]; прийняття наближених рішень [182; 184]; прогнозування прибутку підприємств грального бізнесу [185]; моніторингу регіонального ринку праці [186]; побудови системи інформаційного

забезпечення стратегічного управління [187]; прогнозування обсягу реалізації продукції хлібобулочними заводами [188] тощо. А засадничою роботою в теорії нечітких множин вважається опублікована в 1965 році книга американського математика Л. Заде “Fuzzy sets” – “Нечіткі множини”.

Нечіткою (під)множиною A на множині X вважається сукупність пар вигляду $(x, \mu_A(x))$, де $x \in X$, а μ_A – функція $x \rightarrow [0, 1]$, яка називається функцією належності нечіткої (під)множини A . Значення $\mu_A(x)$ для конкретного x вважається мірою належності цього елемента нечіткій (під)множині A [184, 490]. Причому рівень належності задається в діапазоні $[0, 1]$ [181, 225]. Найчастіше для формування функції належності вибирають трапецієподібний та трикутний способи.

Над нечіткими множинами, як і над звичайними, можна проводити різноманітні операції, зокрема доповнення (логічне заперечення), об'єднання (логічна зв'язка “або”), перетин (логічна зв'язка “і”), добуток, піднесення до степеня, концентрування (піднесення до степеня 2), розтягнення (піднесення до степеня 0,5), випукла комбінація [182, 39], різниця, Декартовий добуток тощо.

Під час прийняття рішень на основі нечітких множин використовують і нечіткі числа, і нечіткі інтервали.

Нечітке число – це випукла нормалізована нечітка (під)множина A множини дійсних чисел $X = R$, для якої існує тільки одне число x_0 із $\mu_A(x_0)=1$, і $\mu_A(x)$ є кусково-неперервною функцією.

Нечіткий інтервал – це випукла нормалізована нечітка (під)множина A множини дійсних чисел $X = R$, для якої існує більше як одне число із $\mu_A(x)=1$, і $\mu_A(x)$ є кусково-неперервною функцією [174, 84].

Оскільки доцільність зображення нечітких величин у формі трапецій полягає у зручності математичних розрахунків та значних можливостях із представлення функцій [185, 181], то показники випуску основних продовольчих товарів в Україні та на Волині подамо саме у формі трапецієподібних нечітких інтервалів такими четвірками:

$$\text{товар}_i = (\underline{m}_i; \overline{m}_i; a_i; b_i),$$

де \underline{m}_i – нижнє значення оптимістичної (з найбільшою мірою належності $\mu_A(x)=1$) оцінки параметра i ; \overline{m}_i – верхнє значення оптимістичної оцінки параметра i ; a_i – різниця між нижніми межами оптимістичної та песимістичної (з найменшою мірою належності

$\mu_A(x)=0$) оцінок параметра i ; b_i – різниця між верхніми межами песимістичної та оптимістичної оцінок параметра i .

При цьому виникає запитання, яким чином на основі рядів динаміки виробництва продовольчої продукції вибирати нижні та верхні значення оптимістичної та песимістичної оцінок.

Песимістичні оцінки зображатимемо як найменше та найбільше значення випуску продуктів харчування у країні та регіоні за аналізований період.

А для визначення оптимістичного інтервалу не застосовуватимемо якісь суб'єктивні оцінки на основі аналізу даних, а розробимо однозначний підхід, який використовуватиме математичний апарат. Основна його ідея полягає в тому, що найбільш імовірним, на нашу думку, є інтервал, який відповідає “золотій середині” впорядкованого за зростанням динамічного ряду:

1) якщо кількість членів такого ряду – парна (наприклад, 12) і її половина – також парна (6), то в оптимістичний інтервал входять центральні елементи, кількість яких дорівнює половині кількості членів ряду (6);

2) якщо кількість членів ряду – парна (наприклад, 10), а її половина – непарна (5), то в оптимістичний інтервал входять центральні елементи, кількість яких на 1 перевищуватиме половину кількості членів ряду (6);

3) якщо кількість членів ряду – непарна (наприклад, 11), а число, яке на 0,5 більше її половини – парне (6), то в оптимістичний інтервал входять центральні елементи, кількість яких буде на 0,5 менша від половини кількості членів ряду (5);

4) якщо кількість членів ряду – непарна (наприклад, 13) і число, яке на 0,5 перевищує її половину – також непарне (7), то в оптимістичний інтервал входять центральні елементи, кількість яких буде на 0,5 більша від половини кількості членів ряду (7).

Тобто оптимістична оцінка залежить не тільки від значення показників, а й їхньої кількості. Алгоритм обчислення меж оптимістичного інтервалу полягатиме у проходженні таких етапів:

- 1) розміщення елементів часового ряду в порядку зростання;
- 2) обчислення кількості елементів часового ряду n ;
- 3) визначення меж оптимістичного інтервалу, тобто з найбільшою мірою належності (формули див. на рис. 3.3).

Для прискорення обчислень спроектовано програму на алгоритмічній мові *Turbo Pascal 7*, яка автоматизує побудову трапецієподібних нечітких інтервалів для динамічних рядів (див. додаток У).

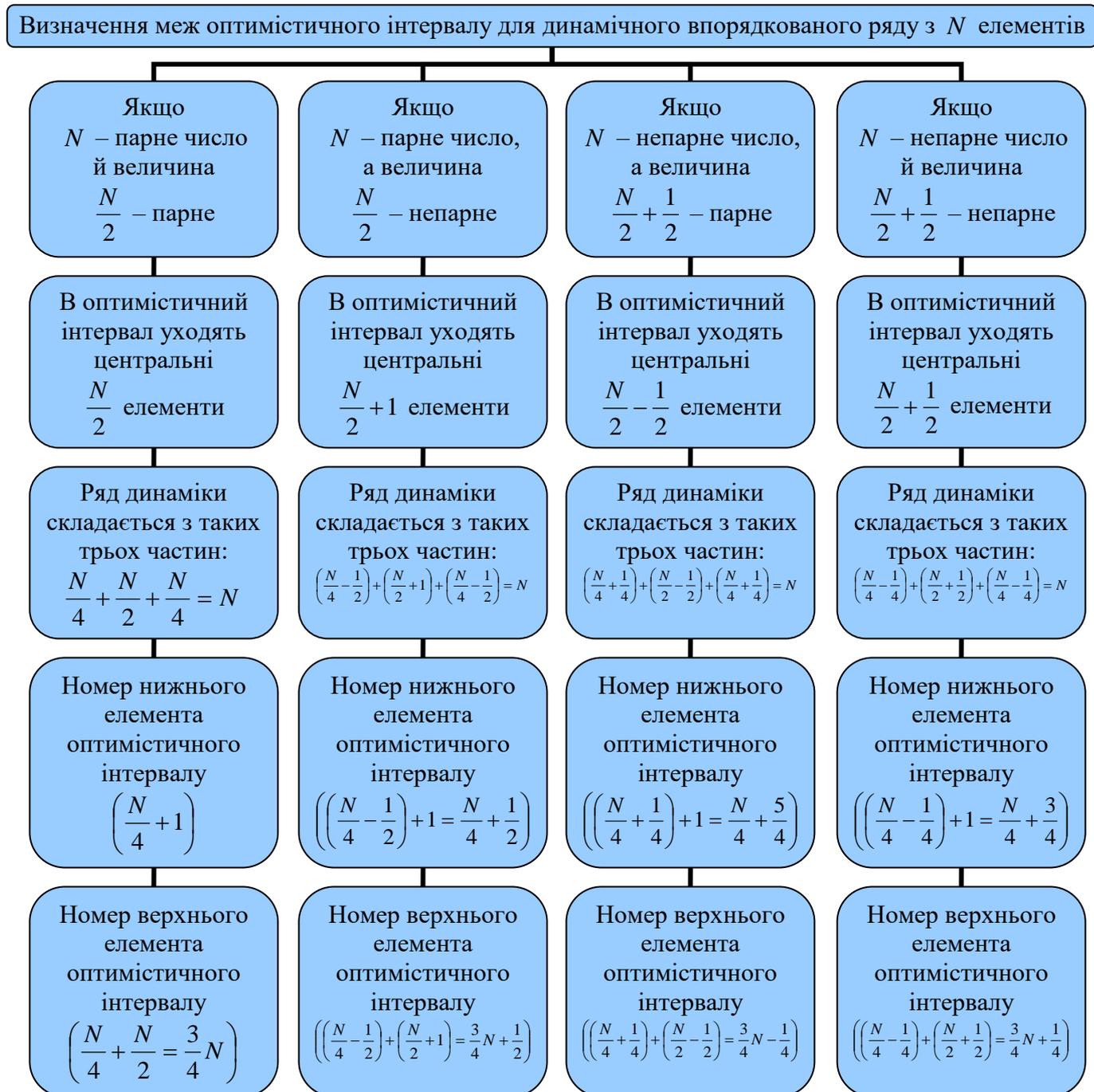


Рис. 3.3. Формули визначення меж оптимістичного інтервалу

До можливостей цієї мови належать:

- 1) її універсальність;
- 2) полегшення створення великих програм, які розробляють декілька програмістів;

- 3) реалізація декомпозиції завдань на незалежні (майже незалежні) підзавдання та підтримка надійного інтерфейсу між ними;
- 4) гнучка структуризація даних за рахунок використання масивів, записів, множин, файлів, динамічної пам'яті;
- 5) чітка дисципліна використання типів;
- 6) створення нових типів даних у широкому діапазоні;
- 7) надійна передача параметрів у підпрограми;
- 8) наявність ієрархії виконання операцій [189, 9].

Оскільки методика визначення оптимістичного інтервалу вимагає перевірки числа на парність, а в алгоритмічній мові *Turbo Pascal* для цього можуть використовуватись тільки команди *div* (ціла частина від ділення одного числа на інше) та *mod* (залишок від ділення одного числа на інше), то алгоритм на цій мові набере такого вигляду (див. рис. 3.4).

Визначення меж оптимістичного інтервалу для динамічного впорядкованого ряду з N елементів

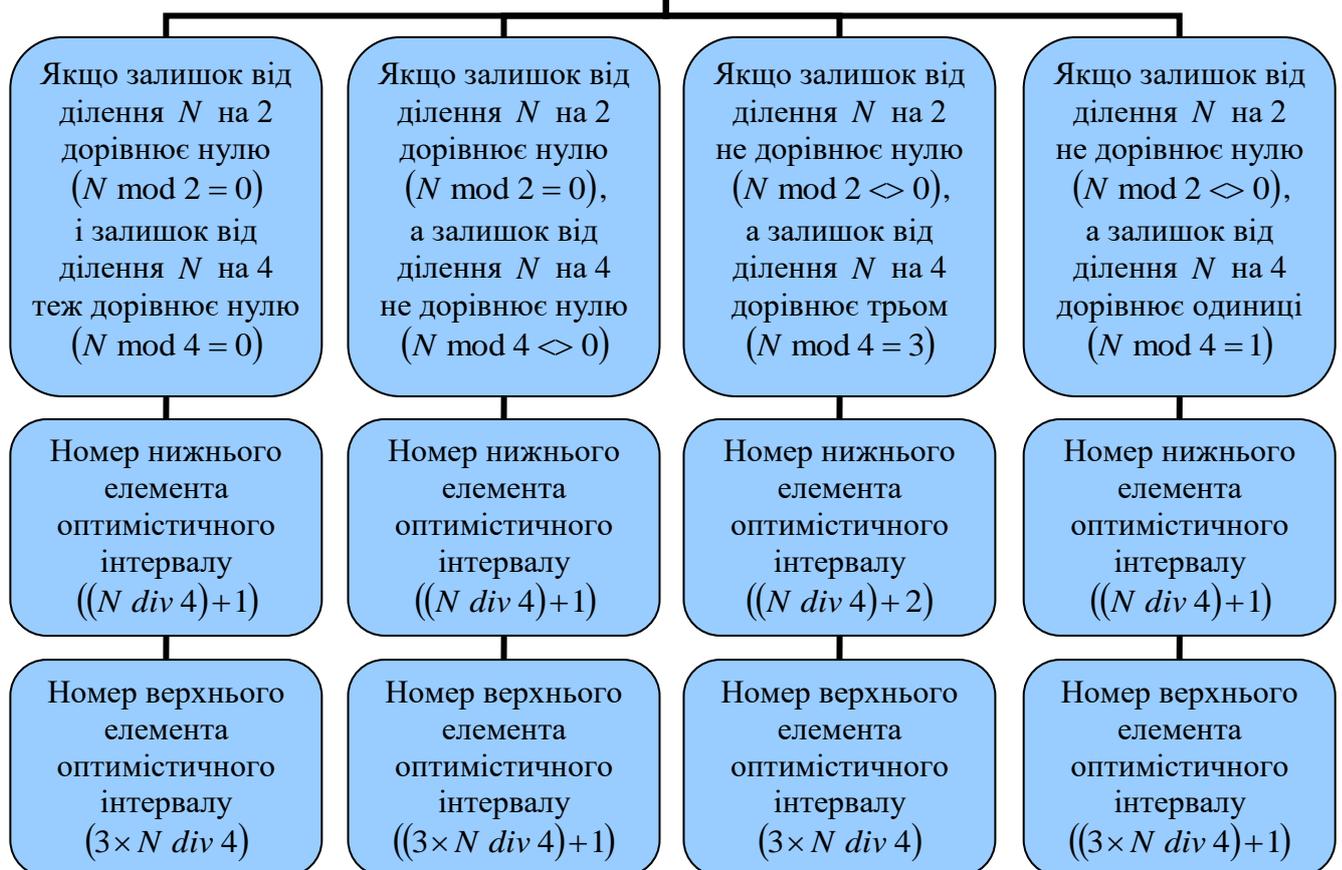


Рис. 3.4. Формули визначення меж оптимістичного інтервалу в алгоритмічній мові *Turbo Pascal*

Отже, побудуємо нечіткі інтервали виробництва продовольчої продукції в Україні та на Волині спочатку на основі інформації за 1995–2003 рр. та 1990 рік (оскільки саме тоді показники випуску

продуктів харчування були максимальними майже за всіма видами), а потім поетапно додаватимемо дані за 2004–2007 рр. (див. табл. 1.1–1.2). Процес прогнозування полягатиме в перевірці попадання фактичних даних за кожен наступний рік у межі нечітких інтервалів, побудованих на основі даних за попередні роки.

Відсортовані у порядку зростання вхідні дані для України, нечіткі інтервали $(\underline{m}_i; \overline{m}_i; a_i; b_i)$ та потрапляння фактичних даних у їхні межі зобразимо в табл. 3.19.

Таблиця 3.19

**Результати побудови нечітких інтервалів виробництва
продовольства для України, тис. т**

Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2003 роки										
Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10	Сума
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
332,0	155,0	109,0	662,0	46,3	1 621,0	2 819,0	2 358,0	283,0	107,0	–
396,0	160,0	113,0	691,0	52,0	1 780,0	2 984,0	2 427,0	315,0	111,0	–
400,0	167,0	117,0	699,0	52,7	1 858,0	2 986,0	2 450,0	328,0	115,0	–
420,0	175,0	131,0	700,0	59,0	1 947,0	3 076,0	2 464,0	401,0	117,0	–
457,0	206,0	135,0	915,0	67,5	1 984,0	3 368,0	2 510,0	515,0	142,0	–
553,0	209,0	148,0	1 021,0	73,5	2 034,0	3 890,0	2 676,0	668,0	155,0	–
568,0	213,0	158,0	1 179,0	105,0	2 486,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	–
760,0	277,0	163,0	1 293,0	129,0	3 296,0	4 965,0	3 452,0	757,0	172,0	–
946,0	290,0	222,0	1 309,0	169,0	3 894,0	5 319,0	4 114,0	860,0	223,0	–
2 710,0	900,0	444,0	6 432,0	184,0	6 791,0	7 671,0	6 701,0	1 111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2004 рік										
400,0	167,0	117,0	699,0	52,7	1 858,0	2 986,0	2 450,0	328,0	115,0	9 172,7
760,0	277,0	163,0	1 293,0	129,0	3 296,0	4 965,0	3 452,0	757,0	172,0	15 264,0
68,0	12,0	8,0	37,0	6,4	237,0	167,0	92,0	45,0	8,0	680,4
1 950,0	623,0	281,0	5 139,0	55,0	3 495,0	2 706,0	3 249,0	354,0	188,0	18 040,0
Фактичні дані за 2004 рік та попадання в межі інтервалів										
527,7	332,0	116,0	1277,9	224,0	2 147,0	2 948,0	2 307,0	554,0	99,7	10 533,3
оптим.	песим.	песим.	оптим.	–	оптим.	песим.	–	оптим.	–	оптим.
Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2004 роки										
332,0	155,0	109,0	662,0	46,3	1 621,0	2 819,0	2 307,0	283,0	99,7	–
396,0	160,0	113,0	691,0	52,0	1 780,0	2 948,0	2 358,0	315,0	107,0	–
400,0	167,0	116,0	699,0	52,7	1 858,0	2 984,0	2 427,0	328,0	111,0	–
420,0	175,0	117,0	700,0	59,0	1 947,0	2 986,0	2 450,0	401,0	115,0	–
457,0	206,0	131,0	915,0	67,5	1 984,0	3 076,0	2 464,0	515,0	117,0	–
527,7	209,0	135,0	1 021,0	73,5	2 034,0	3 368,0	2 510,0	554,0	142,0	–
553,0	213,0	148,0	1 179,0	105,0	2 147,0	3 890,0	2 676,0	668,0	155,0	–
568,0	277,0	158,0	1 277,9	129,0	2 486,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	–
760,0	290,0	163,0	1 293,0	169,0	3 296,0	4 965,0	3 452,0	757,0	172,0	–
946,0	332,0	222,0	1 309,0	184,0	3 894,0	5 319,0	4 114,0	860,0	223,0	–
2 710,0	900,0	444,0	6 432,0	224,0	6 791,0	7 671,0	6 701,0	1 111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2005 рік										
420,0	175,0	117,0	700,0	59,0	1 947,0	2 986,0	2 450,0	401,0	115,0	9 370,0
568,0	277,0	158,0	1277,9	129,0	2 486,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	13 172,9

Продовження табл. 3.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
88,0	20,0	8,0	38,0	12,7	326,0	167,0	143,0	118,0	15,3	936,0
2 142,0	623,0	286,0	5 154,1	95,0	4305,0	3 351,0	3 641,0	379,0	195,0	20 171,1
Фактичні дані за 2005 рік та попадання в межі інтервалів										
621,8	309,0	120,0	1 464,8	274,0	2 139,0	2 931,0	2 264,0	568,0	104,0	10 795,6
песим.	песим.	оптим.	песим.	–	оптим.	песим.	–	оптим.	песим.	оптим.
Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2005 роки										
332,0	155,0	109,0	662,0	46,3	1 621,0	2 819,0	2 264,0	283,0	99,7	–
396,0	160,0	113,0	691,0	52,0	1 780,0	2 931,0	2 307,0	315,0	104,0	–
400,0	167,0	116,0	699,0	52,7	1 858,0	2 948,0	2 358,0	328,0	107,0	–
420,0	175,0	117,0	700,0	59,0	1 947,0	2 984,0	2 427,0	401,0	111,0	–
457,0	206,0	120,0	915,0	67,5	1 984,0	2 986,0	2 450,0	515,0	115,0	–
527,7	209,0	131,0	1 021,0	73,5	2 034,0	3 076,0	2 464,0	554,0	117,0	–
553,0	213,0	135,0	1 179,0	105,0	2 139,0	3 368,0	2 510,0	568,0	142,0	–
568,0	277,0	148,0	1 277,9	129,0	2 147,0	3 890,0	2 676,0	668,0	155,0	–
621,8	290,0	158,0	1 293,0	169,0	2 486,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	–
760,0	309,0	163,0	1 309,0	184,0	3 296,0	4 965,0	3 452,0	757,0	172,0	–
946,0	332,0	222,0	1 464,8	224,0	3 894,0	5 319,0	4 114,0	860,0	223,0	–
2 710,0	900,0	444,0	6 432,0	274,0	6 791,0	7 671,0	6 701,0	1 111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2006 рік										
Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10	Сума
420,0	175,0	117,0	700,0	59,0	1 947,0	2 984,0	2 427,0	401,0	111,0	9 341,0
621,8	290,0	158,0	1 293,0	169,0	2 486,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	13 294,8
88,0	20,0	8,0	38,0	12,7	326,0	165,0	163,0	118,0	11,3	950,0
2 088,2	610,0	286,0	5 139,0	105,0	4 305,0	3 351,0	3 641,0	379,0	195,0	20 099,2
Фактичні дані за 2006 рік та попадання в межі інтервалів										
766,0	301,0	104,0	1 447,7	217,0	2 592,0	2 655,0	2 151,0	544,0	107,0	10 884,7
песим.	песим.	–	песим.	песим.	песим.	–	–	оптим.	песим.	оптим.
Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2006 роки										
332,0	155,0	104,0	662,0	46,3	1 621,0	2 655,0	2 151,0	283,0	99,7	–
396,0	160,0	109,0	691,0	52,0	1 780,0	2 819,0	2 264,0	315,0	104,0	–
400,0	167,0	113,0	699,0	52,7	1 858,0	2 931,0	2 307,0	328,0	107,0	–
420,0	175,0	116,0	700,0	59,0	1 947,0	2 948,0	2 358,0	401,0	107,0	–
457,0	206,0	117,0	915,0	67,5	1 984,0	2 984,0	2 427,0	515,0	111,0	–
527,7	209,0	120,0	1 021,0	73,5	2 034,0	2 986,0	2 450,0	544,0	115,0	–
553,0	213,0	131,0	1 179,0	105,0	2 139,0	3 076,0	2 464,0	554,0	117,0	–
568,0	277,0	135,0	1 277,9	129,0	2 147,0	3 368,0	2 510,0	568,0	142,0	–
621,8	290,0	148,0	1 293,0	169,0	2 486,0	3 890,0	2 676,0	668,0	155,0	–
760,0	301,0	158,0	1 309,0	184,0	2 592,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	–
765,95	309,0	163,0	1 447,7	217,0	3 296,0	4 965,0	3 452,0	757,0	172,0	–
946,0	332,0	222,0	1 464,8	224,0	3 894,0	5 319,0	4 114,0	860,0	223,0	–
2 710,0	900,0	444,0	6 432,0	274,0	6 791,0	7 671,0	6 701,0	1 111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2007 рік										
420,0	175,0	116,0	700,0	59,0	1 947,0	2 948,0	2 358,0	401,0	107,0	9 231,0
760,0	301,0	158,0	1 309,0	184,0	2 592,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	13 581,0
88,0	20,0	12,0	38,0	12,7	326,0	293,0	207,0	118,0	7,3	1 122,0
1 950,0	599,0	286,0	5 123,0	90,0	4 199,0	3 351,0	3 641,0	379,0	195,0	19 813,0
Фактичні дані за 2007 рік та попадання в межі інтервалів										
972,11	330,0	100,0	1 507,8	246,0	1 867,0	2 908,0	2 034,0	585,0	107,0	10 656,9

Закінчення табл. 3.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
песим.	песим.	–	песим.	песим.	песим.	песим.	–	оптим.	оптим.	оптим.
Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2007 роки										
332,0	155,0	100,0	662,0	46,3	1 621,0	2 655,0	2 034,0	283,0	99,7	–
396,0	160,0	104,0	691,0	52,0	1 780,0	2 819,0	2 151,0	315,0	104,0	–
400,0	167,0	109,0	699,0	52,7	1 858,0	2 908,0	2 264,0	328,0	107,0	–
420,0	175,0	113,0	700,0	59,0	1 867,0	2 931,0	2 307,0	401,0	107,0	–
457,0	206,0	116,0	915,0	67,5	1 947,0	2 948,0	2 358,0	515,0	107,0	–
527,7	209,0	117,0	1 021,0	73,5	1 984,0	2 984,0	2 427,0	544,0	111,0	–
553,0	213,0	120,0	1 179,0	105,0	2 034,0	2 986,0	2 450,0	554,0	115,0	–
568,0	277,0	131,0	1 277,9	129,0	2 139,0	3 076,0	2 464,0	568,0	117,0	–
621,8	290,0	135,0	1 293,0	169,0	2 147,0	3 368,0	2 510,0	585,0	142,0	–
760,0	301,0	148,0	1 309,0	184,0	2 486,0	3 890,0	2 676,0	668,0	155,0	–
765,95	309,0	158,0	1 447,7	217,0	2 592,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	–
946,0	330,0	163,0	1 464,8	224,0	3 296,0	4 965,0	3 452,0	757,0	172,0	–
972,11	332,0	222,0	1 507,8	246,0	3 894,0	5 319,0	4 114,0	860,0	223,0	–
2 710,0	900,0	444,0	6 432,0	274,0	6 791,0	7 671,0	6 701,0	1 111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2008 рік										
420,0	175,0	113,0	700,0	59,0	1 867,0	2 931,0	2 307,0	401,0	107,0	9 080,0
765,95	309,0	158,0	1 447,7	217,0	2 592,0	4 320,0	3 060,0	732,0	165,0	13 766,65
88,0	20,0	13,0	38,0	12,7	246,0	276,0	273,0	118,0	7,3	1 092,0
1 944,1	591,0	286,0	4 984,3	57,0	4 199,0	3 351,0	3 641,0	379,0	195,0	19 627,4

У ній: товар 1 – м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії);

– товар 2 – ковбасні вироби;

– товар 3 – тваринне масло;

– товар 4 – продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко);

– товар 5 – жирні сири (у т. ч. бринза);

– товар 6 – цукор-пісок;

– товар 7 – борошно;

– товар 8 – хліб і хлібобулочні вироби;

– товар 9 – кондитерські вироби;

– товар 10 – макаронні вироби.

Отож на першому етапі в шукані оптимістичні інтервали входять із третього по восьмий, на другому – з четвертого по восьмий, на третьому – з четвертого по дев'ятий, на четвертому – з четвертого по десятий, на п'ятому – з четвертого по одинадцятий елементи впорядкованих динамічних рядів.

Отримані дані засвідчують:

1) для країни у 2004 році в межі побудованих нечітких інтервалів потрапили сім показників виробництва продовольчих товарів,

причому чотири з них – у межі оптимістичних і три – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили три показники, що пов'язано з підвищенням випуску жирних сирів і зменшенням виробництва хліба та хлібобулочних та макаронних виробів; загальний показник випуску продовольства, який обчислюється як сума нечітких інтервалів за усіма видами, потрапив у межі оптимістичного інтервалу;

2) у 2005 році в межі побудованих нечітких інтервалів потрапили вісім показників, причому три з них – у межі оптимістичних і п'ять – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили два показники, що пов'язано з продовженням зростання виробництва жирних сирів і спадання випуску хліба та хлібобулочних виробів; загальний показник виробництва продуктів харчування потрапив у межі оптимістичного інтервалу;

3) у 2006 році в межі побудованих нечітких інтервалів потрапили сім показників, причому один з них – у межі оптимістичного й шість – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили три показники, що пов'язано зі зменшенням випуску тваринного масла, борошна, хліба та хлібобулочних виробів; загальний показник виробництва продовольчих товарів потрапив у межі оптимістичного інтервалу;

4) у 2007 році в межі побудованих нечітких інтервалів потрапили вісім показників, причому два з них – у межі оптимістичних і шість – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили два показники, що пов'язано з продовженням спадання випуску тваринного масла, хліба та хлібобулочних виробів; загальний показник виробництва продовольства потрапив у межі оптимістичного інтервалу.

Відсортовані в порядку зростання вхідні дані для Волині, нечіткі інтервали $(\underline{m}_i; \overline{m}_i; a_i; b_i)$ та потрапляння фактичних даних у їхні межі зобразимо в табл. 3.20.

Таблиця 3.20

**Результати побудови нечітких інтервалів виробництва
продовольства для Волині, тис. т**

Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2003 роки										
Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10	Сума
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12,3	3,0	4,0	8,2	1,3	67,8	63,5	39,9	3,9	1,8	–
12,5	3,1	4,0	9,4	1,5	67,9	70,3	41,5	4,3	2,1	–
13,2	4,0	4,0	9,7	1,5	70,5	74,8	42,7	4,3	2,7	–
13,6	4,7	4,7	12,4	1,7	71,0	83,0	44,5	4,6	2,8	–

Продовження табл. 3.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16,1	4,7	4,8	15,8	2,0	76,4	84,1	45,4	5,4	4,5	–
16,2	6,7	5,7	22,9	3,2	77,8	84,7	45,7	6,0	5,2	–
20,9	12,1	6,3	25,2	5,9	81,5	90,6	49,2	7,1	6,2	–
21,8	13,5	6,3	27,8	6,0	103,3	112,9	49,3	7,4	6,4	–
23,1	13,8	7,1	32,8	6,2	221,0	136,4	59,5	8,2	7,0	–
61,8	16,7	18,3	106,0	6,4	223,2	271,2	184,2	15,7	10,4	–
Нечіткі інтервали на 2004 рік										
13,2	4,0	4,0	9,7	1,5	70,5	74,8	42,7	4,3	2,7	227,4
21,8	13,5	6,3	27,8	6,0	103,3	112,9	49,3	7,4	6,4	354,7
0,9	1,0	0,0	1,5	0,2	2,7	11,3	2,8	0,4	0,9	21,7
40,0	3,2	12,0	78,2	0,4	119,9	158,3	134,9	8,3	4,0	559,2
Фактичні дані за 2004 рік та попадання в межі інтервалів										
19,8	17,0	3,7	37,1	8,7	181,2	78,1	48,7	11,0	9,9	415,2
оптим.	–	–	песим.	–	песим.	оптим.	оптим.	песим.	песим.	песим.
Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2004 роки										
12,3	3,0	3,7	8,2	1,3	67,8	63,5	39,9	3,9	1,8	–
12,5	3,1	4,0	9,4	1,5	67,9	70,3	41,5	4,3	2,1	–
13,2	4,0	4,0	9,7	1,5	70,5	74,8	42,7	4,3	2,7	–
13,6	4,7	4,0	12,4	1,7	71,0	78,1	44,5	4,6	2,8	–
16,1	4,7	4,7	15,8	2,0	76,4	83,0	45,4	5,4	4,5	–
16,2	6,7	4,8	22,9	3,2	77,8	84,1	45,7	6,0	5,2	–
19,8	12,1	5,7	25,2	5,9	81,5	84,7	48,7	7,1	6,2	–
20,9	13,5	6,3	27,8	6,0	103,3	90,6	49,2	7,4	6,4	–
21,8	13,8	6,3	32,8	6,2	181,2	112,9	49,3	8,2	7,0	–
23,1	16,7	7,1	37,1	6,4	221,0	136,4	59,5	11,0	9,9	–
61,8	17,0	18,3	106,0	8,7	223,2	271,2	184,2	15,7	10,4	–
Нечіткі інтервали на 2005 рік										
13,6	4,7	4,0	12,4	1,7	71,0	78,1	44,5	4,6	2,8	237,4
20,9	13,5	6,3	27,8	6,0	103,3	90,6	49,2	7,4	6,4	331,4
1,3	1,7	0,3	4,2	0,4	3,2	14,6	4,6	0,7	1,0	32,0
40,9	3,5	12,0	78,2	2,7	119,9	180,6	135,0	8,3	4,0	585,1
Фактичні дані за 2005 рік та попадання в межі інтервалів										
22,2	13,9	4,3	40,9	8,5	198,7	72,3	46,6	8,5	10,2	426,1
песим.	песим.	оптим.	песим.	песим.	песим.	песим.	оптим.	песим.	песим.	песим.
Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2005 роки										
12,3	3,0	3,7	8,2	1,3	67,8	63,5	39,9	3,9	1,8	–
12,5	3,1	4,0	9,4	1,5	67,9	70,3	41,5	4,3	2,1	–
13,2	4,0	4,0	9,7	1,5	70,5	72,3	42,7	4,3	2,7	–
13,6	4,7	4,0	12,4	1,7	71,0	74,8	44,5	4,6	2,8	–
16,1	4,7	4,3	15,8	2,0	76,4	78,1	45,4	5,4	4,5	–
16,2	6,7	4,7	22,9	3,2	77,8	83,0	45,7	6,0	5,2	–
19,8	12,1	4,8	25,2	5,9	81,5	84,1	46,6	7,1	6,2	–
20,9	13,5	5,7	27,8	6,0	103,3	84,7	48,7	7,4	6,4	–
21,8	13,8	6,3	32,8	6,2	181,2	90,6	49,2	8,2	7,0	–
22,2	13,9	6,3	37,1	6,4	198,7	112,9	49,3	8,5	9,9	–
23,1	16,7	7,1	40,9	8,5	221,0	136,4	59,5	11,0	10,2	–
61,8	17,0	18,3	106,0	8,7	223,2	271,2	184,2	15,7	10,4	–
Нечіткі інтервали на 2006 рік										
13,6	4,7	4,0	12,4	1,7	71,0	74,8	44,5	4,6	2,8	234,1

Закінчення табл. 3.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21,8	13,8	6,3	32,8	6,2	181,2	90,6	49,2	8,2	7,0	417,1
1,3	1,7	0,3	4,2	0,4	3,2	11,3	4,6	0,7	1,0	28,7
40,0	3,2	12,0	73,2	2,5	42,0	180,6	135,0	7,5	3,4	499,4
Фактичні дані за 2006 рік та попадання в межі інтервалів										
26,8	15,1	4,3	24,6	5,5	113,5	58,6	46,5	8,3	10,2	313,4
песим.	песим.	оптим.	оптим.	оптим.	оптим.	–	оптим.	песим.	песим.	оптим.
Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2006 роки										
12,3	3,0	3,7	8,2	1,3	67,8	58,6	39,9	3,9	1,8	–
12,5	3,1	4,0	9,4	1,5	67,9	63,5	41,5	4,3	2,1	–
13,2	4,0	4,0	9,7	1,5	70,5	70,3	42,7	4,3	2,7	–
13,6	4,7	4,0	12,4	1,7	71,0	72,3	44,5	4,6	2,8	–
16,1	4,7	4,3	15,8	2,0	76,4	74,8	45,4	5,4	4,5	–
16,2	6,7	4,3	22,9	3,2	77,8	78,1	45,7	6,0	5,2	–
19,8	12,1	4,7	24,6	5,5	81,5	83,0	46,5	7,1	6,2	–
20,9	13,5	4,8	25,2	5,9	103,3	84,1	46,6	7,4	6,4	–
21,8	13,8	5,7	27,8	6,0	113,5	84,7	48,7	8,2	7,0	–
22,2	13,9	6,3	32,8	6,2	181,2	90,6	49,2	8,3	9,9	–
23,1	15,1	6,3	37,1	6,4	198,7	112,9	49,3	8,5	10,2	–
26,8	16,7	7,1	40,9	8,5	221,0	136,4	59,5	11,0	10,2	–
61,8	17,0	18,3	106,0	8,7	223,2	271,2	184,2	15,7	10,4	–
Нечіткі інтервали на 2007 рік										
13,6	4,7	4,0	12,4	1,7	71,0	72,3	44,5	4,6	2,8	231,6
22,2	13,9	6,3	32,8	6,2	181,2	90,6	49,2	8,3	9,9	420,6
1,3	1,7	0,3	4,2	0,4	3,2	13,7	4,6	0,7	1,0	31,1
39,6	3,1	12,0	73,2	2,5	42,0	180,6	135,0	7,4	0,5	495,9
Фактичні дані за 2007 рік та попадання в межі інтервалів										
31,4	17,3	5,3	29,7	8,2	137,1	70,6	47,1	8,8	10,8	366,3
песим.	–	оптим.	оптим.	песим.	оптим.	песим.	оптим.	песим.	–	оптим.
Відсортовані вхідні дані за 1990, 1995–2007 роки										
12,3	3,0	3,7	8,2	1,3	67,8	58,6	39,9	3,9	1,8	–
12,5	3,1	4,0	9,4	1,5	67,9	63,5	41,5	4,3	2,1	–
13,2	4,0	4,0	9,7	1,5	70,5	70,3	42,7	4,3	2,7	–
13,6	4,7	4,0	12,4	1,7	71,0	70,6	44,5	4,6	2,8	–
16,1	4,7	4,3	15,8	2,0	76,4	72,3	45,4	5,4	4,5	–
16,2	6,7	4,3	22,9	3,2	77,8	74,8	45,7	6,0	5,2	–
19,8	12,1	4,7	24,6	5,5	81,5	78,1	46,5	7,1	6,2	–
20,9	13,5	4,8	25,2	5,9	103,3	83,0	46,6	7,4	6,4	–
21,8	13,8	5,3	27,8	6,0	113,5	84,1	47,1	8,2	7,0	–
22,2	13,9	5,7	29,7	6,2	137,1	84,7	48,7	8,3	9,9	–
23,1	15,1	6,3	32,8	6,4	181,2	90,6	49,2	8,5	10,2	–
26,8	16,7	6,3	37,1	8,2	198,7	112,9	49,3	8,8	10,2	–
31,4	17,0	7,1	40,9	8,5	221,0	136,4	59,5	11,0	10,4	–
61,8	17,3	18,3	106,0	8,7	223,2	271,2	184,2	15,7	10,8	–
Нечіткі інтервали на 2008 рік										
13,6	4,7	4,0	12,4	1,7	71,0	70,6	44,5	4,6	2,8	229,9
23,1	15,1	6,3	32,8	6,4	181,2	90,6	49,2	8,5	10,2	423,4
1,3	1,7	0,3	4,2	0,4	3,2	12,0	4,6	0,7	1,0	29,4
38,7	2,2	12,0	73,2	2,3	42,0	180,6	135,0	7,2	0,6	493,8

Отримані дані засвідчують:

1) для регіону у 2004 році в межі побудованих нечітких інтервалів потрапили сім показників випуску продуктів харчування, причому три з них – у межі оптимістичних і чотири – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили три показники, що пов'язано зі зростанням виробництва ковбасних виробів та жирних сирів і спаданням випуску тваринного масла; загальний показник виробництва продовольства потрапив у межі песимістичного інтервалу;

2) у 2005 році в межі побудованих нечітких інтервалів потрапили всі показники, причому два з них – у межі оптимістичних і вісім – песимістичних; загальний показник випуску продуктів харчування потрапив у межі песимістичного інтервалу;

3) у 2006 році в межі побудованих нечітких інтервалів потрапили дев'ять показників, причому п'ять з них – у межі оптимістичних і чотири – песимістичних; за межі нечіткого інтервалу потрапив один показник, що пов'язано зі зменшенням виробництва борошна; загальний показник випуску продовольчих товарів потрапив у межі оптимістичного інтервалу;

4) у 2007 році в межі побудованих нечітких інтервалів потрапили вісім показників, причому чотири з них – у межі оптимістичних і чотири – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили два показники, що пов'язано зі зростанням виробництва ковбасних та макаронних виробів; загальний показник випуску продовольства потрапив у межі оптимістичного інтервалу.

Отже отримані нечіткі інтервали достатньо добре описують показники виробництва основних продуктів харчування.

Нечіткі інтервали обсягів випуску продовольчих товарів для України / Волині на 2008 рік зобразимо за допомогою таких четвірок:

- $товар_1$ – (420; 765,95; 88; 1944,1), (13,6; 23,1; 1,3; 38,7);
- $товар_2$ – (175; 309; 20; 591), (4,7; 15,1; 1,7; 2,2);
- $товар_3$ – (113; 158; 13; 286), (4; 6,3; 0,3; 12);
- $товар_4$ – (700; 1447,7; 38; 4984,3), (12,4; 32,8; 4,2; 73,2);
- $товар_5$ – (59; 217; 12,7; 57), (1,7; 6,4; 0,4; 2,3);
- $товар_6$ – (1867; 2592; 246; 4199), (71; 181,2; 3,2; 42);
- $товар_7$ – (2931; 4320; 276; 3351), (70,6; 90,6; 12; 180,6);
- $товар_8$ – (2307; 3060; 273; 3641), (44,5; 49,2; 4,6; 135);

- товар₉ – (401; 732; 118; 379), (4,6; 8,5; 0,7; 7,2);
- товар₁₀ – (107; 165; 7,3; 195), (2,8; 10,2; 1; 0,6).

Отримані дані засвідчують, що найбільш імовірним у майбутньому є виробництво в країні від 420 до 765,95 тис. *t* м'яса (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії); від 175 до 309 тис. *t* ковбасних виробів; від 113 до 158 тис. *t* тваринного масла; від 700 до 1 447,7 тис. *t* продукції з незбираного молока (у перерахунку на молоко); від 59 до 217 тис. *t* жирних сирів (у т. ч. бринза); від 1 867 до 2 592 тис. *t* цукру-піску; від 2 931 до 4 320 тис. *t* борошна; від 2 307 до 3 060 тис. *t* хліба і хлібобулочних виробів; від 401 до 732 тис. *t* кондитерських виробів; від 107 до 165 тис. *t* макаронних виробів. Загальний випуск продовольства в Україні є сумою попередніх десяти четвірок:

$$S = (420; 765,95; 88; 1\,944,1) \oplus (175; 309; 20; 591) \oplus (113; 158; 13; 286) \oplus \\ \oplus (700; 1\,447,7; 38; 4\,984,3) \oplus (59; 217; 12,7; 57) \oplus (1\,867; 2\,592; 246; 4\,199) \oplus \\ \oplus (2\,931; 4\,320; 276; 3\,351) \oplus (2\,307; 3\,060; 273; 3\,641) \oplus (401; 732; 118; 379) \oplus \\ \oplus (107; 165; 7,3; 195) = (9\,080; 13\,766,65; 1\,092; 19\,627,4).$$

Графічно отриманий нечіткий інтервал зобразимо на рис. 3.5.

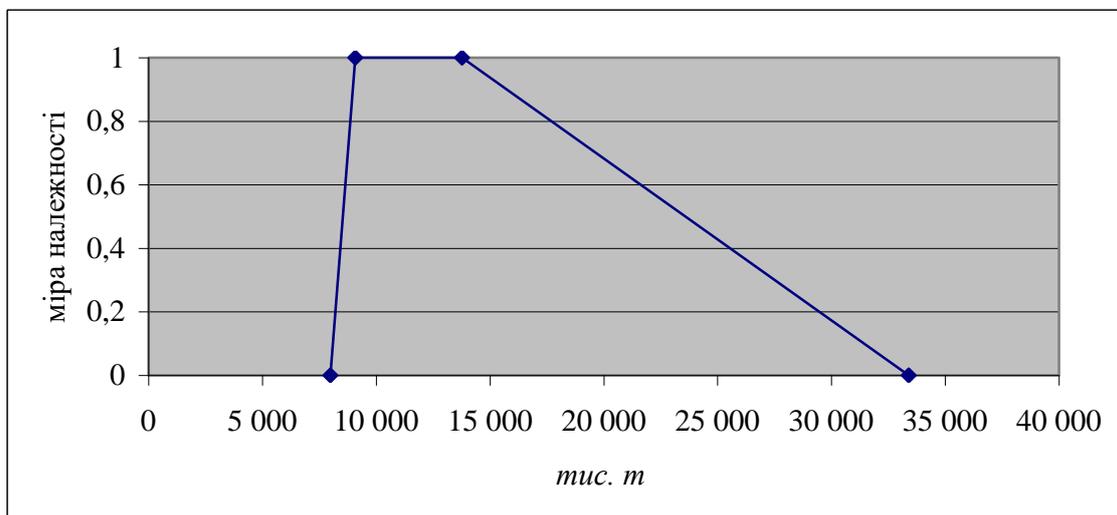


Рис. 3.5. Нечіткий інтервал загального виробництва продовольства в Україні

Із нього видно, що найбільш імовірним у наступні роки є загальне виробництво основних продуктів харчування в межах від 9 080 до 13 766,65 тис. *t*. У будь-якому випадку воно не може опуститися нижче 7 988 тис. *t* (9 080–1 092) чи піднятися вище 33 394,05 тис. *t* (13 766,65+19 627,4).

Найімовірніший випуск у регіоні становитиме від 13,6 до 23,1 тис. *t* м'яса (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії); від 4,7 до 15,1 тис. *t* ковбасних виробів; від 4 до 6,3 тис. *t* тваринного масла; від 12,4 до 32,8 тис. *t* продукції з незбираного молока (у перерахунку на молоко); від 1,7 до 6,4 тис. *t* жирних сирів (у т. ч. бринза); від 71 до 181,2 тис. *t* цукру-піску; від 70,6 до 90,6 тис. *t* борошна; від 44,5 до 49,2 тис. *t* хліба і хлібобулочних виробів; від 4,6 до 8,5 тис. *t* кондитерських виробів; від 2,8 до 10,2 тис. *t* макаронних виробів. Загальне виробництво продовольства на Волині є сумою інших десяти четвірок:

$$S = (13,6; 23,1; 1,3; 38,7) \oplus (4,7; 15,1; 1,7; 2,2) \oplus (4; 6,3; 0,3; 12) \oplus (12,4; 32,8; 4,2; 73,2) \oplus (1,7; 6,4; 0,4; 2,3) \oplus (71; 181,2; 3,2; 42) \oplus (70,6; 90,6; 12; 180,6) \oplus (44,5; 49,2; 4,6; 135) \oplus (4,6; 8,5; 0,7; 7,2) \oplus (2,8; 10,2; 1; 0,6) = (229,9; 423,4; 29,4; 493,8).$$

Графічно отриманий нечіткий інтервал зобразимо на рис. 3.6.

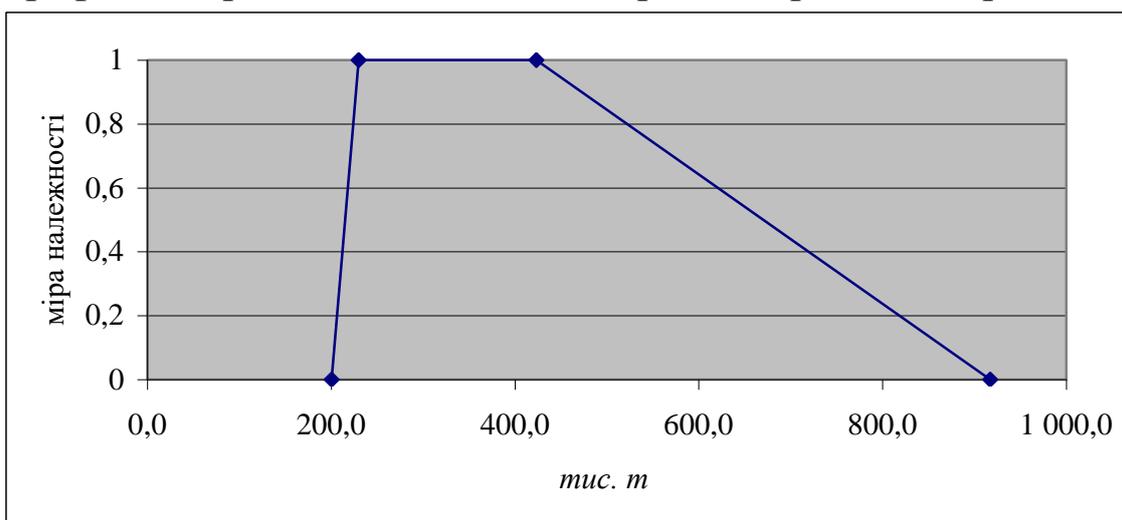


Рис. 3.6. Нечіткий інтервал загального виробництва продовольства на Волині

Рисунок показує, що найбільш імовірним у наступні роки є загальний випуск основних продуктів харчування в межах від 229,9 до 423,4 тис. *t*. У будь-якому випадку він не може опуститися нижче 200,5 тис. *t* (229,9 – 29,4) чи піднятися вище 917,2 тис. *t* (423,4 + 493,8).

Висновки до третього розділу

Одним із напрямів регуляторної політики держави у сфері виробництва продуктів харчування має бути введення сучасних механізмів спостереження і прогнозування в харчовій промисловості, зокрема прогнозування основних тенденцій розвитку, яке дасть змогу оперативно управляти продовольчою безпекою регіонів. Особливу увагу було зосереджено на застосуванні у процесі передбачення випуску харчової продукції класичних (екстраполяція тенденції та експоненційне згладжування Брауна), рідко використовуваного (імовірнісний) та порівняно нових (нейронних мереж, нечітких множин) методів прогнозування. Це дало змогу зробити такі висновки:

1) прогнозування виробництва продовольчих товарів в Україні та на Волині із застосуванням імовірнісного методу на основі закону розподілу Пуассона показує їхню нестабільність та неможливість передбачити для всіх видів навіть імовірність того, що прогнозуючий рівень перевищуватиме рівень попереднього року;

2) для визначення тенденції у випуску продуктів харчування на короткостроковий період (один рік) потрібно використовувати розроблений автором індексний метод прогнозування, який дає кращі результати, порівняно з класичними методами, а також метод нейронних мереж;

3) у довгостроковому періоді для передбачення виробництва продовольчих товарів доцільно поєднувати дані, отримані за допомогою екстраполяції тенденції та експоненційного згладжування Брауна, причому більшої ваги надавати останньому;

4) отримані точкові прогнозні значення потрібно доповнювати інтервальними, велика кількість яких справджується;

5) для прогнозування загального випуску основних продуктів харчування доцільно використовувати апарат нечіткої логіки.

Що ж до подальших наукових досліджень у сфері передбачення виробництва продукції підприємствами харчової промисловості, то їх, на нашу думку, доцільно проводити, використовуючи також інші методи прогнозування.

Основні наукові результати розділу опубліковано в роботах автора цієї монографії [190–195].

ВИСНОВКИ

У монографії подано теоретичне узагальнення і нове розв'язання наукового завдання щодо економіко-математичного моделювання випуску продукції в харчовій промисловості України, що полягає в оцінці виробничої діяльності харчової промисловості на загальнодержавному та регіональному (Волинська обл.) рівнях, а також розробці економіко-математичних моделей випуску продукції підприємствами цього виду економічної діяльності. Використання створених моделей дасть змогу підвищити ефективність функціонування підприємств харчової промисловості.

Основні науково-практичні результати дослідження дають підставу зробити такі висновки:

1. Харчова промисловість в Україні та Волинському регіоні є однією з найперспективніших. Загальну характеристику випуску, споживання, експорту та імпорту продуктів харчування в областях України доцільно проводити за допомогою інтегральних показників, які зводять ситуацію полікритеріального оцінювання до монотеріального, що значно спрощує їхній аналіз.

2. Оскільки виробництво продовольчих товарів пов'язане з кількістю населення та величиною території регіону, то класифікацію областей України за допомогою кластерного аналізу найкраще проводити у трьох напрямках: загальний випуск, виробництво на одного жителя та випуск на 1 км^2 площі. Причому поділ у кожному випадку доцільно робити на три кластери: регіони з великим, середнім та малим виробництвом продовольчої продукції у всеукраїнському масштабі. Отримані результати засвідчують, що лідерами, за цими показниками, є Дніпропетровська, Донецька, Київська, Вінницька, Харківська та Полтавська області. Західні ж регіони здебільшого потрапляють до останньої третьої групи.

3. Кластерний аналіз показників випуску продуктів харчування за 1995–2007 роки і для країни загалом, і для Волинської області показав доцільність їхнього поділу на дві групи – об'єкти з малим та великим виробництвом. Причому до першої належать сім продовольчих товарів: м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії), ковбасні вироби, тваринне масло, продукція з незбираного молока, жирні сири (у т. ч. бринза), кондитерські та макаронні вироби. Їхні значення для України не перевищували 1600 тис. *т*, а для Волинської

області – 41 тис. т. До другої групи належать цукор-пісок, борошно та хліб і хлібобулочні вироби, випуск яких перевищував вказані значення.

4. Дослідження цих показників за допомогою факторного аналізу виявило, що для економіки України загалом вони перебувають під впливом двох прихованих головних компонент, які було проінтерпретовано як фактори великого та середнього впливу, а для Волинської області трьох – максимального, середнього та мінімального впливу, залежно від того, скільки видів продукції потрапляє під їхній вплив. Відповідно, продовольчі товари, які сильно підпадають під вплив одного й того ж фактору, мають однакові тенденції випуску та подібні середні індекси виробництва.

5. Проведений аналіз наукової літератури засвідчує, що найбільш популярними серед моделей, які використовують у дослідженнях випуску продукції, є оптимізаційні й імітаційні. Основними критеріями ефективності, які застосовують для розв'язання завдання оптимізації виробництва, доцільно брати такі, як максимізація прибутку, максимізація чистого доходу, мінімізація повної собівартості продукції, максимізація випуску продукції, мінімізація витрат основної сировини, мінімізація затрат часу.

6. Практичну реалізацію економіко-математичної моделі, яка містить враховані в порядку спадання важливості шість критеріїв оптимальності, можна проводити за допомогою використання електронної таблиці *Microsoft Excel*. Для її автоматичного прогону доцільно спроектувати макрос на мові програмування прикладного рівня *VBA*. Результати експериментів показують, що застосування цієї моделі дасть змогу випускати оптимальну кількість товарів та збільшити за місяць прибуток на 6,1–10,6 %, а чистий дохід на 1,8–5,2 %.

7. Імітація діяльності хлібопекарських підприємств може відбуватись за допомогою імовірісно-автоматної моделі, яка дає змогу відтворювати динаміку замовлень на продукцію та її виробництва, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини. На основі розробленої моделі працівники відділу збуту можуть прогнозувати та планувати показники продажу товарів.

8. Для прогнозування показників випуску харчових продуктів в Україні та Волинській області в короткостроковому періоді доцільно використовувати розроблений автором індексний метод і метод нейронних мереж, а в довгостроковому – метод екстраполяції

тенденції та експоненційного згладжування Брауна. Причому для національної економіки трендові моделі найточніше описують випуск тваринного масла та кондитерських виробів, індексні – ковбасних виробів та продукції з незбираного молока, а експоненційного згладжування Брауна – усіх решти продуктів харчування. Для регіону трендові моделі найбільш адекватно описують виробництво тваринного масла, жирних сирів, борошна та макаронних виробів, а експоненційного згладжування Брауна – усіх решти продуктів харчування. Доцільно також визначати імовірності сприятливих тенденцій за допомогою імовірнісного методу на основі закону розподілу Пуассона. Для прогнозування загального виробництва основних продовольчих товарів потрібно використовувати апарат нечіткої логіки, зокрема для визначення оптимістичної оцінки параметрів, зображених за допомогою трапецієподібних нечітких інтервалів, можна використовувати алгоритм, розроблений автором.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Економічна енциклопедія: У 3 т. Т. 1 / С. В. Мочерний та ін.— К.: Вид. центр “Акад.”, 2000.— 864 с.
2. Борщевський П. П., Чернюк Л. Г., Шмаглій О. Б. Підвищення ефективності розвитку і розміщення харчової промисловості.— К.: Наук. думка, 1994.— 160 с.
3. Інструкція щодо складання форм державних статистичних спостережень зі структурної статистики № 1-підприємництво.— К., 2004.
4. Комплексная автоматизация управления. Решения корпорации ПАРУС.— К.: СП “Парус-Украина”, 2001.— 101 с.
5. Колотило Д. М., Соколовський А. Т., Гарбуз С. В. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч. посіб. / За наук. ред. Д. М. Колотила, А. Т. Соколовського.— К.: Вид-во КНЕУ, 2003.— 380 с.
6. Основи інформаційних систем: Навч. посіб. / В. Ф. Ситник, Т. А. Писаревська, Н. В. Єрґоміна, О. С. Краєва / За ред. В. Ф. Ситника.— 2-ге вид., переробл. і доп.— К.: Вид-во КНЕУ, 2001.— 420 с.
7. Федосеев В. В. Экономико-математические методы и модели в маркетинге.— М.: Финстатинформ, 1996.— 110 с.
8. Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении: Учеб. пособ. / Под ред. А. А. Емельянова.— М.: Финансы и статистика, 2003.— 268 с.: ил.
9. Хан Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга: Пер. с нем. / Под ред. и с предисл. А. А. Турчака, Л. Г. Головача, М. Л. Лукашевича.— М.: Финансы и статистика, 1997.— 800 с.: ил.
10. Ткаченко Т. І., Гаврилюк С. П. Економіка харчових виробництв: Опорний конспект лекцій для студентів з фаху 7.091711 “Технологія харчування” спеціалізації “Технологія громадського харчування, ресторанна справа та сервіс” для студ. денної та заочної форм навчання.— К.: Вид-во КНЕУ, 2001.— 197 с.
11. Bateman T. S. Management: building competitive advantage.— 3-rd ed.— Richard D. Irvin, a Times mirror higher education group, Inc. company, 1996.— 588 p.
12. Moore W. L., Pessemier E. A. Product planning and management: designing and delivering value.— McGraw-Hill, Inc., 1993.— 542 p.

13. Автоматизированные информационные технологии в экономике: Учебник / М. И. Семенов, И. Т. Трубилин, В. И. Лойко, Т. П. Барановская / Под общ. ред. И. Т. Трубилина.– М.: Финансы и статистика, 2002.– 416 с.: ил.
14. Основы социального управления: Учеб. пособ. / А. Г. Гладышев, В. Н. Иванов, В. И. Патрушев и др. / Под ред. В. Н. Иванова.– М.: Высш. шк., 2001.– 271 с.
15. Василенко В. О., Ткаченко Т. І. Виробничий (операційний) менеджмент: Навч. посіб. / За ред. В. О. Василенка.– К.: ЦУЛ, 2003.– 532 с.
16. Экономико-математические методы и модели: Учеб. пособ. / Н. И. Холод, А. В. Кузнецов, Я. Н. Жихар и др. / Под общ. ред. А. В. Кузнецова.– 2-е изд.– Мн.: Изд-во БГЭУ, 2000.– 412 с.
17. Турило А. М., Кравчук Ю. Б., Турило А. А. Управління витратами підприємства: Навч. посіб.– К.: Центр навч. л-ри, 2006.– 120 с.
18. Чернелевський Л. М., Осадча Г. Г. Управлінський облік на підприємствах харчової промисловості: Навч. посіб.– К.: Пектораль, 2005.– 364 с.
19. Ainsworth J. H. The CPA's guide to a successful financial planning practice, selling financial investments and marketing advisory services.– John Wiley & Sons, Inc., 1995.– 264 p.
20. Харчова промисловість України: стан та перспективи (стислий виклад) / За ред. акад. НАН України І. Р. Юхновського.– К.: ФАДА ЛТД, 2001.– 32 с.
21. Статистичний щорічник України за 2006 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Консультант, 2007.– 552 с.
22. Статистичний щорічник України за 2007 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Консультант, 2008.– 260 с.
23. Борщевський П., Сичевський М., Троян В. Харчова промисловість України: сучасні тенденції та перспективи розвитку // Економіка України.– 2003.– № 8.– С. 45–49.
24. Стратегія економічного і соціального розвитку України (2004–2015 роки) “Шляхом європейської інтеграції” / А. С. Гальчинський, В. М. Геєць та ін.– К.: ІВЦ Держкомстату України, 2004.– 416 с.
25. Загорняк Н. Інвестиційна діяльність у харчовій промисловості в Україні // Економіка України.– 2003.– № 2.– С. 47–51.

-
26. Крисанов Д. Ф. Економіко-екологічні проблеми харчової промисловості України.– К.: Ін-т економіки НАН України, 2002.– 248 с.
 27. Крисанов Д. Інноваційний фактор розвитку харчової промисловості України // Економіка України.– 2007.– № 4.– С. 71–82.
 28. Крисанов Д. Ф. Інноваційно-технологічний розвиток підприємств харчової промисловості в контексті стратегічного розвитку АПК України // Фінансово-кредитне стимулювання економічного зростання // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 3–5 черв. 2005 р.– Луцьк: РВВ “Вежа”, 2005.– С. 180–182.
 29. Ліпич Л. Г. Поведінка населення на ринку продовольчих товарів // Регіон. економіка.– 2002.– № 2.– С. 124–133.
 30. Півень М. П., Соколик М. П. Фактори розвитку ринку продовольчих товарів в Україні // Вісн. Ін-ту екон. прогнозування.– 2002.– № 2.– С. 24–31.
 31. Статистичний щорічник України за 2003 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Консультант, 2004.– 632 с.
 32. Статистичний щорічник України за 2000 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Техніка, 2001.– 600 с.
 33. Статистичний щорічник України за 2005 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Консультант, 2006.– 576 с.
 34. Волинь за роки незалежності: Статистичний збірник. Ювілейне видання.– Луцьк: Надстир’я, 2001.– 408 с.
 35. Статистичний щорічник Волинь–2002.– Луцьк: Гол. упр. статистики у Волин. обл., 2003.– 504 с.
 36. Статистичний щорічник Волинь–2003.– Луцьк: Гол. упр. статистики у Волин. обл., 2004.– 560 с.
 37. Статистичний щорічник Волинь–2004.– Луцьк: Гол. упр. статистики у Волин. обл., 2005.– 558 с.
 38. Статистичний щорічник Волинь–2005.– Луцьк: Гол. упр. статистики у Волин. обл., 2006.– 584 с.
 39. Статистичний щорічник Волинь–2006.– Луцьк: Гол. упр. статистики у Волин. обл., 2007.– 558 с.
 40. Статистичний щорічник Волинь–2007.– Луцьк: Гол. упр. статистики у Волин. обл., 2008.– 602 с.
 41. Приймак В. І. Модель оцінки ефективності використання трудового потенціалу регіону // Вісн. Львів. ун-ту: Сер. екон.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка.– 2007.– Вип. 37 (2).– С. 42–45.
 42. Монахов А. В. Математические методы анализа экономики.–

-
- СПб.: Питер, 2002.– 176 с.: ил.– (Сер. “Кратний курс”).
43. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 квіт. 2000 р. № 656 “Про затвердження наборів продуктів харчування, наборів непродовольчих товарів та наборів послуг для основних соціальних і демографічних груп населення”.
 44. Статистичний щорічник України за 2001 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Техніка, 2002.– 646 с.
 45. Статистичний щорічник України за 2002 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Консультант, 2003.– 664 с.
 46. Статистичний щорічник України за 2004 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Консультант, 2005.– 592 с.
 47. Україна за роки незалежності, 1991–2003.– 5-е вид., переробл. та доп.– К.: Нора-Друк, 2003.– 560 с.
 48. Толковый словарь по основам информационной деятельности.– К.: УкрИНТЭИ, 1995.– 252 с.
 49. Слейко В. І. Основи економетрії.– Л.: Марка ЛТД, 1995.– 192 с.
 50. Голиков А. П. Экономико-математическое моделирование мировых хозяйственных процессов: Учеб. пособ.– Х.: Изд-во ХНУ, 2003.– 104 с.
 51. Грабауров В. А. Информационные технологии для менеджеров.– М.: Финансы и статистика, 2002.– 368 с.: ил.– (Прикладные информационные технологии).
 52. Антонюк Л., Сацик В. Економетричні методи аналізу міжнародної конкурентоспроможності країн // Економіка України.– 2004.– № 4.– С. 46–52.
 53. Слейко Я. І., Грищук Р. Т. Класифікація споживачів електроенергії у Львівській області за 2000 рік за допомогою кластерного аналізу // Регіон. економіка.– 2002.– № 2.– С. 238–244.
 54. Завада О. П. Моделювання стану економічного розвитку України та транскордонних країн // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 219–220.
 55. Корчевська Л. О. Якісна оцінка трудового потенціалу країн на основі кластерного аналізу // Актуальні проблеми економіки.– 2006.– № 2.– С. 188–193.
 56. Кульбіда М. П., Козій С. О. Методи прогнозного оцінювання ефективності використання рибогосподарського природно-

-
- ресурсного потенціалу (на прикладі внутрішніх водойм Одеської області) // Регіон. економіка.– 2005.– № 3.– С. 119–127.
57. Макаренко М. В. Процес створення моделі ефективного функціонування промислових підприємств // Актуальні проблеми економіки.– 2004.– № 4.– С. 141–147.
58. Олексів І. Б., Подольчак Н. Ю. Напрями вдосконалення розвитку соціальної сфери (на прикладі Львівської області) // Регіон. економіка.– 2005.– № 2.– С. 103–114.
59. Подольчак Н. Ю. Оцінка економічного ризику підприємства на основі кластерного аналізу // Регіон. економіка.– 2002.– № 4.– С. 260–266.
60. Подольчак Н. Ю., Олексів І. Б. Розвиток системи управління організації на засадах кількісного аналізу економічного ризику // Актуальні проблеми економіки.– 2004.– № 7.– С. 177–184.
61. Скидан О. В., Світличин І. І. Удосконалення методології формування регіональної аграрної політики // Регіон. економіка.– 2005.– № 4.– С. 132–137.
62. Хміль Ф., Наконечна І. Кластерний аналіз як основа об'єктивної стратифікації підприємств // Економіка України.– 2006.– № 4.– С. 29–33.
63. Цапін А. О. Вивчення можливостей стратегічного управління на основі кластерної моделі розвитку // Наук. зап. Нац. ун-ту “Остроз. акад.”: Сер. “Економіка”.– 2003.– № 5.– С. 250–261.
64. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учеб. для вузов: В 2 т. Т. 1: Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Теория вероятностей и прикладная статистика.– 2-е изд., испр.– М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.– 656 с.
65. Бююль А., Цёфель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем.– СПб.: ООО “ДиаСофтЮП”, 2001.– 608 с.
66. <http://www.statsoft.ru> – сторінка компанії StatSoft Russia.
67. Иберла К. Факторный анализ: Пер с нем.– М.: Статистика, 1980.– 400 с.
68. Горкавий В. К., Ярова В. В. Математична статистика: Навч. посіб.– К.: ВД “Професіонал”, 2004.– 384 с.
69. Економічна енциклопедія: У 3 т. Т. 3 / С. В. Мочерний та ін.– К.: Вид. центр “Акад.”, 2000.– 952 с.

-
-
70. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ.— М.: Физматгиз, 1963.— 500 с., ил.
 71. Харман Г. Современный факторный анализ: Пер. с. англ.— М.: Статистика, 1972.— 486 с.
 72. Артеменко В. Б. Комплексне оцінювання ефективності соціально-економічного розвитку регіонів на основі критеріїв якості життя населення // Регіон. економіка.— 2005.— № 3.— С. 84–93.
 73. Садова У. Я., Семів Л. К. Факторний аналіз рівня життя населення в регіоні з пониженою місткістю ринку праці // Регіон. економіка.— 2005.— № 2.— С. 92–103.
 74. <http://www.software.basnet.by/Methmath/DocMath/ManSpss/Spss.htm> — сторінка електронного підручника-довідника по SPSS.
 75. Бабак В. П., Білецький А. Я., Приставка О. П., Приставка П. О. Статистична обробка даних: Монографія.— К.: МІВВЦ, 2001.— 388 с.
 76. <http://www.learnspss.ru> — сторінка навчання працювати з SPSS.
 77. <http://www.socd.univ.kiev.ua> — сторінка факультету соціології та психології КНУ ім. Тараса Шевченка.
 78. <http://www.library.graphicon.ru> — сторінка лабораторії комп'ютерної графіки при факультеті обчислювальної математики та кібернетики МДУ ім. М. В. Ломоносова.
 79. <http://www.psyfactor.org> — сторінка інформаційного ресурсного центру із практичної психології.
 80. Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. Анализ данных на компьютере / Под ред. В. Э. Фигурнова.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: ИНФРА-М, 2003.— 544 с., ил.
 81. Нанивская В. Г., Андропова И. В. Теория экономического прогнозирования: Учеб. пособ.— Тюмень: Изд-во Тюм. ГНГУ, 2000.— 98 с.
 82. Koutsoyiannis A. Theory of econometrics: an introductory exposition of econometric methods.— Macmillan publishers Ltd, 1985.— 681 p.
 83. Spanos A. Statistical foundations of econometric modelling.— Cambridge university press, 1987.— 695 p.
 84. Пашута М. Т. Прогнозування та програмування економічного і соціального розвитку: Навч. посіб.— К.: ЦУЛ, 2005.— 408 с.
 85. Миненко С. Н., Гамазина Г. И. Экономико-математическое моделирование: Учеб. пособ.— М.: Изд-во МГИУ, 2001.— 156 с.
 86. Mansfield E. Microeconomics: theory and applications.— 8-th ed.— W. W. Norton & Company, Inc., 1994.— 572 p.

-
-
87. ДСТУ 2960-94 “Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни та визначення”, набрав чинності 01.01.96 р.
 88. Пинегина М. В. Математические методы и модели в экономике: Учеб. пособ. для студ. вузов экон. спец. / М. В. Пинегина.— М.: Экзамен, 2004.— 128 с.
 89. ДСТУ 2962-94 “Організація промислового виробництва. Облік, аналіз та планування. Господарювання на промисловому підприємстві. Терміни та визначення”, набрав чинності 01.01.96 р.
 90. Карпов В. Г., Карнаухов Н. Н. Оптимизационные экономические расчеты с использованием табличных процессоров: Учеб. пособ.— Тюмень: Изд-во Тюм. ГНГУ, 2000.— 75 с.
 91. Кігель В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці: Монографія.— К.: ЦУЛ, 2003.— 202 с.
 92. Тоцька О. Л. Нобелівські лауреати з економіки: цікава статистика, або хто наступний? // Економіст.— 2004.— № 9.— С. 68–69.
 93. Орлов О. О. Планування діяльності промислового підприємства: Підручник.— К.: Скарби, 2002.— 336 с.
 94. Гукалюк А. Ф., Сенишин О. С. Моделювання процесу розробки оптимальної виробничої програми // Актуальні проблеми економіки.— 2006.— № 9.— С. 204–211.
 95. Карбовник М. М. Модель визначення оптимальної стратегії розвитку виробничо-торговельного підприємства // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.— Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.— С. 56–57.
 96. Олексів І. Б. Метод прийняття управлінських рішень на засадах компромісного розв’язання // Актуальні проблеми економіки.— 2004.— № 12.— С. 142–149.
 97. Прокопов С. В. Экономико-математическое моделирование промышленного производства: Учеб. пособ. для студ.— К.: Ин-т экономики НАН Украины, 2002.— 202 с.
 98. Цицак В. Моделювання виробничої програми підприємства // Філософія економіки Івана Франка й сучасні економічні проблеми // Матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф., Львів, 5–6 трав. 2006 р.— Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2006.— С. 252–253.

-
99. Цицак В. Моделювання виробничої програми підприємства за умов нечіткого попиту на продукцію // Вісн. Львів. ун-ту: Сер. екон.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка.– 2007.– Вип. 37 (2).– С. 390–397.
 100. Цицак В. Нечіткий підхід до моделювання гнучких обмежень попиту на продукцію у задачі пошуку оптимального плану виробництва // Нові обрії економічної науки // Матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф., Львів, 11–12 трав. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 262–263.
 101. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ. / Под ред. И. Ф. Шахнова.– М.: Радио и связь, 1981.– 560 с., ил.
 102. Пономаренко О. І., Пономаренко В. О. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі: Навч. посіб.– К.: Либідь, 1995.– 240 с.
 103. Петров Е. Г., Новожилова М. В., Гребеннік І. В. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах: Навч. посіб. / За ред. Е. Г. Петрова.– К.: Техніка, 2004.– 256 с.
 104. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством / Н. А. Саломатин, Г. В. Беляев, В. Ф. Петроченко, Е. В. Прошлякова.– М.: Машиностроение, 1984.– 208 с., ил.
 105. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. посіб.– К.: Вид-во КНЕУ, 2003.– 408 с.
 106. Erhorn C., Stark J. Competing by design: creating value and market advantage in new product development.– Oliver Wight publications, Inc., 1994.– 287 p.
 107. Rao M. J. M. Filtering and control of macroeconomic systems.– Amsterdam: Elsevier science publishers B. V., 1987.– 279 p.
 108. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука: Пер. с англ. / Под ред. Е. К. Масловского.– М.: Мир, 1978.– 418 с.
 109. Ульянченко О. В. Дослідження операцій в економіці: Підручник для студ. вузів / Вид-во Харк. нац. аграр. ун-ту ім. В. В. Докучаєва.– Х.: Гриф, 2002.– 580 с.
 110. Бакаев А. А., Костина Н. И., Яровицкий Н. В. Имитационные модели в экономике.– К.: Наук. думка, 1978.– 304 с.
 111. Дубров Я. О., Бойда Л. В., Рабик В. М. Принципы построения систем экономико-математических моделей: Препр. / Ин-т экономики АН УРСР.– К., 1976.– 67 с.

-
112. Кононенко О. Г. Економіко-математичне моделювання діяльності багатoproфільних фірм: Автореф. дис. ... канд. екон. наук.– К.: ТОВ “ВІТУС”, 2004.– 21 с.
 113. Кононенко О. Г., Ревін В. А. Комп’ютерне імітаційне моделювання діяльності багатoproфільних компаній // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем: Зб. наук. пр.– К.: Міжнар. наук.-навч. центр ЮНЕСКО інформац. технологій і систем НАН та МОН України, 2003.– Вип. 4.– С. 46–54.
 114. Костіна Н. І. Гроші та грошова політика: Навч. посіб.– К.: НІОС, 2001.– 224 с.
 115. Костіна Н. І., Алексєєв А. А., Василик О. Д. Фінансове прогнозування: методи та моделі: Навч. посіб.– К.: Т-во “Знання”, КОО, 1997.– 183 с.
 116. Костіна Н. І., Антонов В. М., Білоус В. Т. Менеджмент: перспективні інформаційні технології.– Ірпінь: Вид-во Нац. акад. держ. податк. служби України, 2002.– 374 с.
 117. Костіна Н. І., Карпець Е. П. Деякі фінансові аспекти моделювання динаміки місцевих ринків праці // Фінанси України.– 1996.– № 10.– С. 38–42.
 118. Костіна Н., Кононець О., Сучок С. Моделювання прибуткового податку з громадян за допомогою системи імовірнісних автоматів // Економіст.– 2002.– № 9.– С. 56–59.
 119. Костіна Н. І., Марахов К. С. Імітаційне моделювання фондового ринку України // Актуальні проблеми економіки.– 2003.– № 11.– С. 55–62.
 120. Костіна Н. І., Сучок С. В. Застосування імовірнісно-автоматного методу для обчислення Value at Risk // Фінансово-кредитне стимулювання економічного зростання // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 3–5 черв. 2005 р.– Луцьк: РВВ “Вежа”, 2005.– С. 718–719.
 121. Костіна Н. І., Сучок С. В. Оптимізація кількості комерційних банків на основі ймовірнісно-автоматної моделі // Актуальні проблеми економіки.– 2005.– № 2.– С. 128–139.
 122. Костіна Н. І., Сучок С. В. Прогнозування грошово-кредитних процесів методом імовірнісних автоматів // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.– 2005.– № 1.– С. 152–157.
 123. Костіна Н., Тарангул Л., Сучок С. Застосування автоматних моделей для прогнозування податкових надходжень // Економіст.– 2002.– № 2.– С. 36–39.

-
-
124. Костіна Н., Черняхівська П. Прогнозування надходження готівкових грошей до установи комерційного банку // Банк. справа.– 2000.– № 1.– С. 17–20.
 125. Позднякова Л. О. Оптимізація страхового підприємництва на основі імітаційного моделювання // Актуальні проблеми економіки.– 2003.– № 11.– С. 107–112.
 126. Титаренко Д. В. Имитационные модели в построении систем менеджмента качества // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 248–249.
 127. Удовенко В. Економіко-математична модель управління підприємством на основі методу Монте-Карло // Економіка України.– 2006.– № 3.– С. 86–89.
 128. Шиш І. М. Економіко-математичне моделювання процесів електронного бізнесу. Інформаційні технології // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 252–253.
 129. Емельянов А. А., Власова Е. А., Дума Р. В. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособ. / Под ред. А. А. Емельянова.– М.: Финансы и статистика, 2002.– 368 с.: ил.
 130. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование: Пер. с англ.– 3-е изд.– СПб.: Питер; К.: Изд. группа ВНУ, 2004.– 847 с.: ил.
 131. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании: Пер. с англ. / Ю. П. Адлер, К. Д. Аргунова, В. Н. Варыгин, А. М. Талалай / Под ред. и с предисл. Ю. П. Адлера и В. Н. Варыгина.– М.: Статистика, 1978.– Вып. 1.– 221 с., ил.
 132. Johnston J., DiNardo J. Econometric methods.– 4-th ed.– The McGraw-Hill Companies, Inc., 1997.– 531 p.
 133. Козлов А. Ю., Шишов В. Ф. Пакет анализа MS Excel в экономико-статистических расчетах: Учеб. пособ. для вузов / Под ред. проф. В. С. Мхитаряна.– М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.– 139 с.
 134. Бабак В. П., Хандецкий В. С., Шрюфер Е. Обробка сигналів: Підручник.– К.: Либідь, 1996.– 392 с.
 135. Тоцька О. Л. Динаміка виробництва продукції підприємствами харчової промисловості Волині // Реформування фінансово-кредитної системи і стимулювання економічного зростання // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 30–31 трав. 2003 р.– Луцьк: Підприємець Іванюк В. П., 2003.– С. 263.

-
-
136. Тоцька О. Л. Інтегральний показник виробництва продуктів харчування // Проблеми і перспективи функціонування інноваційної системи держави в умовах глобалізації // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 27–28 верес. 2007 р.– Луцьк: РВВ “Вежа”, 2007.– С. 279–281.
 137. Тоцька О. Л. Основи побудови економіко-математичних моделей // Реформування фінансово-кредитної системи і стимулювання економічного зростання // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 4–5 черв. 2004 р.– Луцьк: Підприємець Іванюк В. П., 2004.– С. 200–202.
 138. Тоцька О. Л. Підприємство як система управління // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.– 2003.– № 7.– С. 56–59.
 139. Тоцька О. Л. Споживання продуктів харчування в роки незалежності України // Ринкова трансформація економіки України: теорія, практика, перспективи // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 24–25 жовт. 2003 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2003.– С. 270–272.
 140. Тоцька О. Л. Харчова промисловість Волинської області: реалії та перспективи розвитку // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.– 2003.– № 12.– С. 206–209.
 141. Столяров Г. С., Ємшанов Д. Г., Ковтун Н. В. АРМ статистика: Навч. посіб.– К.: Вид-во КНЕУ, 1999.– 268 с.
 142. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посіб.– К.: Вид-во КНЕУ, 2001.– 170 с.
 143. Калініна І. О., Фордуй С. Г. Обробка економічної інформації в MS Excel: Навч. посіб.– Ч. 1. Механізми Excel для вирішення складних економічних задач.– Миколаїв: Вид-во УДМТУ, 2000.– 34 с.
 144. 27 положень (стандартів) бухгалтерського обліку.– К.: КНТ, 2004.– 116 с.
 145. Орлов О., Рясных Е. Всегда ли цель оправдывает средства? Как распределять условно-постоянные издержки // Економіст.– 2001.– № 5.– С. 45–49.
 146. Саймон Д. Программирование в Excel: наглядный курс создания интерактивных электронных таблиц: Пер. с англ.– М.: Изд. дом “Вильямс”, 2002.– 336 с.: ил.
 147. Роман С. Использование макросов в Excel: Пер. с англ.– 2-е изд.– СПб.: Питер, 2004.– 507 с.: ил.

-
-
148. Тоцька О. Л. Автоматизація ієрархічного методу кластерного аналізу за допомогою програмного пакета StatSoft Statistica 6.0 // Фінансово-кредитне стимулювання економічного зростання // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 3–5 черв. 2005 р.– Луцьк: РВВ “Вежа”, 2005.– С. 200–202.
 149. Тоцька О. Л. Автоматизація методу К-середніх кластерного аналізу за допомогою програмного пакета StatSoft Statistica 6.0 // Інтеграція країн з перехідною економікою у світовий економічний простір: стан і перспективи // Матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф., Львів, 13–14 трав. 2005 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2005.– С. 372–373.
 150. Тоцька О. Л. Імовірно-автоматне моделювання діяльності хлібопекарського підприємства // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.– 2007.– № 12.– С. 57–66.
 151. Тоцька О. Л. Кластерний аналіз економічних об’єктів за допомогою електронної таблиці Microsoft Excel // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.– 2005.– № 1.– С. 304–308.
 152. Тоцька О. Л. Кластерний аналіз областей України за випуском продуктів харчування // Регіон. економіка.– 2005.– № 3 (37).– С. 67–76.
 153. Тоцька О. Л. Кластерний аналіз основних продовольчих товарів // Регіон. економіка.– 2007.– № 2 (44).– С. 260–270.
 154. Тоцька О. Л. Прийняття компромісного рішення при багатокритеріальній оптимізації випуску продукції // Вісн. Львів. ун-ту: Сер. екон.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка.– 2007.– Вип. 37 (2).– С. 351–358.
 155. Єлейко В. І. Економіко-статистичні методи моделювання і прогнозування.– К.: НМК при Мінвузі УРСР, 1988.– 88 с.
 156. Кузьминых Н. Б. Экономико-математические методы и моделирование: Учеб. пособ.– Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000.– 104 с.
 157. Твердохліб І. П. Економіко-статистичне оцінювання точності прогнозів соціально-економічних процесів // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 247–248.
 158. Грабовецький Б. Є. Економічне прогнозування і планування: Навч. посіб.– К.: Центр навч. л-ри, 2003.– 188 с.

-
-
159. Письменная А. Б. Основы прогнозирования экономических процессов: Учеб. пособ.– Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2001.– 52 с.
 160. Статистика: Підручник / С. С. Герасименко та ін.– К.: Вид-во КНЕУ, 1998.– 468 с.
 161. Лук'яненко І. Г., Краснікова Л. І. Економетрика: Практикум з використанням комп'ютера.– К.: Т-во “Знання”; КОО, 1998.– 220 с.
 162. Черняк О. І., Ставицький А. В. Динамічна економетрика: Навч. посіб.– К.: КВІЦ, 2000.– 120 с.
 163. Статистика: теоретичні засади і прикладні аспекти: Навч. посіб. / Р. В. Фещур, А. Ф. Барвінський, В. П. Кічор та ін. / За наук. ред. Р. В. Фещура.– 2-е вид., оновл. і доп.– Л.: Інтеллект-Захід, 2003.– 576 с.
 164. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей: Пер. с англ.– М.: Изд. дом “Вильямс”, 2001.– 288 с.: ил.– Парал. тит. англ.
 165. Руденко О. Г., Бодяньський Є. В. Штучні нейронні мережі: Навч. посіб.– Х.: ТОВ “Компанія СМІТ”, 2006.– 404 с.
 166. Васильєва Н. К. Моделювання інноваційного розвитку трудових ресурсів агропромислового виробництва // Сучасний стан та проблеми інноваційного розвитку держави // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 6–7 жовт. 2006 р.– Луцьк: РВВ “Вежа”, 2006.– С. 323–324.
 167. Іванов М. М. Багатомірне прогнозування економічних показників на базі нейронних мереж в інформаційно-аналітичних системах // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 222–223.
 168. Кнышенко Т. Н. Применение нейросетевых технологий к решению задач классификации банков // Актуальні проблеми економіки.– 2005.– № 8.– С. 92–96.
 169. Лысенко Ю. Г. и др. Нейронные сети и генетические алгоритмы: Учеб. пособ. для студ. экон. спец. высш. шк.– Донецк: Юговосток, 2003.– 230 с.
 170. Матвійчук А. В. Аналіз і управління економічним ризиком: Навч. посіб.– К.: ЦНЛ, 2005.– 224 с.
 171. Матвійчук А. В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки: Монографія.– К.: ЦНЛ, 2005.– 206 с.

-
172. Павлов Р. А. Методика ранньої діагностики банкрутства банківських установ України з використанням карт Кохонена // Актуальні проблеми економіки.– 2007.– № 2.– С. 152–162.
173. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети.– Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999.– 320 с.
174. Сявавко М. С., Рибицька О. М. Моделювання за умов невизначеності.– Л.: НВФ “Укр. технології”, 2000.– 320 с.
175. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации: Пер. с пол.– М.: Финансы и статистика, 2004.– 344 с.: ил.
176. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов.– СПб.: Питер, 2001.– 656 с.: ил.
177. Бойчик І. М. Економіка підприємства: Навч. посіб.– К.: Атіка, 2002.– 480 с.
178. Agarova I., Arapov S., Solyanichenko M. Public service quality evaluation by methods of fuzzy logic. Conception // Сучасний стан та проблеми інноваційного розвитку держави // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 6–7 жовт. 2006 р.– Луцьк: РВВ “Вежа”, 2006.– С. 316–318.
179. Артеменко Л. Б., Захаревич О. І., Ковальчик О. А. Використання теорії нечітких множин при оцінці витрат на ремонт автошляхів // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 19–20.
180. Вовк В. М. Алгоритмізація пошуку рішень і формалізація нечітких умов // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 33–34.
181. Вовк В. М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах: Монографія.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– 584 с.
182. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ.– М.: Мир, 1976.– 168 с.
183. Зайцев С. І., Зайцева Н. М. Нечітко-множинна модель оцінки рівня фінансової стійкості підприємства // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 47–49.

-
184. Зайченко Ю.П. Исследование операций.– 3-е изд., перераб. и доп.– К.: Вища шк., 1988.– 552 с.
 185. Мица Н. В. Прогнозування прибутку підприємств грального бізнесу на основі нечіткої логіки // Наук. зап. Остроз. акад.: Сер. Економіка.– Острог: Вид-во “Остроз. акад.”.– 2003.– Вип. 5.– С. 179–184.
 186. Приймак В. І. Моніторинг регіонального ринку праці за умов неповноти первинної інформації // Регіон. економіка.– 2006.– № 2.– С. 98–107.
 187. Скляр А. А., Рогоза М. Є. Система інформаційного забезпечення стратегічного управління, побудована на апараті нечіткої логіки // Проблеми економічної кібернетики: Тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 242–243.
 188. Сявавко М. Застосування нечітких мір та інтегралів для розв’язання слабо структурованих задач економіки // Вісн. Львів. ун-ту: Сер. екон.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка.– 2007.– Вип. 37 (2).– С. 46–58.
 189. Васильев П. П. Турбо Паскаль в примерах и задачах: Освой самостоятельно: Учеб. пособ.– М.: Финансы и статистика, 2003.– 496 с.: ил.
 190. Тоцька О. Л. Використання програмного пакета Statgraphics для прогнозування економічних процесів // Економіка пост-комуністичних країн в умовах глобалізації // Матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф., Львів, 23–24 квіт. 2004 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2004.– С. 303–304.
 191. Тоцька О. Л. Індексний метод прогнозування // Нові обрії економічної науки // Матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф., Львів, 11–12 трав. 2007 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007.– С. 254–255.
 192. Тоцька О. Л. Оцінка якості прогнозів виробництва основних продуктів харчування // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.– 2006.– № 7.– С. 125–132.
 193. Тоцька О. Л. Побудова в Excel інтервалів довіри для прогнозів, отриманих методом експоненційного згладжування Брауна // Сучасний стан та проблеми інноваційного розвитку держави // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп., Луцьк, 6–7 жовт. 2006 р.– Луцьк: РВВ “Вежа”, 2006.– С. 327–328.

-
-
194. Тоцька О. Л. Прогнозування виробництва основних видів продовольчих товарів у Волинській області // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.– 2004.– № 5.– С. 220–223.
195. Тоцька О. Л. Розрахунок в Excel інтервалів довіри для прогнозів, отриманих методом найменших квадратів // Філософія економіки Івана Франка й сучасні економічні проблеми // Матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф., Львів, 5–6 трав. 2006 р.– Л.: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2006.– С. 235.

ДОДАТКИ

Додаток А
Відмінності назв найважливіших видів продукції харчової промисловості у статистичних щорічниках

Таблиця А.1

Відмінності назв найважливіших видів продукції харчової промисловості України

№ з/п	Назва до 2005 року	Назва з 2005 року
1	М'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	1. Яловичина й телятина, свіжі (парні) чи охолоджені 2. Яловичина й телятина, морожені 3. Свинина, свіжа (парна) чи охолоджена 4. Свинина, морожена 5. Баранина, свіжа (парна) чи охолоджена 6. Баранина, морожена 7. М'ясо і субпродукти харчові свійської птиці, свіжі (парні) чи охолоджені 8. М'ясо і субпродукти харчові свійської птиці, морожені
2	Ковбасні вироби	Вироби ковбасні
3	Тваринне масло	Масло вершкове
4	Продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	1. Молоко оброблене рідке 2. Вершки 3. Сир свіжий неферментований та сир кисломолочний 4. Продукти кисломолочні
5	Жирні сири (у т. ч. бринза)	Сири жирні
6	Цукор-пісок	Цукор-пісок
7	Борошно	Борошно
8	Хліб і хлібобулочні вироби	Вироби хлібобулочні
9	Кондитерські вироби	1. Шоколад й інші продукти харчові з вмістом какао, у брикетах, пластинах чи плитках 2. Вироби кондитерські з цукру (у т. ч. білий шоколад), без вмісту какао
10	Макаронні вироби	Вироби макаронні без начинки й без теплової обробки

Відмінності назв найважливіших видів продукції харчової промисловості Волині

№ з/п	Назва до 2004 року	Назва у 2004 році	Назва з 2005 року
1	М'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	М'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	М'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)
2	Ковбасні вироби	Ковбасні вироби	Ковбасні вироби
3	Тваринне масло	Масло вершкове	Масло вершкове
4	Продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	1. Молоко оброблене рідке 2. Сир свіжий неферментований та сир кисломолочний 3. Продукти кисломолочні 4. Морозиво	1. Молоко оброблене рідке 2. Сир свіжий неферментований та сир кисломолочний 3. Продукти кисломолочні 4. Морозиво й харчовий лід
5	Жирні сири (у т. ч. бринза)	Сири жирні	Сири жирні
6	Цукор-пісок	Цукор-пісок	Цукор-пісок, отриманий з цукру-сирцю тростинного чи бурякового
7	Борошно	Борошно	Борошно
8	Хліб і хлібобулочні вироби	Вироби хлібобулочні	Вироби хлібобулочні
9	Кондитерські вироби	1. Кондитерські вироби з вмістом какао 2. Кондитерські вироби без вмісту какао	1. Шоколад та інші продукти харчові з вмістом какао, у брикетах, пластинах чи плитках 2. Вироби кондитерські з цукру, у т. ч. білий шоколад, без вмісту какао
10	Макаронні вироби	Вироби макаронні	Вироби макаронні без начинки й без теплової обробки

Додаток Б
Набори продуктів харчування

Таблиця Б.1

Набори продуктів харчування з 1992 року (у розрахунку на одну особу, кг/рік)

№ з/п	Продукти харчування	Норма
1	Яловичина	6,72
2	Свинина	13,2
3	Кури	11,4
4	Ковбаса варена 1-го сорту	14,16
5	Масло вершкове	4,08
6	Олія	5,88
7	Молоко пастеризоване, л	121,68
8	Сметана	13,2
9	Сир жирний	5,4
10	Сир твердий	1,68
11	Яйця, штук	300
12	Цукор-пісок	19,68
13	Борошно пшеничне	18,36
14	Хліб пшеничний із борошна 1-го сорту	97,2
15	Манна крупа	6,6
16	Вермішель	6
17	Картопля	122,04
18	Цибуля	15,24
19	Буряк	7,56
20	Морква	7,56
21	Капуста	23,28
22	Яблука	14,88

Таблиця Б.2

**Набори продуктів харчування з 14 квітня 2002 р.
(у розрахунку на одну особу, кг/рік)**

Найменування продукту	Діти		Дорослі	
	до 6 років	6-18 років	працездатні	непрацездатні
1	2	3	4	5
Яловичина, баранина, телятина	11,7	18,3	16	12,9
Свинина	5,8	9,2	8	9,5
Птиця, кріль	5,8	9,2	14	5
Субпродукти (печінка, язик, мозок)	5,9	9,1	4	2
Ковбаса варена, сосиски, сардельки	4	6,3	9	6,6
Ковбаса напівкопчена	1,3	2,1		
Балик м'ясний, шинка, карбонат	1	1,5		
Сало	1	1,5	2	2
Масло вершкове	7,7	12,8	5	3,9
Молоко незбиране	91,3	82,1	60	83
Кисломолочні напої	91,3	82,1	65	22
Сир	18,25	20,7	10	7,6
Сметана	2,7	7,3	5	4
Сир твердий	1,8	4,3	3,5	–
Яйця, <i>шт.</i>	182,5	365	220	187,5
Риба свіжа, свіжоморожена	8,6	14,6	13	3,2
Рибопродукти	4,2	7,3		
Цукор	18,25	23,1	24	22,5
Кондитерські вироби	5,5	6,1	13	
Мед	1,1	1,1	–	–
Олія	3	5,1	7,1	6,7
Маргарин	–	–	2	1,5
Картопля	73	93,7	95	108
Капуста	16,4	21,9	28	27,5
Помідори, огірки	23	30,6	25	22
Морква, буряки	14,8	19,6	18	16
Цибуля	6,6	8,7	10	8
Інші овочі та баштанні	21,3	28,5	29	24,5
Яблука	27,4	30,4	Фрукти, ягоди свіжі – 60	Фрукти, ягоди свіжі – 31
Ягоди та виноград	8,2	9,1		
Цитрусові й інші тропічні плоди	5,5	6,1		
Кісточкові	5,5	6,1		
Груші	2,7	3		
Інші фрукти та горіхи	5,5	6,1		
Соки плодово-ягідні й овочеві	45,6	54,8		
Сухофрукти	3,65	5,5	4	1,8
Хліб пшеничний	29,2	51,1	62	62
Хліб житній	14,6	28	39	38
Борошно пшеничне	4,6	7,9	9	8,8
Борошно житнє	–	–	0,4	0,3
Крохмаль	0,7	1,1	–	–
Рисова крупа	1,3	1,8	2,5	2,3
Манна крупа	0,9	1,2	–	0,9
Пшоняна крупа	1,7	2,3	1	0,9

Закінчення табл. Б.2

1	2	3	4	5
Гречана крупа	2,4	3,4	2	2
Вівсяна крупа	0,7	0,9	1,1	1,1
Інші крупи	4,1	5,7	0,5	0,6
Бобові	0,6	0,8	1,9	1,9
Макаронні вироби	2,9	4	4	4,1

Таблицю підготував автор на основі [43]

Додаток В

**Алгоритм реалізації методу деревоподібної кластеризації
кластерного аналізу за допомогою програмного пакету
*StatSoft Statistica 6.0***

Для автоматизації методу деревоподібної кластеризації кластерного аналізу за допомогою програми *StatSoft Statistica 6.0* потрібно виконати такі дії:

1) завантажити програму:

Пуск → Програми → *STATISTICA 6.0* → *STATISTICA*;

2) створити файл із даними:

File (Файл) → *New* (Новий) → у рядку “*Number of variables*” увести кількість змінних → у рядку “*Number of cases*” увести кількість спостережень (випадків) → *OK* → заповнити створений файл даними;

3) стандартизувати дані, тобто провести т. зв. *z*-перетворення: виділити всі комірки з уведеними даними → *Data* (Дані) → *Standardize* (Стандартизувати) → *OK*;

4) вибрати метод кластерного аналізу:

виділити всі комірки зі стандартизованими даними → *Statistics* (Статистичні обчислення) → *Multivariate Exploratory Techniques* (Багатовимірні дослідницькі методи) → *Cluster Analysis* (Кластерний аналіз) → вибрати один із трьох методів кластерного аналізу (у нашому випадку – *Joining (tree clustering)*): *Joining (tree clustering)* – об’єднання (деревоподібна кластеризація), *K-means clustering* – *K*-середніх, *Two-way joining* – двохходове об’єднання → *OK*;

5) указати початкові параметри:

на вкладці “*Advanced*” заповнити вказані нижче рядки й натиснути “*OK*”:

у рядку “*Input file*” (Вхідний файл) вибрати одне з двох значень (у нашому випадку – *Raw data*):

- *Raw data* – неопрацьовані дані (типу “об’єкт-ознака”),
- *Distance matrix* – матриця відстані;

у рядку “*Cluster*” (Кластер) указати, що буде класифікуватись (у нашому випадку – *Cases (rows)*):

- *Variables (columns)* – змінні (колонки),
- *Cases (rows)* – спостереження (рядки);

у рядку “*Amalgamation (linkage) rule*” (Правило об’єднання) вибрати один з семи алгоритмів (у нашому випадку – *Single linkage*):

- *Single linkage* – одинарне об’єднання (метод ближнього сусіда),

Продовження додатка В

- *Complete linkage* – повне об'єднання (метод найбільш віддаленого сусіда),
- *Unweighted pair-group average* – незважене попарне групове середнє,
- *Weighted pair-group average* – зважене попарне групове середнє,
- *Unweighted pair-group centroid* – незважений попарний груповий центроїд,
- *Weighted pair-group centroid (median)* – зважений попарний груповий центроїд (медіана),
- *Ward's method* – метод Варда (Уорда);

у рядку “*Distance measure*” (Міра відстані) вказати одну із семи відстаней (у нашому випадку – *Euclidean distances*):

- *Squared Euclidean distances* – квадрат евклідових відстаней,
- *Euclidean distances* – евклідові відстані,
- *City-block (Manhattan) distances* – відстані міських кварталів (Манхеттенська),
- *Chebychev distance metric* – показник відстані Чебишева,
- *Power* – степенева відстань,
- *Percent disagreement* – процент незгоди,
- *1-Pearson* – коефіцієнт кореляції Пірсона;

у блоці “*MD (missing data) deletion*” (Вилучення відсутніх даних) поставити перемикач на одній із двох опцій (у нашому випадку – *Casewise*):

- *Casewise* – мудрий реєстр (видаляє рядки чи стовпці з відсутніми даними),
- *Mean substitution* – заміна середнім;

у рядку “*Batch processing and reporting*” (Обробка пакета даних і повідомлення) поставити за потреби прапорець;

б) ознайомитись із результатами:

Horizontal hierarchical tree plot – горизонтальний ієрархічний деревовидний графік,

Vertical icicle plot – вертикальний бурульковидний графік,

Rectangular branches – прямокутні гілки,

Scale tree to $dlink/dmax \times 100$ – дерево розмірності (у процентному співвідношенні),

Закінчення додатка В

Amalgamation schedule – список об'єднання,

Graph of amalgamation schedule – графік списку об'єднання,

Distance matrix – матриця відстані,

Descriptive statistics – описова статистика (середнє і стандартне відхилення),

Matrix – матриця;

7) зберегти результати:

File (Файл) → *Save* (Зберегти) → у рядку “Ім'я файла” ввести назву
→ Зберегти.

Додаток Г

Алгоритм реалізації методу K -середніх кластерного аналізу за допомогою програмного пакету *StatSoft Statistica 6.0*

Для автоматизації методу K -середніх кластерного аналізу за допомогою програми *StatSoft Statistica 6.0* потрібно виконати такі дії:

1) завантажити програму:

Пуск → Програми → *STATISTICA 6.0* → *STATISTICA*;

2) створити файл із даними:

File (Файл) → *New* (Новий) → у рядку “*Number of variables*” увести кількість змінних → у рядку “*Number of cases*” увести кількість спостережень (випадків) → *OK* → заповнити створений файл даними;

3) стандартизувати дані, тобто провести т. зв. z -перетворення: виділити всі комірки з уведеними даними → *Data* (Дані) → *Standardize* (Стандартизувати) → *OK*;

4) вибрати метод кластерного аналізу:

виділити всі комірки зі стандартизованими даними → *Statistics* (Статистичні обчислення) → *Multivariate Exploratory Techniques* (Багатовимірні дослідницькі методи) → *Cluster Analysis* (Кластерний аналіз) → вибрати один із трьох методів кластерного аналізу (у нашому випадку – *K-means clustering*): *Joining (tree clustering)* – об’єднання (деревоподібна кластеризація), *K-means clustering* – K -середніх, *Two-way joining* – двохходове об’єднання → *OK*;

5) указати початкові параметри:

на вкладці “*Advanced*” заповнити вказані нижче рядки й натиснути “*OK*”:

у рядку “*Cluster*” (Кластер) указати, що буде класифікуватись (у нашому випадку – *Cases (rows)*):

- *Variables (columns)* – змінні (колонки),
- *Cases (rows)* – спостереження (рядки);

у рядку “*Number of clusters*” увести кількість кластерів (за замовчуванням – 2, у нашому випадку – 3);

у рядку “*Number of iterations*” увести кількість ітерацій (за замовчуванням – 10);

у блоці “*Initial cluster centers*” (Центри початкового кластера) поставити перемикач на одній із трьох опцій (у нашому випадку – *Choose observations ...*):

- *Choose observations to maximize initial between-cluster distances* – вибрати спостереження для максимізації початкових міжгрупових дистанцій,

Закінчення додатка Г

- *Sort distances and take observations at constant intervals* – відсортувати відстані й узяти спостереження в постійних інтервалах,
- *Choose the first N (Number of clusters) observations* – вибрати перших *N* (кількість кластерів) спостережень;

у блоці “*MD (missing data) deletion*” (Вилучення відсутніх даних) поставити перемикач на одній із двох опцій (у нашому випадку – *Casewise*):

- *Casewise* – мудрий реєстр (видаляє рядки чи стовпці з відсутніми даними),

- *Mean substitution* – заміна середнім;

у рядку “*Batch processing and reporting*” (Обробка пакета даних і повідомлення) поставити за потреби прапорець;

б) ознайомитись із результатами:

Summary: cluster means & Euclidean distances – відомість: кластер середніх значень і евклідові відстані,

Analysis of variance – дисперсійний аналіз,

Graph of means – графік середніх значень,

Descriptive statistics for each cluster – описова статистика для кожного кластера,

Members of each cluster & distances – члени кожного кластера й відстані,

Save classifications and distances – зберегти класифікації та відстані;

7) зберегти результати:

File (Файл) → *Save* (Зберегти) → у рядку “Ім’я файла” ввести назву → Зберегти.

Додаток Д

Вхідні, проміжні та результатні дані кластерного аналізу областей України за загальним випуском основних продуктів харчування (показники p_{ij}^1)

Таблиця Д.1

Матриця вхідних даних (показники p_{ij}^1)

№ з/п	Область України	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Продукт 5	Продукт 6	Продукт 7	Продукт 8
1	АР Крим	8,9	2,2	9,0	0,0	11,8	130,1	91,6	0,0
2	Вінницька	7,9	66,3	253,3	14,0	14,8	137,3	84,3	344,8
3	Волинська	15,1	0,0	9,9	5,5	0,0	58,6	46,5	113,5
4	Дніпропетровська	52,9	173,0	38,5	2,2	56,9	170,8	243,0	0,0
5	Донецька	31,3	371,8	39,1	1,4	57,3	283,0	227,3	0,0
6	Житомирська	5,1	0,1	5,7	16,7	13,8	0,0	69,9	94,3
7	Закарпатська	0,8	0,0	3,0	0,0	1,0	33,2	16,1	0,0
8	Запорізька	8,0	303,2	13,7	16,6	8,2	123,6	75,9	0,0
9	Івано-Франківська	3,9	0,0	8,6	3,3	3,3	35,5	26,9	0,0
10	Київська	35,7	71,3	106,7	4,0	87,0	149,2	296,1	269,6
11	Кіровоградська	16,4	216,1	0,0	4,8	0,0	71,4	32,4	102,7
12	Луганська	22,1	75,6	48,9	3,2	5,9	106,7	100,2	0,0
13	Львівська	3,6	0,0	34,1	2,9	36,7	93,8	84,2	0,0
14	Миколаївська	3,1	59,7	15,1	8,8	25,8	81,2	47,2	0,0
15	Одеська	10,4	192,9	18,6	2,7	8,4	122,5	103,1	80,9
16	Полтавська	21,8	75,0	31,9	38,0	37,8	73,6	75,0	319,4
17	Рівненська	4,3	0,3	5,7	6,4	5,4	56,4	38,4	83,8
18	Сумська	4,2	3,8	48,7	16,5	11,2	89,9	69,9	83,5
19	Тернопільська	3,1	0,0	21,6	3,0	6,8	80,5	17,7	229,7
20	Харківська	19,3	191,9	32,9	10,0	61,9	180,2	129,5	200,6
21	Херсонська	0,2	168,3	13,2	15,8	19,6	83,5	45,8	0,0
22	Хмельницька	6,4	0,0	29,9	11,7	4,6	80,6	61,3	194,7
23	Черкаська	5,1	4,3	16,1	14,0	26,7	115,0	75,0	208,5
24	Чернівецька	8,0	38,3	0,0	0,0	0,0	26,2	26,0	0,0
25	Чернігівська	3,0	3,3	11,4	12,4	6,2	88,9	67,8	83,7

Матриця стандартизованих вхідних даних (показники p_{ij}^1)

№ з/п	Область України	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Продукт 5	Продукт 6	Продукт 7	Продукт 8
1	АР Крим	-0,2471	-0,7370	-0,4611	-1,0127	-0,3713	0,5350	0,0788	-0,8686
2	Вінницька	-0,3262	-0,1352	4,3076	0,6444	-0,2425	0,6583	-0,0247	2,2384
3	Волинська	0,2433	-0,7576	-0,4436	-0,3617	-0,8783	-0,6898	-0,5605	0,1542
4	Дніпропетровська	3,2335	0,8666	0,1147	-0,7523	1,5661	1,2321	2,2248	-0,8686
5	Донецька	1,5248	2,7332	0,1264	-0,8470	1,5833	3,1540	2,0023	-0,8686
6	Житомирська	-0,5477	-0,7567	-0,5256	0,9639	-0,2854	-1,6935	-0,2288	-0,0188
7	Закарпатська	-0,8879	-0,7576	-0,5783	-1,0127	-0,8353	-1,1248	-0,9914	-0,8686
8	Запорізька	-0,3183	2,0891	-0,3694	0,9521	-0,5260	0,4236	-0,1438	-0,8686
9	Івано-Франківська	-0,6427	-0,7576	-0,4689	-0,6221	-0,7365	-1,0854	-0,8384	-0,8686
10	Київська	1,8729	-0,0882	1,4460	-0,5392	2,8592	0,8621	2,9775	1,5608
11	Кіровоградська	0,3462	1,2713	-0,6368	-0,4446	-0,8783	-0,4705	-0,7604	0,0569
12	Луганська	0,7971	-0,0478	0,3177	-0,6339	-0,6248	0,1342	0,2007	-0,8686
13	Львівська	-0,6664	-0,7576	0,0288	-0,6694	0,6983	-0,0868	-0,0261	-0,8686
14	Миколаївська	-0,7059	-0,1971	-0,3421	0,0289	0,2301	-0,3026	-0,5506	-0,8686
15	Одеська	-0,1285	1,0535	-0,2737	-0,6931	-0,5174	0,4048	0,2418	-0,1396
16	Полтавська	0,7733	-0,0535	-0,0141	3,4850	0,7456	-0,4328	-0,1565	2,0096
17	Рівненська	-0,6110	-0,7548	-0,5256	-0,2552	-0,6463	-0,7274	-0,6753	-0,1134
18	Сумська	-0,6189	-0,7220	0,3138	0,9402	-0,3971	-0,1536	-0,2288	-0,1161
19	Тернопільська	-0,7059	-0,7576	-0,2152	-0,6576	-0,5861	-0,3146	-0,9688	1,2013
20	Харківська	0,5756	1,0441	0,0054	0,1709	1,7809	1,3931	0,6160	0,9391
21	Херсонська	-0,9353	0,8225	-0,3792	0,8574	-0,0363	-0,2632	-0,5704	-0,8686
22	Хмельницька	-0,4449	-0,7576	-0,0532	0,3721	-0,6806	-0,3129	-0,3507	0,8859
23	Черкаська	-0,5477	-0,7173	-0,3225	0,6444	0,2688	0,2763	-0,1565	1,0102
24	Чернівецька	-0,3183	-0,3981	-0,6368	-1,0127	-0,8783	-1,2447	-0,8511	-0,8686
25	Чернігівська	-0,7139	-0,7267	-0,4143	0,4550	-0,6119	-0,1707	-0,2586	-0,1143

Таблиця Д.3

Матриця евклідових відстаней (показники p_{ij}^1)

	Область 1	Область 2	Область 3	Область 4	Область 5	Область 6	Область 7	Область 8	Область 9	Область 10	Область 11	Область 12
Область 1	0,0000	5,9625	1,9689	4,8920	5,4712	3,1292	2,1308	3,4563	1,9773	5,7987	2,7509	1,5985
Область 2	5,9625	0,0000	5,5813	7,1778	7,3949	5,8793	6,4373	6,0597	6,2054	5,7933	5,9196	5,3803
Область 3	1,9689	5,5813	0,0000	5,5242	6,5449	1,9720	1,7732	3,5685	1,4674	6,1301	2,0661	1,9577
Область 4	4,8920	7,1778	5,5242	0,0000	3,1869	6,2465	6,4683	5,2811	6,1706	3,5858	5,2728	4,1147
Область 5	5,4712	7,3949	6,5449	3,1869	0,0000	7,2712	7,1869	4,8790	6,9794	4,8632	5,6530	5,0583
Область 6	3,1292	5,8793	1,9720	6,2465	7,2712	0,0000	2,4403	3,6668	2,0480	6,4536	3,0073	3,1524
Область 7	2,1308	6,4373	1,7732	6,4683	7,1869	2,4403	0,0000	3,9426	0,5093	7,1863	2,7029	2,7092
Область 8	3,4563	6,0597	3,5685	5,2811	4,8790	3,6668	3,9426	0,0000	3,6744	6,5083	2,3006	3,0017
Область 9	1,9773	6,2054	1,4674	6,1706	6,9794	2,0480	0,5093	3,6744	0,0000	6,9018	2,5328	2,4031
Область 10	5,7987	5,7933	6,1301	3,5858	4,8632	6,4536	7,1863	6,5083	6,9018	0,0000	6,3643	5,3593
Область 11	2,7509	5,9196	2,0661	5,2728	5,6530	3,0073	2,7029	2,3006	2,5328	6,3643	0,0000	2,2584
Область 12	1,5985	5,3803	1,9577	4,1147	5,0583	3,1524	2,7092	3,0017	2,4031	5,3593	2,2584	0,0000
Область 13	1,4408	5,6241	2,3079	5,0420	5,6946	2,7022	2,2129	3,5758	1,9916	5,4235	3,1087	2,1404
Область 14	1,7494	5,7639	1,9500	5,4142	5,9031	2,0669	1,8690	2,7376	1,5453	6,0663	2,3940	2,1545
Область 15	1,9883	5,4859	2,3697	4,5806	4,6196	3,3098	2,9231	2,1225	2,7486	5,5024	1,5510	1,7438
Область 16	5,6974	5,4953	4,6975	6,5015	7,3230	3,9534	5,9801	4,7915	5,5630	5,9753	4,9581	5,2618
Область 17	1,8759	5,7159	0,9423	5,9818	6,7290	1,6620	1,2317	3,4420	0,9338	6,4454	2,2860	2,3275
Область 18	2,3851	4,7683	1,9276	5,7123	6,3379	1,7620	2,6394	3,0631	2,2308	5,9000	2,8931	2,4131
Область 19	2,5587	5,0709	1,5906	6,3074	6,8676	2,6036	2,3009	4,0475	2,2333	6,2313	2,6286	2,9836
Область 20	3,7937	5,2602	4,1535	3,7267	3,6241	4,5655	5,1152	3,5705	4,8423	3,5990	3,7567	3,5776
Область 21	2,7533	5,8431	2,7044	5,7301	5,8123	2,3714	2,7557	1,6993	2,4531	6,4913	2,2912	2,7509
Область 22	2,4901	4,7500	1,3874	5,8829	6,5836	1,8654	2,5615	3,4991	2,2619	5,8602	2,5824	2,6041
Область 23	2,6301	4,8743	2,1907	5,5449	6,0685	2,3230	3,2152	3,4941	2,9147	5,2880	3,0307	2,9625
Область 24	2,1071	6,4517	1,5311	6,0348	6,8820	2,4006	0,7022	3,6777	0,6789	6,9590	2,2395	2,3437
Область 25	1,9007	5,4080	1,4452	5,7711	6,3658	1,6539	2,0684	3,0458	1,7106	6,1597	2,5330	2,3104

Закінчення табл. Д.3

	Область 13	Область 14	Область 15	Область 16	Область 17	Область 18	Область 19	Область 20	Область 21	Область 22	Область 23	Область 24	Область 25
Область 1	1,4408	1,7494	1,9883	5,6974	1,8759	2,3851	2,5587	3,7937	2,7533	2,4901	2,6301	2,1071	1,9007
Область 2	5,6241	5,7639	5,4859	5,4953	5,7159	4,7683	5,0709	5,2602	5,8431	4,7500	4,8743	6,4517	5,4080
Область 3	2,3079	1,9500	2,3697	4,6975	0,9423	1,9276	1,5906	4,1535	2,7044	1,3874	2,1907	1,5311	1,4452
Область 4	5,0420	5,4142	4,5806	6,5015	5,9818	5,7123	6,3074	3,7267	5,7301	5,8829	5,5449	6,0348	5,7711
Область 5	5,6946	5,9031	4,6196	7,3230	6,7290	6,3379	6,8676	3,6241	5,8123	6,5836	6,0685	6,8820	6,3658
Область 6	2,7022	2,0669	3,3098	3,9534	1,6620	1,7620	2,6036	4,5655	2,3714	1,8654	2,3230	2,4006	1,6539
Область 7	2,2129	1,8690	2,9231	5,9801	1,2317	2,6394	2,3009	5,1152	2,7557	2,5615	3,2152	0,7022	2,0684
Область 8	3,5758	2,7376	2,1225	4,7915	3,4420	3,0631	4,0475	3,5705	1,6993	3,4991	3,4941	3,6777	3,0458
Область 9	1,9916	1,5453	2,7486	5,5630	0,9338	2,2308	2,2333	4,8423	2,4531	2,2619	2,9147	0,6789	1,7106
Область 10	5,4235	6,0663	5,5024	5,9753	6,4454	5,9000	6,2313	3,5990	6,4913	5,8602	5,2880	6,9590	6,1597
Область 11	3,1087	2,3940	1,5510	4,9581	2,2860	2,8931	2,6286	3,7567	2,2912	2,5824	3,0307	2,2395	2,5330
Область 12	2,1404	2,1545	1,7438	5,2618	2,3275	2,4131	2,9836	3,5776	2,7509	2,6041	2,9625	2,3437	2,3104
Область 13	0,0000	1,2173	2,4463	5,3153	1,9215	2,1184	2,6336	3,5408	2,4360	2,5054	2,3934	2,3062	1,9521
Область 14	1,2173	0,0000	2,1545	4,7940	1,4031	1,6214	2,4345	3,6377	1,3612	2,1287	2,1672	1,8891	1,3593
Область 15	2,4463	2,1545	0,0000	5,1611	2,4287	2,6371	2,7210	2,9804	2,2335	2,5511	2,6866	2,6370	2,3325
Область 16	5,3153	4,7940	5,1611	0,0000	4,8435	3,8570	4,7944	4,2867	4,4519	3,8756	3,4755	5,8300	4,2941
Область 17	1,9215	1,4031	2,4287	4,8435	0,0000	1,6509	1,5020	4,2745	2,2408	1,3861	2,0573	1,3121	1,0064
Область 18	2,1184	1,6214	2,6371	3,8570	1,6509	0,0000	2,2774	3,7678	1,9488	1,2703	1,5491	2,6997	0,9066
Область 19	2,6336	2,4345	2,7210	4,7944	1,5020	2,2774	0,0000	4,0894	3,1015	1,2826	1,8734	2,4149	1,8802
Область 20	3,5408	3,6377	2,9804	4,2867	4,2745	3,7678	4,0894	0,0000	3,6976	3,7734	2,9718	4,9134	3,8860
Область 21	2,4360	1,3612	2,2335	4,4519	2,2408	1,9488	3,1015	3,6976	0,0000	2,5736	2,5798	2,6805	1,9022
Область 22	2,5054	2,1287	2,5511	3,8756	1,3861	1,2703	1,2826	3,7734	2,5736	0,0000	1,2086	2,5767	1,1155
Область 23	2,3934	2,1672	2,6866	3,4755	2,0573	1,5491	1,8734	2,9718	2,5798	1,2086	0,0000	3,2620	1,5240
Область 24	2,3062	1,8891	2,6370	5,8300	1,3121	2,6997	2,4149	4,9134	2,6805	2,5767	3,2620	0,0000	2,1476
Область 25	1,9521	1,3593	2,3325	4,2941	1,0064	0,9066	1,8802	3,8860	1,9022	1,1155	1,5240	2,1476	0,0000

Таблиця Д.4

Список об'єднання (показники p_{ij}^1)

Відстань об'єднання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0,5093082	7	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,6788799	7	9	24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,9066252	18	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,9337705	7	9	24	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,9423493	3	7	9	24	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,006398	3	7	9	24	17	18	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,115548	3	7	9	24	17	18	25	22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,208559	3	7	9	24	17	18	25	22	23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,217317	13	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,282611	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,359309	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,361246	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,440806	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,550999	11	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,598465	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,653897	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	12	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,699309	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	12	6	8	–	–	–	–	–	–	–	–
1,743775	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	12	6	8	11	15	–	–	–	–	–	–
2,971814	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	12	6	8	11	15	20	–	–	–	–	–
3,186861	4	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,475498	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	12	6	8	11	15	20	16	–	–	–	–
3,585805	4	5	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,598994	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	12	6	8	11	15	20	16	4	5	10	–
4,750050	1	3	7	9	24	17	18	25	22	23	19	13	14	21	12	6	8	11	15	20	16	4	5	10	2

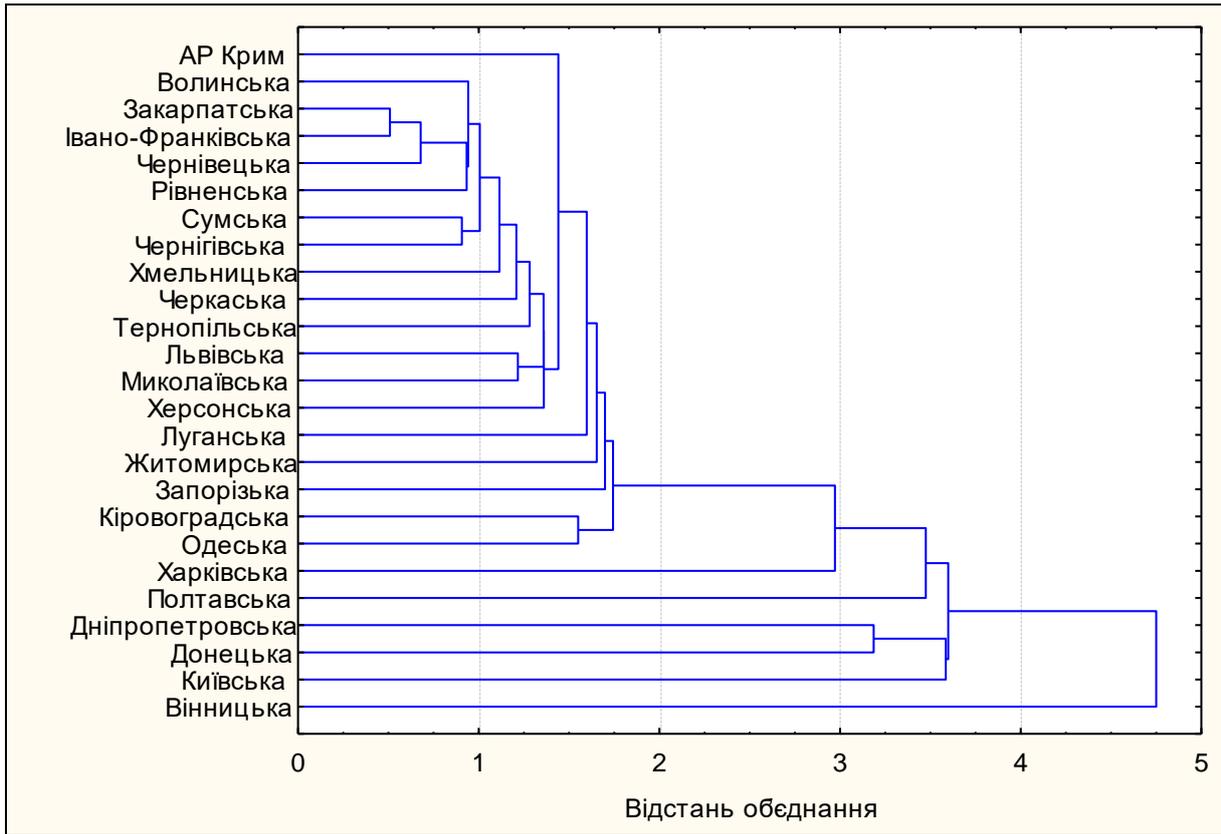


Рис. Д.1. Дендрограма результатів кластерного аналізу (показники p_{ij}^1)

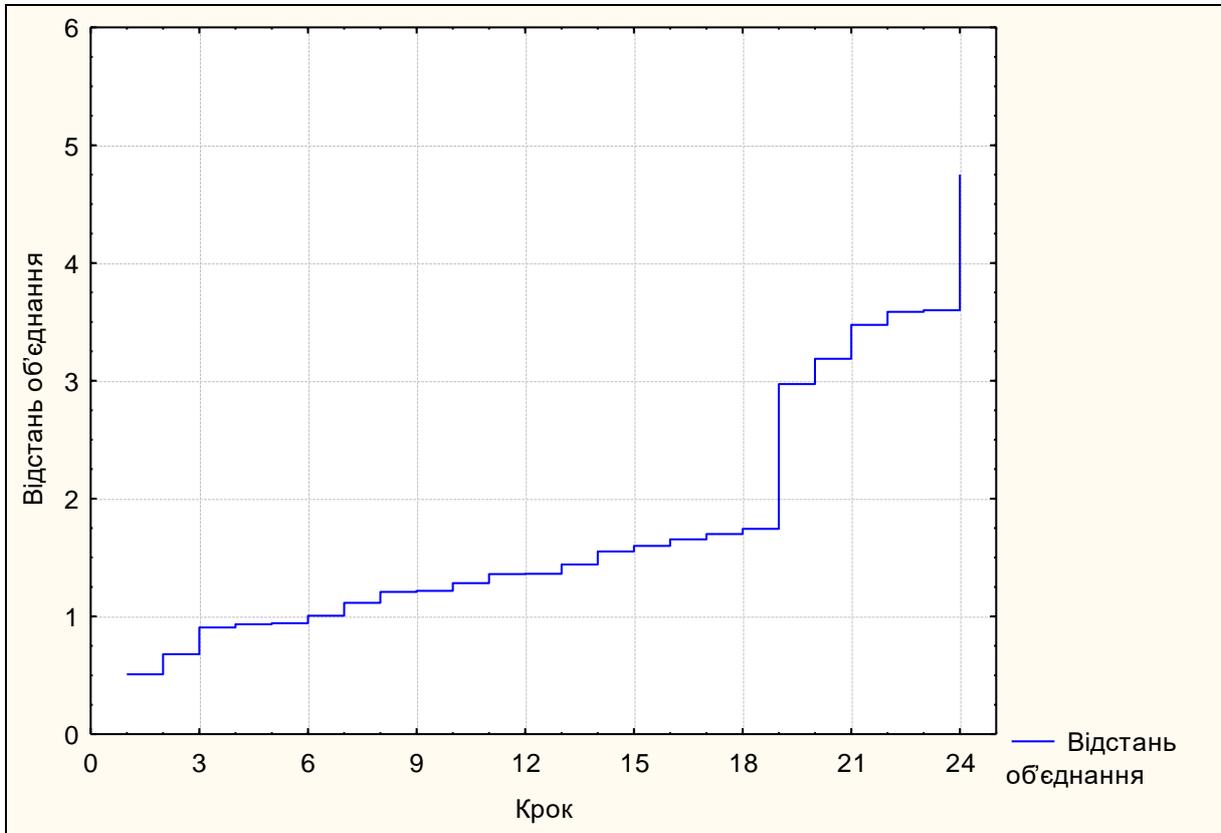


Рис. Д.2. Графік списку об'єднання (показники p_{ij}^1)



Рис. Д.3. Територіальне розміщення кластерів (показники p_{ij}^1)

Додаток Е

Вхідні, проміжні та результатні дані кластерного аналізу областей України за випуском основних продуктів харчування на одну особу (показники p_{ij}^2)

Таблиця Е.1

Матриця вхідних даних (показники p_{ij}^2)

№ з/п	Область України	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Продукт 5	Продукт 6	Продукт 7	Продукт 8
1	АР Крим	3,8	0,9	3,8	0,0	5,0	55,2	38,9	0,0
2	Вінницька	4,7	39,3	150,2	8,3	8,8	81,4	50,0	204,4
3	Волинська	14,5	0,0	9,5	5,3	0,0	56,5	44,8	109,3
4	Дніпропетровська	15,5	50,5	11,2	0,6	16,6	49,9	71,0	0,0
5	Донецька	6,8	81,2	8,5	0,3	12,5	61,8	49,6	0,0
6	Житомирська	3,9	0,1	4,3	12,7	10,5	0,0	53,1	71,6
7	Закарпатська	0,6	0,0	2,4	0,0	0,8	26,7	12,9	0,0
8	Запорізька	4,3	164,2	7,4	9,0	4,4	66,9	41,1	0,0
9	Івано-Франківська	2,8	0,0	6,2	2,4	2,4	25,6	19,4	0,0
10	Київська	8,0	16,0	23,9	0,9	19,5	33,4	66,3	60,3
11	Кіровоградська	15,6	205,2	0,0	4,6	0,0	67,8	30,8	97,5
12	Луганська	9,3	31,7	20,5	1,3	2,5	44,8	42,1	0,0
13	Львівська	1,4	0,0	13,3	1,1	14,3	36,5	32,8	0,0
14	Миколаївська	2,6	49,3	12,5	7,3	21,3	67,0	38,9	0,0
15	Одеська	4,3	80,5	7,8	1,1	3,5	51,1	43,0	33,8
16	Полтавська	14,2	48,7	20,7	24,7	24,5	47,8	48,7	207,3
17	Рівненська	3,7	0,3	4,9	5,5	4,7	48,9	33,3	72,6
18	Сумська	3,5	3,1	40,2	13,6	9,2	74,2	57,7	68,9
19	Тернопільська	2,8	0,0	19,5	2,7	6,2	72,8	16,0	207,8
20	Харківська	6,9	68,2	11,7	3,6	22,0	64,1	46,1	71,3
21	Херсонська	0,2	150,7	11,8	14,1	17,5	74,7	41,0	0,0
22	Хмельницька	4,7	0,0	22,0	8,6	3,4	59,2	45,0	143,0
23	Черкаська	3,8	3,2	12,1	10,5	20,1	86,6	56,5	157,0
24	Чернівецька	8,8	42,3	0,0	0,0	0,0	28,9	28,7	0,0
25	Чернігівська	2,6	2,9	9,9	10,8	5,4	77,2	58,9	72,7

Таблиця Е.2

Матриця стандартизованих вхідних даних (показники p_{ij}^2)

№ з/п	Область України	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Продукт 5	Продукт 6	Продукт 7	Продукт 8
1	АР Крим	-0,4773	-0,7105	-0,4666	-0,9845	-0,5561	0,0412	-0,2621	-0,8735
2	Вінницька	-0,2799	-0,0388	4,5703	0,3862	-0,0794	1,3079	0,5079	1,9564
3	Волинська	1,8665	-0,7269	-0,2699	-0,1096	-1,1898	0,1012	0,1484	0,6400
4	Дніпропетровська	2,0640	0,1577	-0,2110	-0,8784	0,9135	-0,2157	1,9637	-0,8735
5	Донецька	0,1877	0,6938	-0,3043	-0,9340	0,3930	0,3588	0,4827	-0,8735
6	Житомирська	-0,4566	-0,7255	-0,4491	1,1091	0,1359	-2,6284	0,7217	0,1175
7	Закарпатська	-1,1593	-0,7269	-0,5151	-0,9845	-1,0880	-1,3378	-2,0591	-0,8735
8	Запорізька	-0,3567	2,1465	-0,3428	0,4996	-0,6280	0,6074	-0,1082	-0,8735
9	Івано-Франківська	-0,6867	-0,7269	-0,3844	-0,5912	-0,8884	-1,3894	-1,6106	-0,8735
10	Київська	0,4391	-0,4476	0,2235	-0,8367	1,2733	-1,0142	1,6353	-0,0385
11	Кіровоградська	2,0897	2,8647	-0,5981	-0,2319	-1,1898	0,6498	-0,8240	0,4764
12	Луганська	0,7198	-0,1713	0,1084	-0,7627	-0,8764	-0,4625	-0,0409	-0,8735
13	Львівська	-0,9943	-0,7269	-0,1412	-0,7980	0,6182	-0,8626	-0,6843	-0,8735
14	Миколаївська	-0,7426	0,1353	-0,1693	0,2145	1,5038	0,6112	-0,2571	-0,8735
15	Одеська	-0,3545	0,6825	-0,3309	-0,7984	-0,7461	-0,1559	0,0265	-0,4060
16	Полтавська	1,7803	0,1253	0,1145	3,0885	1,9149	-0,3184	0,4178	1,9963
17	Рівненська	-0,4887	-0,7223	-0,4281	-0,0691	-0,5979	-0,2661	-0,6509	0,1313
18	Сумська	-0,5448	-0,6720	0,7853	1,2645	-0,0200	0,9598	1,0426	0,0806
19	Тернопільська	-0,6890	-0,7269	0,0744	-0,5364	-0,4114	0,8927	-1,8465	2,0027
20	Харківська	0,1943	0,4675	-0,1955	-0,3973	1,5953	0,4699	0,2352	0,1139
21	Херсонська	-1,2603	1,9100	-0,1914	1,3509	1,0302	0,9857	-0,1149	-0,8735
22	Хмельницька	-0,2763	-0,7269	0,1577	0,4345	-0,7623	0,2342	0,1643	1,1060
23	Черкаська	-0,4636	-0,6702	-0,1809	0,7562	1,3541	1,5586	0,9577	1,2997
24	Чернівецька	0,6217	0,0128	-0,5981	-0,9845	-1,1898	-1,2306	-0,9681	-0,8735
25	Чернігівська	-0,7325	-0,6767	-0,2575	0,7930	-0,5088	1,1032	1,1229	0,1323

Матриця евклідових відстаней (показники p_{ij}^2)

	Область 1	Область 2	Область 3	Область 4	Область 5	Область 6	Область 7	Область 8	Область 9	Область 10	Область 11	Область 12
Область 1	0,0000	6,1783	3,0269	3,8038	1,9999	3,7336	2,4252	3,2778	2,0448	3,1883	4,7818	1,5840
Область 2	6,1783	0,0000	5,7710	6,5899	5,9492	6,7222	7,1834	6,1735	6,8242	5,7919	6,8388	5,8586
Область 3	3,0269	5,7710	0,0000	3,3951	3,2390	4,0895	4,3847	4,0624	3,8028	3,5874	3,7875	2,2216
Область 4	3,8038	6,5899	3,3951	0,0000	2,5717	4,4822	5,7205	4,3677	5,0854	2,1839	4,7605	3,0517
Область 5	1,9999	5,9492	3,2390	2,5717	0,0000	4,0809	3,9259	2,4324	3,4622	2,5179	3,8767	1,9471
Область 6	3,7336	6,7222	4,0895	4,4822	4,0809	0,0000	4,0939	4,6223	3,4574	3,1426	6,0180	3,5756
Область 7	2,4252	7,1834	4,3847	5,7205	3,9259	4,0939	0,0000	4,3513	0,7993	4,8194	5,5980	3,0269
Область 8	3,2778	6,1735	4,0624	4,3677	2,4324	4,6223	4,3513	0,0000	3,9836	4,4102	3,1229	3,0885
Область 9	2,0448	6,8242	3,8028	5,0854	3,4622	3,4574	0,7993	3,9836	0,0000	4,2215	5,2414	2,4254
Область 10	3,1883	5,7919	3,5874	2,1839	2,5179	3,1426	4,8194	4,4102	4,2215	0,0000	5,4668	2,9336
Область 11	4,7818	6,8388	3,7875	4,7605	3,8767	6,0180	5,5980	3,1229	5,2414	5,4668	0,0000	3,9555
Область 12	1,5840	5,8586	2,2216	3,0517	1,9471	3,5756	3,0269	3,0885	2,4254	2,9336	3,9555	0,0000
Область 13	1,6680	6,2619	3,9819	4,2029	2,5229	3,2141	2,2867	3,7990	1,8979	2,9659	5,5079	2,4735
Область 14	2,6230	5,8586	4,1996	3,8778	2,0880	4,0010	4,0296	2,9786	3,6054	3,1574	5,0255	3,1827
Область 15	1,5445	5,8609	2,9613	3,5881	1,5173	3,6461	2,9639	2,1590	2,5657	3,1231	3,6710	1,5529
Область 16	6,1364	6,1692	4,7787	5,2500	5,4982	4,6996	7,1261	5,6035	6,4774	4,9056	5,7932	5,6835
Область 17	1,4480	5,7552	2,6375	4,2574	2,6256	3,0647	2,3826	3,2629	1,8948	3,3566	4,5726	2,0077
Область 18	3,2211	4,4156	3,4694	4,1340	3,1903	3,8160	4,9072	3,5448	4,3655	3,4181	5,3579	3,3553
Область 19	3,4738	5,2472	3,7282	5,8596	4,2094	5,0875	3,8106	4,5866	3,7387	4,9221	5,0205	3,9914
Область 20	2,8796	5,5483	3,5338	2,9531	1,6868	4,0183	4,5181	3,1628	4,0353	2,3571	4,3094	2,9900
Область 21	4,0546	6,1721	5,1903	4,9869	3,1569	4,8229	5,1174	2,1244	4,7592	4,6069	4,7086	4,3067
Область 22	2,5738	4,7336	2,3426	4,2762	3,1129	3,3383	3,8321	3,5591	3,3519	3,3743	4,6088	2,6824
Область 23	3,9084	5,0886	3,9843	4,3386	3,5310	4,5461	5,6397	4,3277	5,1911	3,5272	5,5959	4,3381
Область 24	2,0653	6,8753	2,8776	4,0387	2,8066	3,6962	2,2222	3,4944	1,7286	3,8118	4,0291	1,4628
Область 25	2,7072	5,2931	3,2011	4,0979	2,9152	3,8362	4,5652	3,3154	4,0960	3,5018	5,1236	3,1418

Закінчення табл. Е.3

	Область 13	Область 14	Область 15	Область 16	Область 17	Область 18	Область 19	Область 20	Область 21	Область 22	Область 23	Область 24	Область 25
Область 1	1,6680	2,6230	1,5445	6,1364	1,4480	3,2211	3,4738	2,8796	4,0546	2,5738	3,9084	2,0653	2,7072
Область 2	6,2619	5,8586	5,8609	6,1692	5,7552	4,4156	5,2472	5,5483	6,1721	4,7336	5,0886	6,8753	5,2931
Область 3	3,9819	4,1996	2,9613	4,7787	2,6375	3,4694	3,7282	3,5338	5,1903	2,3426	3,9843	2,8776	3,2011
Область 4	4,2029	3,8778	3,5881	5,2500	4,2574	4,1340	5,8596	2,9531	4,9869	4,2762	4,3386	4,0387	4,0979
Область 5	2,5229	2,0880	1,5173	5,4982	2,6256	3,1903	4,2094	1,6868	3,1569	3,1129	3,5310	2,8066	2,9152
Область 6	3,2141	4,0010	3,6461	4,6996	3,0647	3,8160	5,0875	4,0183	4,8229	3,3383	4,5461	3,6962	3,8362
Область 7	2,2867	4,0296	2,9639	7,1261	2,3826	4,9072	3,8106	4,5181	5,1174	3,8321	5,6397	2,2222	4,5652
Область 8	3,7990	2,9786	2,1590	5,6035	3,2629	3,5448	4,5866	3,1628	2,1244	3,5591	4,3277	3,4944	3,3154
Область 9	1,8979	3,6054	2,5657	6,4774	1,8948	4,3655	3,7387	4,0353	4,7592	3,3519	5,1911	1,7286	4,0960
Область 10	2,9659	3,1574	3,1231	4,9056	3,3566	3,4181	4,9221	2,3571	4,6069	3,3743	3,5272	3,8118	3,5018
Область 11	5,5079	5,0255	3,6710	5,7932	4,5726	5,3579	5,0205	4,3094	4,7086	4,6088	5,5959	4,0291	5,1236
Область 12	2,4735	3,1827	1,5529	5,6835	2,0077	3,3553	3,9914	2,9900	4,3067	2,6824	4,3381	1,4628	3,1418
Область 13	0,0000	2,2297	2,3486	5,9180	1,9273	3,5970	3,7380	2,7484	3,9439	3,1418	4,0650	2,6242	3,4680
Область 14	2,2297	0,0000	2,7297	4,9427	2,7017	2,7835	3,9895	1,6152	2,2570	3,2388	2,8528	3,8276	2,8654
Область 15	2,3486	2,7297	0,0000	5,7624	1,8206	3,2270	3,5851	2,5912	3,4151	2,4918	3,9253	2,0167	2,7679
Область 16	5,9180	4,9427	5,7624	0,0000	5,2028	4,3882	5,6542	4,3795	5,1523	4,5089	3,9760	6,2514	4,9226
Область 17	1,9273	2,7017	1,8206	5,2028	0,0000	2,8221	2,6116	2,8604	3,8874	1,5919	3,4407	2,2429	2,4214
Область 18	3,5970	2,7835	3,2270	4,3882	2,8221	0,0000	3,9965	3,0117	3,3903	2,0146	2,2223	4,4633	1,2703
Область 19	3,7380	3,9895	3,5851	5,6542	2,6116	3,9965	0,0000	3,7955	4,9265	2,5542	3,7025	4,1324	3,7751
Область 20	2,7484	1,6152	2,5912	4,3795	2,8604	3,0117	3,7955	0,0000	2,9893	3,0113	2,4959	3,7373	3,0340
Область 21	3,9439	2,2570	3,4151	5,1523	3,8874	3,3903	4,9265	2,9893	0,0000	4,0813	3,7353	4,8300	3,4945
Область 22	3,1418	3,2388	2,4918	4,5089	1,5919	2,0146	2,5542	3,0113	4,0813	0,0000	2,6751	3,3863	1,7883
Область 23	4,0650	2,8528	3,9253	3,9760	3,4407	2,2223	3,7025	2,4959	3,7353	2,6751	0,0000	5,2469	2,2688
Область 24	2,6242	3,8276	2,0167	6,2514	2,2429	4,4633	4,1324	3,7373	4,8300	3,3863	5,2469	0,0000	4,1083
Область 25	3,4680	2,8654	2,7679	4,9226	2,4214	1,2703	3,7751	3,0340	3,4945	1,7883	2,2688	4,1083	0,0000

Список об'єднання (показники p_{ij}^2)

Відстань об'єднання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0,7992970	7	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,270301	18	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,447998	1	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,462819	12	24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,517329	5	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,544513	1	17	5	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,552937	1	17	5	15	12	24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,591861	1	17	5	15	12	24	22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,615158	14	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,668005	1	17	5	15	12	24	22	13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,686792	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,728588	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,788332	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,124354	8	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,158951	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,183897	4	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,221567	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	3	–	–	–	–	–	–	–	–
2,222273	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	3	23	–	–	–	–	–	–	–
2,357101	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	3	23	4	10	–	–	–	–	–
2,554227	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	3	23	4	10	19	–	–	–	–
3,064733	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	3	23	4	10	19	6	–	–	–
3,122930	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	3	23	4	10	19	6	11	–	–
3,976008	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	3	23	4	10	19	6	11	16	–
4,415608	1	17	5	15	12	24	22	13	14	20	7	9	18	25	8	21	3	23	4	10	19	6	11	16	2

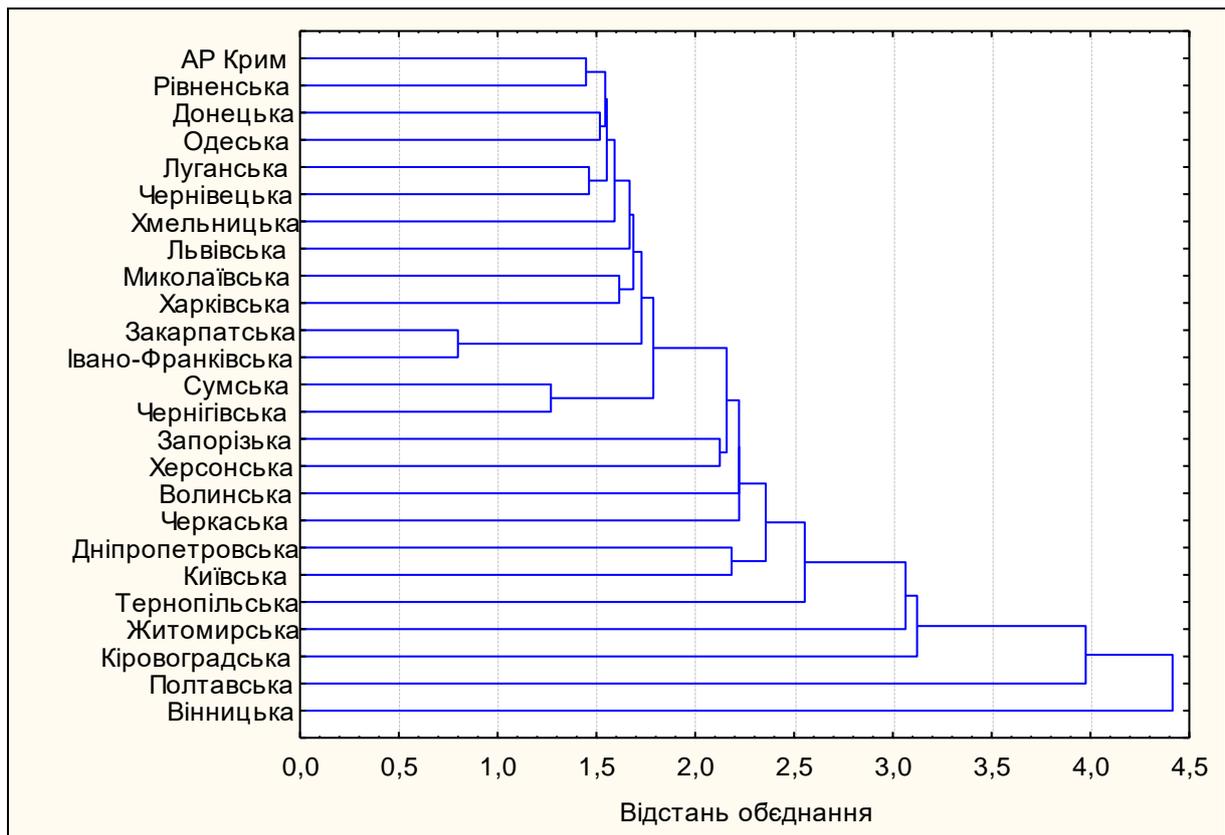


Рис. Е.1. Дендрограма результатів кластерного аналізу (показники r_{ij}^2)

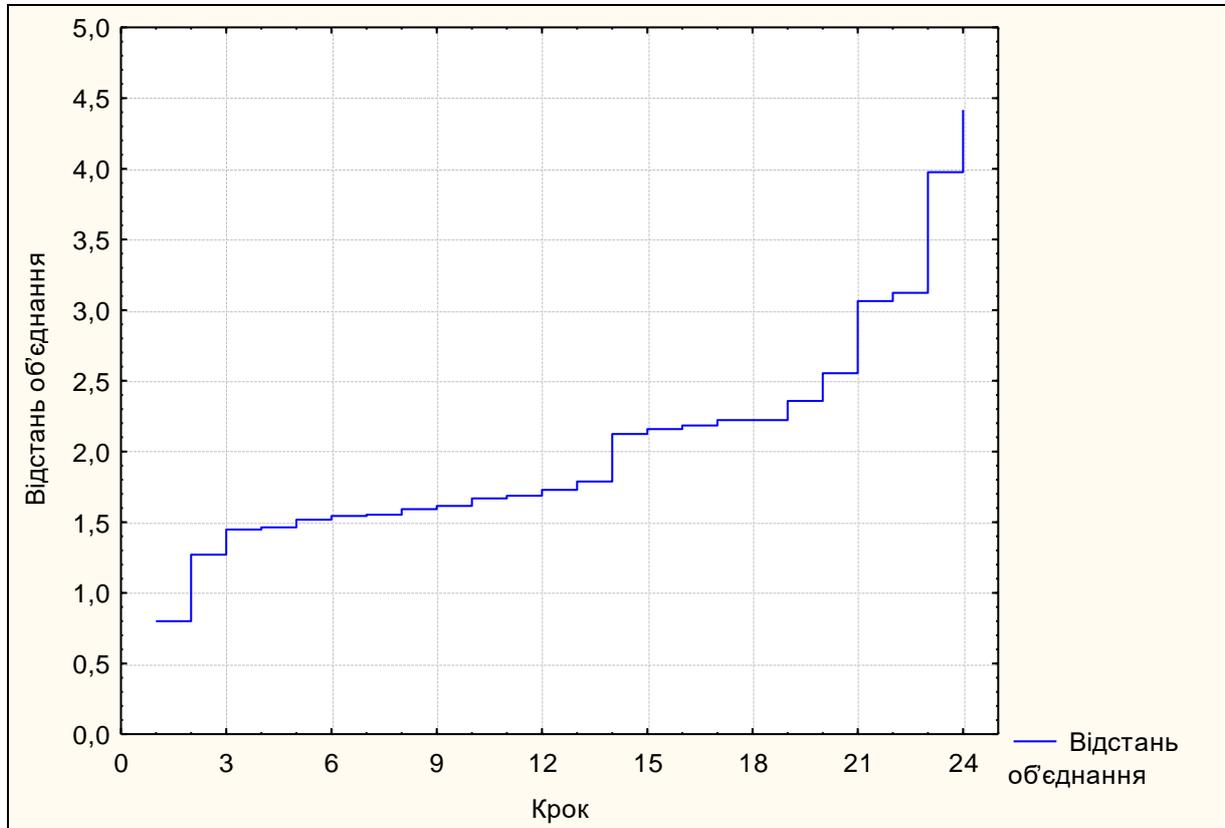


Рис. Е.2. Графік стиску об'єднання (показники r_{ij}^2)

Додаток Ж

Вхідні, проміжні та результатні дані кластерного аналізу областей України за випуском основних продуктів харчування на 1 км² площі (показники p_{ij}^3)

Таблиця Ж.1

Матриця вхідних даних (показники p_{ij}^3)

№ з/п	Область України	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Продукт 5	Продукт 6	Продукт 7	Продукт 8
1	АР Крим	329,6	81,5	333,3	0,0	437,0	4 818,5	3 392,6	0,0
2	Вінницька	298,1	2 501,9	9 558,5	528,3	558,5	5 181,1	3 181,1	13 011,3
3	Волинська	751,2	0,0	492,5	273,6	0,0	2 915,4	2 313,4	5 646,8
4	Дніпропетровська	1 658,3	5 423,2	1 206,9	69,0	1 783,7	5 354,2	7 617,6	0,0
5	Донецька	1 181,1	14 030,2	1 475,5	52,8	2 162,3	10 679,2	8 577,4	0,0
6	Житомирська	171,1	3,4	191,3	560,4	463,1	0,0	2 345,6	3 164,4
7	Закарпатська	62,5	0,0	234,4	0,0	78,1	2 593,8	1 257,8	0,0
8	Запорізька	294,1	11 147,1	503,7	610,3	301,5	4 544,1	2 790,4	0,0
9	Івано-Франківська	280,6	0,0	618,7	237,4	237,4	2 554,0	1 935,3	0,0
10	Київська	1 235,3	2 467,1	3 692,0	138,4	3 010,4	5 162,6	10 245,7	9 328,7
11	Кіровоградська	666,7	8 784,6	0,0	195,1	0,0	2 902,4	1 317,1	4 174,8
12	Луганська	827,7	2 831,5	1 831,5	119,9	221,0	3 996,3	3 752,8	0,0
13	Львівська	165,1	0,0	1 564,2	133,0	1 683,5	4 302,8	3 862,4	0,0
14	Миколаївська	126,0	2 426,8	613,8	357,7	1 048,8	3 300,8	1 918,7	0,0
15	Одеська	312,3	5 792,8	558,6	81,1	252,3	3 678,7	3 096,1	2 429,4
16	Полтавська	756,9	2 604,2	1 107,6	1 319,4	1 312,5	2 555,6	2 604,2	11 090,3
17	Рівненська	213,9	14,9	283,6	318,4	268,7	2 806,0	1 910,4	4 169,2
18	Сумська	176,5	159,7	2 046,2	693,3	470,6	3 777,3	2 937,0	3 508,4
19	Тернопільська	224,6	0,0	1 565,2	217,4	492,8	5 833,3	1 282,6	16 644,9
20	Харківська	614,6	6 111,5	1 047,8	318,5	1 971,3	5 738,9	4 124,2	6 388,5
21	Херсонська	7,0	5 905,3	463,2	554,4	687,7	2 929,8	1 607,0	0,0
22	Хмельницька	310,7	0,0	1 451,5	568,0	223,3	3 912,6	2 975,7	9 451,5
23	Черкаська	244,0	205,7	770,3	669,9	1 277,5	5 502,4	3 588,5	9 976,1
24	Чернівецька	987,7	4 728,4	0,0	0,0	0,0	3 234,6	3 209,9	0,0
25	Чернігівська	94,0	103,4	357,4	388,7	194,4	2 786,8	2 125,4	2 623,8

Матриця стандартизованих вхідних даних (показники p_{ij}^3)

№ з/п	Область України	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Продукт 5	Продукт 6	Продукт 7	Продукт 8
1	АР Крим	-0,3515	-0,7548	-0,4954	-1,1095	-0,4083	0,4038	0,0151	-0,8304
2	Вінницька	-0,4253	-0,1316	4,3386	0,6339	-0,2573	0,5924	-0,0791	1,8281
3	Волинська	0,6366	-0,7758	-0,4119	-0,2065	-0,9517	-0,5864	-0,4656	0,3233
4	Дніпропетровська	2,7624	0,6206	-0,0376	-0,8819	1,2660	0,6825	1,8968	-0,8304
5	Донецька	1,6441	2,8368	0,1031	-0,9351	1,7366	3,4530	2,3243	-0,8304
6	Житомирська	-0,7229	-0,7749	-0,5698	0,7399	-0,3759	-2,1032	-0,4512	-0,1839
7	Закарпатська	-0,9775	-0,7758	-0,5472	-1,1095	-0,8545	-0,7537	-0,9357	-0,8304
8	Запорізька	-0,4347	2,0944	-0,4061	0,9045	-0,5768	0,2610	-0,2531	-0,8304
9	Івано-Франківська	-0,4664	-0,7758	-0,3458	-0,3260	-0,6565	-0,7744	-0,6340	-0,8304
10	Київська	1,7710	-0,1405	1,2646	-0,6527	2,7911	0,5828	3,0673	1,0756
11	Кіровоградська	0,4384	1,4861	-0,6700	-0,4656	-0,9517	-0,5931	-0,9093	0,0226
12	Луганська	0,8158	-0,0467	0,2896	-0,7139	-0,6769	-0,0240	0,1755	-0,8304
13	Львівська	-0,7370	-0,7758	0,1496	-0,6705	1,1414	0,1354	0,2243	-0,8304
14	Миколаївська	-0,8286	-0,1509	-0,3484	0,0710	0,3523	-0,3859	-0,6414	-0,8304
15	Одеська	-0,3920	0,7158	-0,3774	-0,8419	-0,6380	-0,1893	-0,1170	-0,3340
16	Полтавська	0,6500	-0,1052	-0,0896	3,2447	0,6801	-0,7736	-0,3361	1,4356
17	Рівненська	-0,6226	-0,7719	-0,5214	-0,0587	-0,6176	-0,6433	-0,6451	0,0214
18	Сумська	-0,7104	-0,7347	0,4022	1,1784	-0,3666	-0,1379	-0,1879	-0,1136
19	Тернопільська	-0,5975	-0,7758	0,1501	-0,3921	-0,3390	0,9318	-0,9247	2,5705
20	Харківська	0,3165	0,7978	-0,1210	-0,0585	1,4992	0,8826	0,3409	0,4749
21	Херсонська	-1,1075	0,7447	-0,4273	0,7200	-0,0966	-0,5789	-0,7802	-0,8304
22	Хмельницька	-0,3959	-0,7758	0,0905	0,7648	-0,6740	-0,0675	-0,1706	1,1007
23	Черкаська	-0,5521	-0,7228	-0,2664	1,1011	0,6366	0,7596	0,1023	1,2079
24	Чернівецька	1,1907	0,4417	-0,6700	-1,1095	-0,9517	-0,4203	-0,0663	-0,8304
25	Чернігівська	-0,9036	-0,7491	-0,4828	0,1733	-0,7100	-0,6533	-0,5493	-0,2943

Таблиця Ж.3

Матриця евклідових відстаней (показники p_{ij}^3)

	Область 1	Область 2	Область 3	Область 4	Область 5	Область 6	Область 7	Область 8	Область 9	Область 10	Область 11	Область 12
Область 1	0,0000	5,8254	2,1533	4,2744	6,0416	3,2381	1,6846	3,5085	1,5877	5,6041	2,9936	1,7081
Область 2	5,8254	0,0000	5,3946	6,7436	7,6484	6,0061	6,1320	5,9034	5,7171	5,9739	5,9578	5,2390
Область 3	2,1533	5,3946	0,0000	4,5282	6,8935	2,3788	2,2425	3,5854	1,6485	5,7552	2,3615	1,8567
Область 4	4,2744	6,7436	4,5282	0,0000	3,7769	5,7788	5,5525	4,8904	5,0002	3,2634	4,6766	3,4068
Область 5	6,0416	7,6484	6,8935	3,7769	0,0000	8,0846	7,4441	5,5407	7,1012	4,8831	6,2352	5,6229
Область 6	3,2381	6,0061	2,3788	5,7788	8,0846	0,0000	2,4876	3,8023	1,8836	6,5679	3,2846	3,3128
Область 7	1,6846	6,1320	2,2425	5,5525	7,4441	2,4876	0,0000	3,7658	1,0229	6,7958	2,8834	2,5304
Область 8	3,5085	5,9034	3,5854	4,8904	5,5407	3,8023	3,7658	0,0000	3,3137	6,4173	2,2599	3,0866
Область 9	1,5877	5,7171	1,6485	5,0002	7,1012	1,8836	1,0229	3,3137	0,0000	6,2586	2,6425	1,9872
Область 10	5,6041	5,9739	5,7552	3,2634	4,8831	6,5679	6,7958	6,4173	6,2586	0,0000	6,3650	5,1251
Область 11	2,9936	5,9578	2,3615	4,6766	6,2352	3,2846	2,8834	2,2599	2,6425	6,3650	0,0000	2,4039
Область 12	1,7081	5,2390	1,8567	3,4068	5,6229	3,3128	2,5304	3,0866	1,9872	5,1251	2,4039	0,0000
Область 13	1,8097	5,3932	3,0210	4,1698	5,8790	3,2703	2,6184	3,7835	2,2878	4,7513	3,7598	2,5096
Область 14	1,9080	5,5821	2,3919	4,7868	6,4580	2,1979	1,8772	2,7069	1,3594	5,8444	2,6869	2,3656
Область 15	1,7082	5,5290	2,1207	4,3317	5,8305	2,9558	1,9875	2,3291	1,8314	5,7119	1,5896	1,6919
Область 16	5,3270	5,5270	4,0517	5,8826	7,6384	3,7891	5,4878	4,4027	4,6392	6,0241	4,6584	4,8627
Область 17	1,8655	5,4580	1,3630	5,1770	7,1543	1,7087	1,4523	3,3002	0,9334	6,1389	2,5683	2,3384
Область 18	2,6494	4,5348	2,2821	5,1510	6,8555	2,2529	2,8105	3,0870	2,0214	5,7539	3,3455	2,6742
Область 19	3,7048	4,5198	3,1328	5,9732	7,1526	4,3403	3,9773	4,7728	3,8640	5,9509	4,0075	4,0567
Область 20	3,1272	5,1922	3,3946	3,3042	4,3634	4,2291	4,1217	3,1635	3,6413	3,8499	3,3027	2,9749
Область 21	2,8048	5,7369	2,8938	5,3220	6,6501	2,3250	2,5138	1,8769	2,0486	6,4762	2,4248	2,9076
Область 22	2,8134	4,4301	1,8165	5,1944	6,9470	2,5506	3,0127	3,5156	2,4144	5,6037	3,1569	2,8420
Область 23	3,2189	4,7994	2,9302	4,9550	6,2716	3,4233	3,8594	3,7431	3,2826	4,9636	3,9062	3,5258
Область 24	2,1957	6,2962	2,0468	3,5975	5,8749	3,5074	2,6598	3,1841	2,3413	5,7528	1,8813	1,3219
Область 25	1,9403	5,5272	1,7244	5,3466	7,2328	1,6117	1,4572	3,1741	0,8786	6,3247	2,7445	2,4583

Закінчення табл. Ж.3

	Область 13	Область 14	Область 15	Область 16	Область 17	Область 18	Область 19	Область 20	Область 21	Область 22	Область 23	Область 24	Область 25
Область 1	1,8097	1,9080	1,7082	5,3270	1,8655	2,6494	3,7048	3,1272	2,8048	2,8134	3,2189	2,1957	1,9403
Область 2	5,3932	5,5821	5,5290	5,5270	5,4580	4,5348	4,5198	5,1922	5,7369	4,4301	4,7994	6,2962	5,5272
Область 3	3,0210	2,3919	2,1207	4,0517	1,3630	2,2821	3,1328	3,3946	2,8938	1,8165	2,9302	2,0468	1,7244
Область 4	4,1698	4,7868	4,3317	5,8826	5,1770	5,1510	5,9732	3,3042	5,3220	5,1944	4,9550	3,5975	5,3466
Область 5	5,8790	6,4580	5,8305	7,6384	7,1543	6,8555	7,1526	4,3634	6,6501	6,9470	6,2716	5,8749	7,2328
Область 6	3,2703	2,1979	2,9558	3,7891	1,7087	2,2529	4,3403	4,2291	2,3250	2,5506	3,4233	3,5074	1,6117
Область 7	2,6184	1,8772	1,9875	5,4878	1,4523	2,8105	3,9773	4,1217	2,5138	3,0127	3,8594	2,6598	1,4572
Область 8	3,7835	2,7069	2,3291	4,4027	3,3002	3,0870	4,7728	3,1635	1,8769	3,5156	3,7431	3,1841	3,1741
Область 9	2,2878	1,3594	1,8314	4,6392	0,9334	2,0214	3,8640	3,6413	2,0486	2,4144	3,2826	2,3413	0,8786
Область 10	4,7513	5,8444	5,7119	6,0241	6,1389	5,7539	5,9509	3,8499	6,4762	5,6037	4,9636	5,7528	6,3247
Область 11	3,7598	2,6869	1,5896	4,6584	2,5683	3,3455	4,0075	3,3027	2,4248	3,1569	3,9062	1,8813	2,7445
Область 12	2,5096	2,3656	1,6919	4,8627	2,3384	2,6742	4,0567	2,9749	2,9076	2,8420	3,5258	1,3219	2,4583
Область 13	0,0000	1,6854	2,5071	4,9241	2,4535	2,5528	3,9761	2,5372	2,7870	3,0663	2,8570	3,2919	2,4649
Область 14	1,6854	0,0000	1,8212	4,2206	1,4858	1,8553	3,8429	2,8059	1,2512	2,5214	2,7518	2,8210	1,3740
Область 15	2,5071	1,8212	0,0000	4,8787	1,8741	2,6503	3,6308	2,7873	2,0214	2,6651	3,2914	1,7715	1,9643
Область 16	4,9241	4,2206	4,8787	0,0000	4,1182	3,2680	4,5685	4,0785	4,0340	3,1934	3,0082	5,2804	4,1715
Область 17	2,4535	1,4858	1,8741	4,1182	0,0000	1,7141	3,1141	3,3903	2,0421	1,6819	2,6316	2,6663	0,5023
Область 18	2,5528	1,8553	2,6503	3,2680	1,7141	0,0000	3,3818	3,2180	2,0920	1,3939	2,0300	3,5117	1,5420
Область 19	3,9761	3,8429	3,6308	4,5685	3,1141	3,3818	0,0000	3,5877	4,2509	2,2853	2,5101	4,5138	3,4370
Область 20	2,5372	2,8059	2,7873	4,0785	3,3903	3,2180	3,5877	0,0000	3,2209	3,1600	2,4054	3,4455	3,5623
Область 21	2,7870	1,2512	2,0214	4,0340	2,0421	2,0920	4,2509	3,2209	0,0000	2,7901	3,1458	3,1694	1,8160
Область 22	3,0663	2,5214	2,6651	3,1934	1,6819	1,3939	2,2853	3,1600	2,7901	0,0000	1,6600	3,4688	1,8360
Область 23	2,8570	2,7518	3,2914	3,0082	2,6316	2,0300	2,5101	2,4054	3,1458	1,6600	0,0000	4,1882	2,7428
Область 24	3,2919	2,8210	1,7715	5,2804	2,6663	3,5117	4,5138	3,4455	3,1694	3,4688	4,1882	0,0000	2,8492
Область 25	2,4649	1,3740	1,9643	4,1715	0,5023	1,5420	3,4370	3,5623	1,8160	1,8360	2,7428	2,8492	0,0000

Таблиця Ж.4

Список об'єднання (показники p_{ij}^3)

Відстань об'єднання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0,5022723	17	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,8786350	9	17	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,022855	7	9	17	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,251163	14	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,321920	12	24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,359389	7	9	17	25	14	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,362961	3	7	9	17	25	14	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,393949	18	22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,541958	3	7	9	17	25	14	21	18	22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,587730	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,589594	11	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,611723	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,660009	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,685393	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,691863	11	15	12	24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,708083	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	11	15	12	24	–	–	–	–	–	–	–	–
1,876880	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	11	15	12	24	8	–	–	–	–	–	–	–
2,285257	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	11	15	12	24	8	19	–	–	–	–	–	–
2,405416	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	11	15	12	24	8	19	20	–	–	–	–	–
3,008216	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	11	15	12	24	8	19	20	16	–	–	–	–
3,263362	4	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,304198	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	11	15	12	24	8	19	20	16	4	10	–	–
3,776851	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	11	15	12	24	8	19	20	16	4	10	5	–
4,430094	1	3	7	9	17	25	14	21	18	22	6	23	13	11	15	12	24	8	19	20	16	4	10	5	2

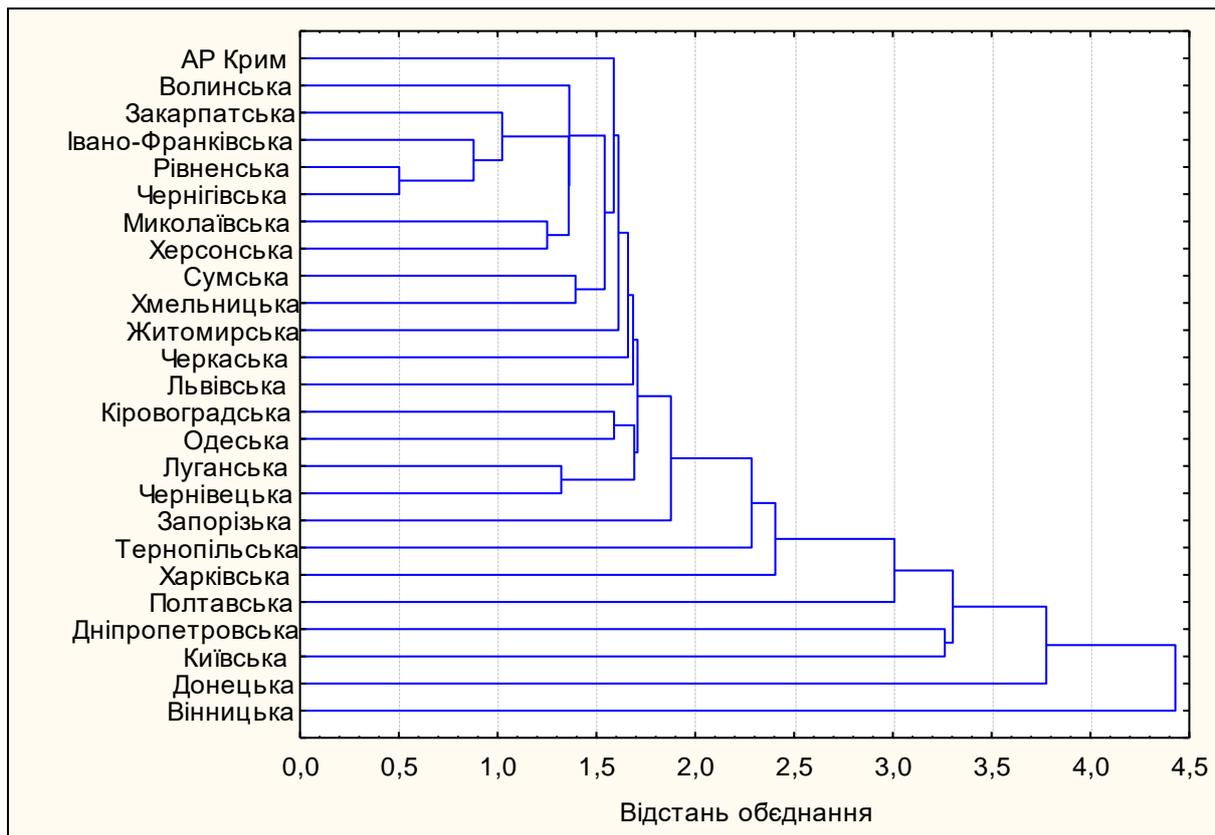


Рис. Ж.1. Дендрограма результатів кластерного аналізу (показники r_{ij}^3)

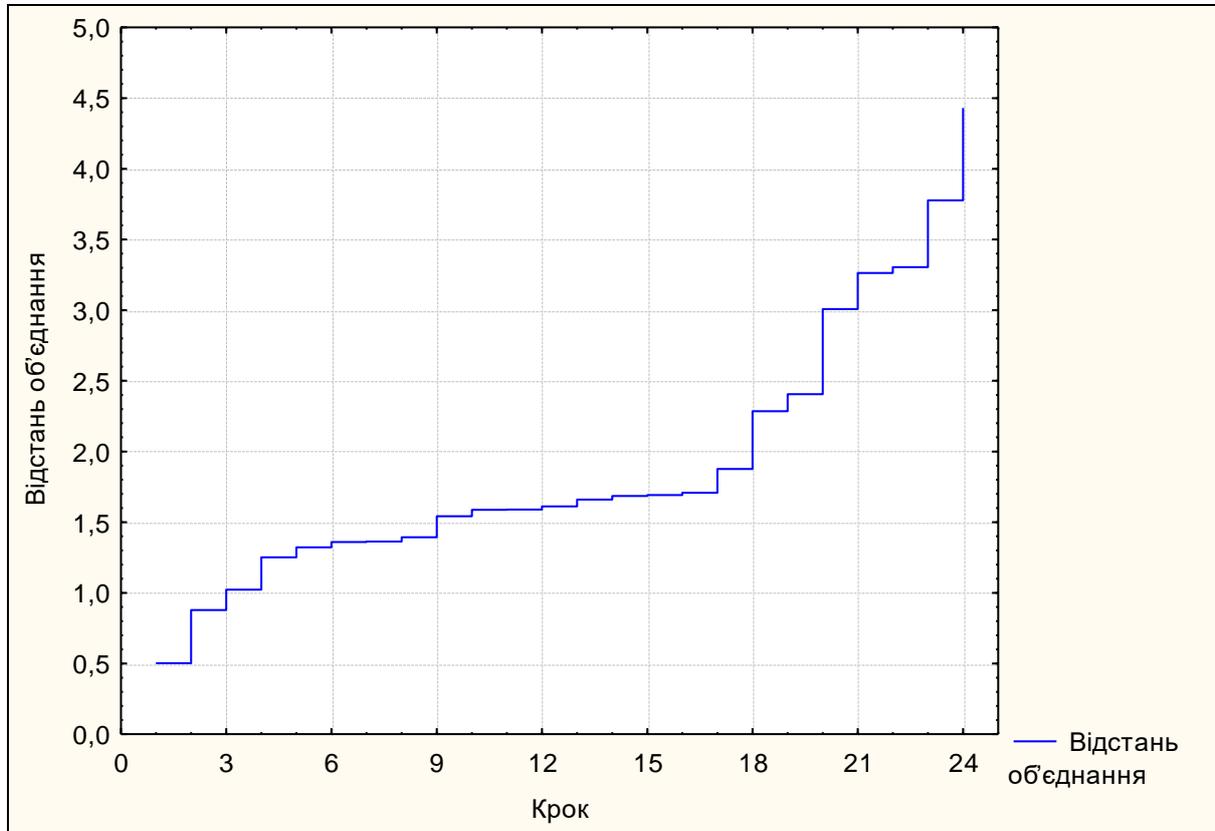


Рис. Ж.2. Графік списку об'єднання (показники r_{ij}^3)



Рис. Ж.3. Територіальне розміщення кластерів (показники r_{ij}^3)

Додаток 3

Алгоритм реалізації кластерного аналізу в табличному процесорі *Microsoft Excel* та матриці з вхідними і проміжними даними

Для автоматизації кластерного аналізу за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel* потрібно виконати такі дії:

1) побудувати на аркуші *Microsoft Excel* у комірках В3:P15 матрицю вхідних даних розмірністю 10×13 (див. рис. 3.1);

2) увести формули обчислення середнього значення та стандартного відхилення в комірки D14:D15:

D14=СРЗНАЧ(D4:D13),

D15=СТАНДОТКЛОН(D4:D13);

3) скопіювати їх у комірки E14:P14 та E15:P15 відповідно;

4) побудувати на тому ж аркуші *Microsoft Excel* у комірках R3:AF13 матрицю стандартизованих вхідних даних (див. рис. 3.1);

5) увести формули в комірки T4:AF4:

T4=(D4-\$D\$14)/\$D\$15,

U4=(E4-\$E\$14)/\$E\$15,

V4=(F4-\$F\$14)/\$F\$15,

W4=(G4-\$G\$14)/\$G\$15,

X4=(H4-\$H\$14)/\$H\$15,

V4=(I4-\$I\$14)/\$I\$15,

Z4=(J4-\$J\$14)/\$J\$15,

AA4=(K4-\$K\$14)/\$K\$15,

AB4=(L4-\$L\$14)/\$L\$15,

AC4=(M4-\$M\$14)/\$M\$15,

AD4=(N4-\$N\$14)/\$N\$15,

AE4=(O4-\$O\$14)/\$O\$15,

AF4=(P4-\$P\$14)/\$P\$15;

6) скопіювати їх у комірки T5:T13, U5:U13, V5:V13, W5:W13, X5:X13, Y5:Y13, Z5:Z13, AA5:AA13, AB5:AB13, AC5:AC13, AD5:AD13, AE5:AE13 та AF5:AE13 відповідно;

7) побудувати на тому ж аркуші *Microsoft Excel* у комірках C17:M27 матрицю евклідових відстаней (див. рис. 3.1);

8) увести формули в комірки D18:M18:

D18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$4;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$4;2)+
+СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$4;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$4;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$4;2)+
+СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$4;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$4;2)+
+СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$4;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$4;2)+

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
2	Матриця вхідних даних													Матриця стандартизованих вхідних даних																	
3	№ з/п	Товар	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	№ з/п	Товар	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
4	1	Товар 1														1	Товар 1														
5	2	Товар 2														2	Товар 2														
6	3	Товар 3														3	Товар 3														
7	4	Товар 4														4	Товар 4														
8	5	Товар 5														5	Товар 5														
9	6	Товар 6														6	Товар 6														
10	7	Товар 7														7	Товар 7														
11	8	Товар 8														8	Товар 8														
12	9	Товар 9														9	Товар 9														
13	10	Товар 10														10	Товар 10														
14	Середнє																														
15	Станд. відх.																														
16	Матриця евклідових відстаней																														
17			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10																			
18	Товар 1																														
19	Товар 2																														
20	Товар 3																														
21	Товар 4																														
22	Товар 5																														
23	Товар 6																														
24	Товар 7																														
25	Товар 8																														
26	Товар 9																														
27	Товар 10																														

Рис. 3.1. Матриці для кластерного аналізу на аркуші Microsoft Excel

+СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$4;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$4;2)+
 СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$4;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$4;2);1/2),
E18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$5;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$5;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$5;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$5;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$5;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$5;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$5;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$5;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$5;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$5;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$5;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$5;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$5;2);1/2),
F18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$6;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$6;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$6;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$6;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$6;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$6;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$6;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$6;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$6;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$6;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$6;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$6;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$6;2);1/2),
G18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$7;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$7;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$7;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$7;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$7;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$7;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$7;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$7;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$7;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$7;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$7;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$7;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$7;2);1/2),
H18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$8;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$8;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$8;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$8;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$8;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$8;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$8;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$8;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$8;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$8;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$8;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$8;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$8;2);1/2),
I18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$9;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$9;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$9;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$9;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$9;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$9;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$9;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$9;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$9;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$9;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$9;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$9;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$9;2);1/2),
J18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$10;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$10;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$10;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$10;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$10;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$10;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$10;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$10;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$10;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$10;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$10;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$10;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$10;2);1/2),

K18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$11;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$11;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$11;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$11;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$11;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$11;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$11;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$11;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$11;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$11;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$11;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$11;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$11;2);1/2),

L18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$12;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$12;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$12;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$12;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$12;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$12;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$12;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$12;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$12;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$12;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$12;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$12;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$12;2);1/2),

M18=СТЕПЕНЬ(СТЕПЕНЬ(T4-\$T\$13;2)+СТЕПЕНЬ(U4-\$U\$13;2)+
 +СТЕПЕНЬ(V4-\$V\$13;2)+СТЕПЕНЬ(W4-\$W\$13;2)+СТЕПЕНЬ(X4-\$X\$13;2)+
 +СТЕПЕНЬ(Y4-\$Y\$13;2)+СТЕПЕНЬ(Z4-\$Z\$13;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AA4-\$AA\$13;2)+СТЕПЕНЬ(AB4-\$AB\$13;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AC4-\$AC\$13;2)+СТЕПЕНЬ(AD4-\$AD\$13;2)+
 +СТЕПЕНЬ(AE4-\$AE\$13;2)+СТЕПЕНЬ(AF4-\$AF\$13;2);1/2);

9) скопіювати їх у комірки D19:D27, E19:E27, F19:F27, G19:G27, H19:H27, I19:I27, J19:J27, K19:K27, L19:L27 та M19:M27 відповідно.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
2	Матриця вхідних даних															
3	№ з/п	Товар	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
4	1	Товар 1	946,0	760,0	553,0	396,0	420,0	400,0	332,0	457,0	568,0	527,7	621,8	765,95	972,11	
5	2	Товар 2	277,0	213,0	206,0	155,0	160,0	175,0	167,0	209,0	290,0	332,0	309,0	301,0	330,0	
6	3	Товар 3	222,0	163,0	117,0	113,0	109,0	135,0	158,0	131,0	148,0	116,0	120,0	104,0	100,0	
7	4	Товар 4	1 293,0	915,0	662,0	691,0	700,0	699,0	1 021,0	1 179,0	1 309,0	1 277,9	1 464,8	1 447,7	1 507,8	
8	5	Товар 5	73,5	59,0	46,3	52,0	52,7	67,5	105,0	129,0	169,0	224,0	274,0	217,0	246,0	
9	6	Товар 6	3 894,0	3 296,0	2 034,0	1 984,0	1 858,0	1 780,0	1 947,0	1 621,0	2 486,0	2 147,0	2 139,0	2 592,0	1 867,0	
10	7	Товар 7	5 319,0	4 965,0	4 320,0	3 890,0	3 368,0	3 076,0	2 984,0	2 986,0	2 819,0	2 948,0	2 931,0	2 655,0	2 908,0	
11	8	Товар 8	4 114,0	3 452,0	3 060,0	2 676,0	2 510,0	2 464,0	2 450,0	2 358,0	2 427,0	2 307,0	2 264,0	2 151,0	2 034,0	
12	9	Товар 9	315,0	283,0	328,0	401,0	515,0	668,0	732,0	757,0	860,0	554,0	568,0	544,0	585,0	
13	10	Товар 10	223,0	172,0	142,0	165,0	155,0	117,0	111,0	115,0	107,0	99,7	104,0	107,0	107,0	
14	Середнє		1 667,7	1 427,8	1 146,8	1 052,3	984,8	958,2	1 000,7	994,2	1 118,3	1 053,3	1 079,6	1 088,5	1 065,7	
15	Станд. відх.		1 983,7	1 784,0	1 488,5	1 334,1	1 173,5	1 089,5	1 077,5	1 026,4	1 076,7	1 050,4	1 037,5	1 037,4	970,3	

Рис. 3.2. Матриця вхідних даних для України

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
2	Матриця вхідних даних															
3	№ з/п	Товар	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
4	1	Товар 1	23,1	21,8	20,9	16,2	12,5	13,6	13,2	12,3	16,1	19,8	22,2	26,8	31,4	
5	2	Товар 2	4,7	4,0	4,7	3,0	3,1	6,7	12,1	16,7	13,8	17,0	13,9	15,1	17,3	
6	3	Товар 3	6,3	5,7	4,7	4,0	4,8	6,3	7,1	4,0	4,0	3,7	4,3	4,3	5,3	
7	4	Товар 4	22,9	15,8	9,4	8,2	9,7	12,4	27,8	25,2	32,8	37,1	40,9	24,6	29,7	
8	5	Товар 5	2,0	1,7	1,5	1,5	1,3	3,2	5,9	6,2	6,4	8,7	8,5	5,5	8,2	
9	6	Товар 6	81,5	103,3	67,9	67,8	76,4	71,0	70,5	77,8	223,2	181,2	198,7	113,5	137,1	
10	7	Товар 7	136,4	112,9	84,7	83,0	84,1	90,6	70,3	63,5	74,8	78,1	72,3	58,6	70,6	
11	8	Товар 8	59,5	49,3	44,5	39,9	41,5	42,7	45,4	45,7	49,2	48,7	46,6	46,5	47,1	
12	9	Товар 9	4,3	4,3	4,6	5,4	7,1	7,4	6,0	3,9	8,2	11,0	8,5	8,3	8,8	
13	10	Товар 10	2,1	2,8	1,8	2,7	6,2	7,0	4,5	5,2	10,4	9,9	10,2	10,2	10,8	
14	Середнє		34,28	32,16	24,47	23,17	24,67	26,09	26,28	26,05	43,89	41,52	42,61	31,34	36,63	
15	Станд. відх.		44,95	42,57	30,50	30,01	31,48	31,27	26,46	26,98	66,94	54,19	59,02	34,04	40,88	

Рис. 3.3. Матриця вхідних даних для Волині

Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
Матриця стандартизованих вхідних даних															
№ з/п	Товар	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
1	Товар 1	-0,3638	-0,3743	-0,3989	-0,4920	-0,4813	-0,5123	-0,6206	-0,5234	-0,5111	-0,5004	-0,4412	-0,3109	-0,0964	
2	Товар 2	-0,7010	-0,6809	-0,6321	-0,6726	-0,7028	-0,7188	-0,7738	-0,7650	-0,7693	-0,6867	-0,7427	-0,7591	-0,7582	
3	Товар 3	-0,7288	-0,7090	-0,6919	-0,7041	-0,7463	-0,7555	-0,7821	-0,8410	-0,9012	-0,8924	-0,9249	-0,9490	-0,9952	
4	Товар 4	-0,1889	-0,2874	-0,3257	-0,2708	-0,2427	-0,2379	0,0188	0,1800	0,1771	0,2138	0,3713	0,3463	0,4556	
5	Товар 5	-0,8036	-0,7673	-0,7393	-0,7498	-0,7943	-0,8175	-0,8313	-0,8429	-0,8817	-0,7896	-0,7764	-0,8401	-0,8448	
6	Товар 6	1,1223	1,0472	0,5960	0,6984	0,7441	0,7543	0,8783	0,6107	1,2703	1,0412	1,0211	1,4494	0,8258	
7	Товар 7	1,8407	1,9827	2,1318	2,1271	2,0309	1,9439	1,8407	1,9405	1,5796	1,8038	1,7845	1,5101	1,8986	
8	Товар 8	1,2332	1,1346	1,2853	1,2171	1,2997	1,3822	1,3451	1,3287	1,2155	1,1935	1,1416	1,0243	0,9979	
9	Товар 9	-0,6819	-0,6417	-0,5501	-0,4882	-0,4003	-0,2663	-0,2494	-0,2311	-0,2399	-0,4754	-0,4931	-0,5249	-0,4954	
10	Товар 10	-0,7283	-0,7039	-0,6751	-0,6651	-0,7071	-0,7721	-0,8257	-0,8565	-0,9393	-0,9079	-0,9403	-0,9461	-0,9880	

Рис. 3.4. Матриця стандартизованих вхідних даних для України

Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
Матриця стандартизованих вхідних даних															
№ з/п	Товар	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
1	Товар 1	-0,2487	-0,2434	-0,1170	-0,2323	-0,3866	-0,3994	-0,4943	-0,5097	-0,4151	-0,4008	-0,3458	-0,1334	-0,1279	
2	Товар 2	-0,6581	-0,6615	-0,6482	-0,6722	-0,6852	-0,6200	-0,5359	-0,3466	-0,4495	-0,4525	-0,4864	-0,4771	-0,4729	
3	Товар 3	-0,6225	-0,6216	-0,6482	-0,6389	-0,6312	-0,6328	-0,7248	-0,8174	-0,5959	-0,6979	-0,6491	-0,7943	-0,7664	
4	Товар 4	-0,2532	-0,3843	-0,4941	-0,4989	-0,4755	-0,4377	0,0574	-0,0315	-0,1657	-0,0816	-0,0290	-0,1980	-0,1695	
5	Товар 5	-0,7182	-0,7156	-0,7531	-0,7222	-0,7424	-0,7319	-0,7702	-0,7358	-0,5601	-0,6056	-0,5779	-0,7591	-0,6955	
6	Товар 6	1,0505	1,6712	1,4239	1,4874	1,6432	1,4360	1,6711	1,9184	2,6787	2,5775	2,6447	2,4135	2,4579	
7	Товар 7	2,2720	1,8968	1,9747	1,9940	1,8878	2,0627	1,6635	1,3883	0,4618	0,6750	0,5030	0,8008	0,8310	
8	Товар 8	0,5611	0,4027	0,6567	0,5576	0,5346	0,5311	0,7225	0,7284	0,0793	0,1325	0,0676	0,4453	0,2561	
9	Товар 9	-0,6670	-0,6545	-0,6514	-0,5922	-0,5581	-0,5976	-0,7664	-0,8211	-0,5332	-0,5632	-0,5779	-0,6768	-0,6808	
10	Товар 10	-0,7159	-0,6897	-0,7432	-0,6822	-0,5867	-0,6104	-0,8231	-0,7729	-0,5003	-0,5835	-0,5491	-0,6210	-0,6319	

Рис. 3.5. Матриця стандартизованих вхідних даних для Волині

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
16	Матриця евклідових відстаней										
17		T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10
18	Товар 1	0,0000	1,1399	1,5450	1,8732	1,4287	4,9912	8,3715	5,9980	0,8762	1,5544
19	Товар 2	1,1399	0,0000	0,4476	2,8774	0,3183	6,0189	9,3843	6,9908	1,1875	0,4709
20	Товар 3	1,5450	0,4476	0,0000	3,2933	0,2990	6,3883	9,7281	7,3352	1,5217	0,0882
21	Товар 4	1,8732	2,8774	3,2933	0,0000	3,1562	3,4391	6,8803	4,5079	1,9473	3,3181
22	Товар 5	1,4287	0,3183	0,2990	3,1562	0,0000	6,3246	9,6933	7,3000	1,4557	0,3268
23	Товар 6	4,9912	6,0189	6,3883	3,4391	6,3246	0,0000	3,7378	1,5657	5,0673	6,4043
24	Товар 7	8,3715	9,3843	9,7281	6,8803	9,6933	3,7378	0,0000	2,4634	8,4100	9,7358
25	Товар 8	5,9980	6,9908	7,3352	4,5079	7,3000	1,5657	2,4634	0,0000	5,9906	7,3477
26	Товар 9	0,8762	1,1875	1,5217	1,9473	1,4557	5,0673	8,4100	5,9906	0,0000	1,5564
27	Товар 10	1,5544	0,4709	0,0882	3,3181	0,3268	6,4043	9,7358	7,3477	1,5564	0,0000

Рис. 3.6. Матриця евклідових відстаней для України

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
16	Матриця евклідових відстаней										
17		T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10
18	Товар 1	0,0000	1,1158	1,4317	1,0228	1,5109	8,3257	6,6481	2,8646	1,3015	1,3593
19	Товар 2	1,1158	0,0000	0,7479	1,1918	0,6445	9,0930	7,5628	3,7010	0,6421	0,5975
20	Товар 3	1,4317	0,7479	0,0000	1,7858	0,2966	9,6195	7,8828	4,1260	0,2487	0,3446
21	Товар 4	1,0228	1,1918	1,7858	0,0000	1,7620	7,9992	6,6007	2,7225	1,6647	1,6725
22	Товар 5	1,5109	0,6445	0,2966	1,7620	0,0000	9,6363	8,0226	4,2234	0,3199	0,2712
23	Товар 6	8,3257	9,0930	9,6195	7,9992	9,6363	0,0000	4,6048	5,9802	9,4543	9,4750
24	Товар 7	6,6481	7,5628	7,8828	6,6007	8,0226	4,6048	0,0000	3,9427	7,7934	7,8783
25	Товар 8	2,8646	3,7010	4,1260	2,7225	4,2234	5,9802	3,9427	0,0000	4,0197	4,0840
26	Товар 9	1,3015	0,6421	0,2487	1,6647	0,3199	9,4543	7,7934	4,0197	0,0000	0,1858
27	Товар 10	1,3593	0,5975	0,3446	1,6725	0,2712	9,4750	7,8783	4,0840	0,1858	0,0000

Рис. 3.7. Матриця евклідових відстаней для Волині

Додаток И

Алгоритм реалізації методу головних компонент факторного аналізу за допомогою програмного пакету *StatSoft Statistica 6.0*

Для автоматизації методу головних компонент факторного аналізу за допомогою програми *StatSoft Statistica 6.0* потрібно виконати такі дії:

1) завантажити програму:

Пуск → Програми → *STATISTICA 6.0* → *STATISTICA*;

2) створити файл із даними:

File (Файл) → *New* (Новий) → у рядку “*Number of variables*” увести кількість змінних → у рядку “*Number of cases*” увести кількість об’єктів → *OK* → заповнити створений файл даними;

3) стандартизувати дані, тобто провести т. зв. *z*-перетворення: виділити всі комірки з введеними даними → *Data* (Дані) → *Standardize* (Стандартизувати) → *OK*;

4) вибрати метод факторного аналізу:

виділити всі комірки з даними → *Statistics* (Статистичні обчислення) → *Multivariate Exploratory Techniques* (Багатовимірні дослідницькі методи) → *Factor Analysis* (Факторний аналіз);

5) указати початкові параметри:

на вкладці “*Quick*” (Швидкий) у рядку “*Input file*” (Вхідний файл) вибрати одне з двох значень (у нашому випадку – *Raw data*): *Raw data* – неопрацьовані дані типу “об’єкт-ознака”, *Correlation matrix* – кореляційна матриця → *OK*;

б) переглянути кореляційну матрицю:

Descriptives (Описові) → *Review correlations, means, standard deviations* (Перегляд кореляцій, середніх, стандартних відхилень) → *Advanced* (Поглиблений) → *Correlations* (Кореляції) → *Cancel* (Скасувати);

7) вибрати метод факторного аналізу:

Advanced (Поглиблений) → у блоці “*Extraction method*” (Метод відбору) поставити перемикач на опції “*Principal components*” (Головні компоненти) → у рядку “*Max. no. of factors*” увести максимальну кількість факторів, яка відповідає кількості змінних (у нашому випадку – 10) → у рядку “*Mini. eigenvalue*” ввести мінімальне власне значення, яке дорівнює нулю → *OK*;

8) переглянути власні значення та їхню діаграму:

Закінчення додатка И

Explained variance (Пояснена розбіжність) → *Eigenvalues* (Власні значення) → підрахувати кількість власних значень більших за одиницю (у нашому випадку – два) → *Scree plot* (Діаграма кам'янистого осипу) → *Cancel* (Скасувати);

9) провести обертання факторів:

Advanced (Поглиблений) → у рядку “*Max. no. of factors*” увести максимальну кількість факторів, яка відповідає кількості власних значень більших за одиницю (у нашому випадку – два) → у рядку “*Mini. eigenvalue*” увести мінімальне власне значення, яке дорівнює нулю → *OK* → *Loadings* (Навантаження) → у рядку “*Factor rotation*” (Факторне обертання) вказати “*Varimax raw*” (Варімакс необроблений) → у рядку “*Highlight factor loadings greater then*” увести значення факторних навантажень, більше якого потрібно висвітлити в таблиці іншим кольором (наприклад, 0,60);

10) ознайомитись із результатами:

Summary: Factor loadings – зведення факторних навантажень;

Plot of loadings, 3D – 3-вимірна діаграма навантажень;

11) зберегти результати:

File (Файл) → *Save* (Зберегти) → у рядку “Ім'я файла” увести назву → *Зберегти*.

Додаток К

Матриці з вхідними і проміжними даними для факторного аналізу

Таблиця К.1

Матриця вхідних даних для України (виробництво продукції, тис. т)

Рік	Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10
1995	946,0	277,0	222,0	1 293,0	73,5	3 894,0	5 319,0	4 114,0	315,0	223,0
1996	760,0	213,0	163,0	915,0	59,0	3 296,0	4 965,0	3 452,0	283,0	172,0
1997	553,0	206,0	117,0	662,0	46,3	2 034,0	4 320,0	3 060,0	328,0	142,0
1998	396,0	155,0	113,0	691,0	52,0	1 984,0	3 890,0	2 676,0	401,0	165,0
1999	420,0	160,0	109,0	700,0	52,7	1 858,0	3 368,0	2 510,0	515,0	155,0
2000	400,0	175,0	135,0	699,0	67,5	1 780,0	3 076,0	2 464,0	668,0	117,0
2001	332,0	167,0	158,0	1 021,0	105,0	1 947,0	2 984,0	2 450,0	732,0	111,0
2002	457,0	209,0	131,0	1 179,0	129,0	1 621,0	2 986,0	2 358,0	757,0	115,0
2003	568,0	290,0	148,0	1 309,0	169,0	2 486,0	2 819,0	2 427,0	860,0	107,0
2004	527,7	332,0	116,0	1 277,9	224,0	2 147,0	2 948,0	2 307,0	554,0	99,7
2005	621,8	309,0	120,0	1 464,8	274,0	2 139,0	2 931,0	2 264,0	568,0	104,0
2006	765,95	301,0	104,0	1 447,7	217,0	2 592,0	2 655,0	2 151,0	544,0	107,0
2007	972,11	330,0	100,0	1 507,8	246,0	1 867,0	2 908,0	2 034,0	585,0	107,0

Таблиця К.2

Матриця вхідних даних для Волині (виробництво продукції, тис. т)

Рік	Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10
1995	23,1	4,7	6,3	22,9	2,0	81,5	136,4	59,5	4,3	2,1
1996	21,8	4,0	5,7	15,8	1,7	103,3	112,9	49,3	4,3	2,8
1997	20,9	4,7	4,7	9,4	1,5	67,9	84,7	44,5	4,6	1,8
1998	16,2	3,0	4,0	8,2	1,5	67,8	83,0	39,9	5,4	2,7
1999	12,5	3,1	4,8	9,7	1,3	76,4	84,1	41,5	7,1	6,2
2000	13,6	6,7	6,3	12,4	3,2	71,0	90,6	42,7	7,4	7,0
2001	13,2	12,1	7,1	27,8	5,9	70,5	70,3	45,4	6,0	4,5
2002	12,3	16,7	4,0	25,2	6,2	77,8	63,5	45,7	3,9	5,2
2003	16,1	13,8	4,0	32,8	6,4	223,2	74,8	49,2	8,2	10,4
2004	19,8	17,0	3,7	37,1	8,7	181,2	78,1	48,7	11,0	9,9
2005	22,2	13,9	4,3	40,9	8,5	198,7	72,3	46,6	8,5	10,2
2006	26,8	15,1	4,3	24,6	5,5	113,5	58,6	46,5	8,3	10,2
2007	31,4	17,3	5,3	29,7	8,2	137,1	70,6	47,1	8,8	10,8

Таблиця К.3

Матриця стандартизованих вхідних даних для України

Рік	Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10
1995	1,6821	0,5423	2,6576	0,6276	-0,6987	2,4736	2,1116	2,5358	-1,2920	2,4547
1996	0,7937	-0,4036	0,8851	-0,5398	-0,8721	1,5569	1,7064	1,4001	-1,4702	1,0688
1997	-0,1949	-0,5070	-0,4969	-1,3212	-1,0240	-0,3777	0,9679	0,7276	-1,2195	0,2536
1998	-0,9448	-1,2608	-0,6170	-1,2316	-0,9558	-0,4543	0,4756	0,0688	-0,8129	0,8786
1999	-0,8302	-1,1869	-0,7372	-1,2038	-0,9475	-0,6475	-0,1220	-0,2160	-0,1778	0,6068
2000	-0,9257	-0,9652	0,0439	-1,2069	-0,7705	-0,7671	-0,4563	-0,2950	0,6745	-0,4258
2001	-1,2505	-1,0834	0,7349	-0,2124	-0,3220	-0,5111	-0,5616	-0,3190	1,0310	-0,5888
2002	-0,6534	-0,4627	-0,0763	0,2755	-0,0350	-1,0108	-0,5593	-0,4768	1,1703	-0,4801
2003	-0,1233	0,7344	0,4345	0,6770	0,4434	0,3152	-0,7505	-0,3584	1,7440	-0,6975
2004	-0,3158	1,3551	-0,5269	0,5810	1,1012	-0,2045	-0,6028	-0,5643	0,0394	-0,8959
2005	0,1337	1,0152	-0,4067	1,1582	1,6992	-0,2167	-0,6223	-0,6381	0,1174	-0,7791
2006	0,8222	0,8970	-0,8874	1,1054	1,0175	0,4777	-0,9383	-0,8319	-0,0163	-0,6975
2007	1,8068	1,3256	-1,0076	1,2910	1,3643	-0,6337	-0,6486	-1,0327	0,2121	-0,6975

Таблиця К.4

Матриця стандартизованих вхідних даних для Волині

Рік	Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10
1995	0,6559	-0,9383	1,2326	0,0084	-0,9198	-0,5761	2,5367	2,6681	-1,1209	-1,2367
1996	0,4360	-1,0585	0,6800	-0,6408	-1,0235	-0,1783	1,4189	0,5483	-1,1209	-1,0375
1997	0,2837	-0,9383	-0,2408	-1,2260	-1,0926	-0,8243	0,0776	-0,4492	-0,9838	-1,3220
1998	-0,5114	-1,2303	-0,8855	-1,3357	-1,0926	-0,8261	-0,0033	-1,4052	-0,6184	-1,0659
1999	-1,1374	-1,2131	-0,1488	-1,1986	-1,1617	-0,6692	0,0490	-1,0727	0,1581	-0,0700
2000	-0,9513	-0,5947	1,2326	-0,9517	-0,5051	-0,7677	0,3582	-0,8233	0,2952	0,1576
2001	-1,0190	0,3330	1,9693	0,4565	0,4280	-0,7768	-0,6074	-0,2622	-0,3443	-0,5538
2002	-1,1712	1,1233	-0,8855	0,2188	0,5317	-0,6436	-0,9308	-0,1998	-1,3036	-0,3546
2003	-0,5283	0,6251	-0,8855	0,9137	0,6008	2,0098	-0,3933	0,5275	0,6606	1,1250
2004	0,0976	1,1748	-1,1617	1,3069	1,3957	1,2433	-0,2364	0,4236	1,9396	0,9828
2005	0,5036	0,6423	-0,6092	1,6543	1,3266	1,5627	-0,5123	-0,0128	0,7976	1,0681
2006	1,2818	0,8484	-0,6092	0,1639	0,2898	0,0079	-1,1639	-0,0336	0,7063	1,0681
2007	2,0600	1,2264	0,3117	0,6302	1,2229	0,4385	-0,5931	0,0911	0,9346	1,2389

Таблиця К.5

Кореляційна матриця для України

	Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10
Товар 1	1,0000	0,6806	0,2553	0,6150	0,3572	0,6409	0,3430	0,3267	-0,3922	0,2891
Товар 2	0,6806	1,0000	-0,0628	0,8867	0,8496	0,2775	-0,2402	-0,1941	0,0965	-0,3211
Товар 3	0,2553	-0,0628	1,0000	0,0416	-0,3713	0,7594	0,6482	0,8086	-0,1924	0,6456
Товар 4	0,6150	0,8867	0,0416	1,0000	0,8738	0,2383	-0,3543	-0,2683	0,3078	-0,3536
Товар 5	0,3572	0,8496	-0,3713	0,8738	1,0000	-0,1411	-0,6363	-0,6143	0,3980	-0,6723
Товар 6	0,6409	0,2775	0,7594	0,2383	-0,1411	1,0000	0,7137	0,7963	-0,5327	0,6835
Товар 7	0,3430	-0,2402	0,6482	-0,3543	-0,6363	0,7137	1,0000	0,9620	-0,8210	0,9204
Товар 8	0,3267	-0,1941	0,8086	-0,2683	-0,6143	0,7963	0,9620	1,0000	-0,6877	0,9109
Товар 9	-0,3922	0,0965	-0,1924	0,3078	0,3980	-0,5327	-0,8210	-0,6877	1,0000	-0,7342
Товар 10	0,2891	-0,3211	0,6456	-0,3536	-0,6723	0,6835	0,9204	0,9109	-0,7342	1,0000

Таблиця К.6

Кореляційна матриця для Волині

	Товар 1	Товар 2	Товар 3	Товар 4	Товар 5	Товар 6	Товар 7	Товар 8	Товар 9	Товар 10
Товар 1	1,0000	0,2749	-0,0479	0,2996	0,2767	0,2942	0,0693	0,4155	0,2753	0,3147
Товар 2	0,2749	1,0000	-0,3247	0,8302	0,9482	0,5892	-0,6699	0,1207	0,5771	0,7657
Товар 3	-0,0479	-0,3247	1,0000	-0,2063	-0,2861	-0,4793	0,4664	0,2431	-0,3338	-0,3827
Товар 4	0,2996	0,8302	-0,2063	1,0000	0,9181	0,7987	-0,3283	0,4226	0,5826	0,6948
Товар 5	0,2767	0,9482	-0,2861	0,9181	1,0000	0,7134	-0,5973	0,1206	0,6888	0,8061
Товар 6	0,2942	0,5892	-0,4793	0,7987	0,7134	1,0000	-0,2639	0,2654	0,6952	0,7630
Товар 7	0,0693	-0,6699	0,4664	-0,3283	-0,5973	-0,2639	1,0000	0,5998	-0,4563	-0,5991
Товар 8	0,4155	0,1207	0,2431	0,4226	0,1206	0,2654	0,5998	1,0000	-0,0946	-0,0452
Товар 9	0,2753	0,5771	-0,3338	0,5826	0,6888	0,6952	-0,4563	-0,0946	1,0000	0,8842
Товар 10	0,3147	0,7657	-0,3827	0,6948	0,8061	0,7630	-0,5991	-0,0452	0,8842	1,0000

Додаток Л

Алгоритм реалізації багатокритеріальної оптимізаційної моделі за допомогою електронного процесора *Microsoft Excel*

Для автоматизації багатокритеріальної оптимізаційної моделі за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel* потрібно виконати такі дії:

1) створити на першому аркуші *Microsoft Excel* (назвемо його “*max* прибутку”) в комірках В2:Т29 таблицю (див рис. Л.1), яка буде розрахована на випуск 15 видів продукції з 5 видів основної сировини (у випадку, якщо кількість видів продукції чи основної сировини буде більшою, потрібно, відповідно, збільшити кількість стовпців чи рядків цієї таблиці);

2) увести в неї формули:

$$D11=D18/D10,$$

$$D14=D13-D12,$$

$D15=SS\$15/SS\$14*D14$ – не обов’язкова (вводиться тільки для тих підприємств, на яких постійні витрати розподіляються пропорційно маржинальному прибутку),

$$S4=D4 \times \$D\$18 + E4 \times \$E\$18 + F4 \times \$F\$18 + G4 \times \$G\$18 + H4 \times \$H\$18 + I4 \times \$I\$18 + J4 \times \$J\$18 + K4 \times \$K\$18 + L4 \times \$L\$18 + M4 \times \$M\$18 + N4 \times \$N\$18 + O4 \times \$O\$18 + P4 \times \$P\$18 + Q4 \times \$Q\$18 + R4 \times \$R\$18;$$

3) скопіювати їх у комірки E11:R11, E14:R14, E15:R15 та S5:S8, S12:S14 відповідно;

4) увести також формули:

$$D24=S17=S14-S15,$$

$$D25=S13=D13 \times D18 + E13 \times E18 + F13 \times F18 + G13 \times G18 + H13 \times H18 + I13 \times I18 + J13 \times J18 + K13 \times K18 + L13 \times L18 + M13 \times M18 + N13 \times N18 + O13 \times O18 + P13 \times P18 + Q13 \times Q18 + R13 \times R18,$$

$$D26=S16=S12+S15,$$

$$D27=S18=СУММ(D18:R18),$$

$$D28=СУММ(S4:S8),$$

$$D29=S9=D9 \times D11 + E9 \times E11 + F9 \times F11 + G9 \times G11 + H9 \times H11 + I9 \times I11 + J9 \times J11 + K9 \times K11 + L9 \times L11 + M9 \times M11 + N9 \times N11 + O9 \times O11 + P9 \times P11 + Q9 \times Q11 + R9 \times R11;$$

5) створити на цьому ж аркуші *Microsoft Excel* у комірках В31:С36 допоміжну таблицю розподілу величин поступок, необхідних для перетворення в екстремум кожного наступного критерію ефективності (див. рис. Л.2). Їхні випадкові значення відповідатимуть дискретному закону розподілу й будуть у межах від 1 до 5 %, а ймовірність їх вибору буде однаковою для всіх варіантів ($\frac{1}{5} = 0,2$);

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
2	Вид основної сировини	Познач. у формулі	Витрати основної сировини на калькуляційну одиницю j-го виду продукції															\sum з усього об- сягу продукції	Обмеження	
3			x_1	x_2																x_{15}
4		a_{ij}																	A_1	
5																				A_2
6																				
7																				
8																				A_5
9	затрати часу на партію випуску продукції	t_j																	T	
10	місткість партії випуску	x_j																		
11	кількість партій	x_j/x_j																		
12	змінні загальні витрати	z_j																	Z	
13	чистий дохід	c_j																		
14	маржинальний прибуток	$c_j - z_j$																		
15	постійні загальні витрати	v_j																		
16	загальні витрати (повна собівартість)	k_3																		
17	прибуток	k_1																		
18	обсяг продукції	x_j																		
19	обмеження																			
20	із виготовлення продукції	X_j^{\min}, X_j^{\min}																		
21		X_j^{\max}, X_j^{\max}																		
22	невід'ємність змінних	x_j	0																	
23	критерії																	поступка Δk	обмеження \bar{k}	
24	max прибутку	k_1																		
25	max чистого доходу	k_2																		
26	min повної собівартості	k_3																		
27	max випуску продукції	k_4																		
28	min витрат осн. сировини	k_5																		
29	min затрат часу	k_6																		

Рис. Л.1. Багатокритеріальна оптимізаційна модель випуску продукції

	В	С
31	Поступка	Імовірність
32	0,01	0,2
33	0,02	0,2
34	0,03	0,2
35	0,04	0,2
36	0,05	0,2

Рис. Л.2. Розподіл величин поступок

б) скопіювати аркуш “*max* прибутку” на другий аркуш *Microsoft Excel*, який назвемо “*max* чистого доходу”;

7) увести на ньому в комірках D4:R10, D12:R13, D20:S21, S15, T4:T9 і T12 формули, які копіюватимуть початкові дані, внесені на аркуші “*max* прибутку”:

D4='*max* прибутку'!D4,

D5='*max* прибутку'!D5,

D6='*max* прибутку'!D6 і т. д.;

8) увести також формулу, яка зменшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_1 :

T24='*max* прибутку'!D24 \times (1-S24);

9) скопіювати аркуш “*max* чистого доходу” на третій аркуш *Microsoft Excel*, який назвемо “*min* повної собівартості”;

10) увести на ньому формулу, яка копіюватиме величину поступки Δk_1 із попереднього аркуша:

S24='*max* чистого доходу'!S24;

11) увести на ньому формулу, яка зменшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_2 :

T25='*max* чистого доходу'!D25 \times (1-S25);

12) скопіювати аркуш “*min* повної собівартості” на четвертий аркуш *Microsoft Excel*, який назвемо “*max* випуску”;

13) увести на ньому формулу, яка копіюватиме величину поступки Δk_2 із попереднього аркуша:

S25='*min* повної собівартості'!S25;

14) увести на ньому формулу, яка збільшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_3 :

T26='*min* повної собівартості'!D26 \times (1+S26);

15) скопіювати аркуш “*max* випуску” на п'ятий аркуш *Microsoft Excel*, який назвемо “*min* сировини”;

16) увести на ньому формулу, яка копіюватиме величину поступки Δk_3 із попереднього аркуша:

S26='max випуску'!S26;

17) увести на ньому формулу, яка зменшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_4 :

T27='max випуску'!D27 \times (1-S27);

18) скопіювати аркуш “min сировини” на шостий аркуш *Microsoft Excel*, який назвемо “min часу”;

19) увести на ньому формулу, яка копіюватиме величину поступки Δk_4 із попереднього аркуша:

S27='min сировини'!S27;

20) увести на ньому формулу, яка збільшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_5 :

T28='min сировини'!D28 \times (1+S28);

21) внести вхідні дані стосовно якогось конкретного підприємства, заповнивши на першому аркуші *Microsoft Excel* “max прибутку” комірки такою інформацією (вона автоматично з’явиться на наступних п’яти аркушах):

D4:R8 – нормативні витрати i -го виду основної сировини на виготовлення калькуляційної одиниці продукції j -го виду,

T4:T8 – обмеження по кожному виду основної сировини,

D9:R9 – нормативні затрати часу на партію випуску продукції j -го виду,

T9 – обмеження щодо часу,

D10:R10 – місткість партії випуску продукції j -го виду,

D12:R12 – змінні загальні витрати на виготовлення калькуляційної одиниці продукції j -го виду,

T12 – обмеження щодо цього виду витрат,

D13:R13 – чистий дохід від продажу калькуляційної одиниці продукції j -го виду,

S15 – сума постійних загальних витрат,

D18:R18 – планований обсяг випуску продукції j -го виду,

D20:R20 та D21:R21 – нижні та верхні межі з виготовлення продукції j -го виду,

S20 і S21 – нижні та верхні межі щодо всієї продукції;

22) знайти на першому аркуші за допомогою надбудови *Microsoft Excel* “Пошук рішення” максимальний прибуток (діалогове вікно див. на рис. Л.3). Цей механізм є одним із найбільш ефективних для розв’язання систем рівнянь й оптимізаційних задач, які, зазвичай, можуть бути зведені до наступної: знайти значення аргументів цільової функції, де вона має максимум або мінімум; при цьому задаються обмеження-нерівності на значення самої цільової функції або інших функцій, аргументів [143, 5];

23) отримані в комірках D18:R18 обсяги продукції скопіювати в комірки з такою ж адресою на другий аркуш;

24) згенерувати на другому аркуші за допомогою інструменту “Генерація випадкових чисел” пакету “Аналіз даних” *Microsoft Excel* у комірці S24 поступку Δk_1 для перетворення в екстремум другого критерію оптимальності на цьому аркуші (діалогове вікно див. на рис. Л.4);

25) знайти на другому аркуші максимальний чистий дохід (діалогове вікно див. на рис. Л.5);

26) отримані в комірках D18:R18 обсяги продукції скопіювати в комірки з такою ж адресою на третій аркуш;

27) згенерувати на третьому аркуші в комірці S25 поступку Δk_2 для перетворення в екстремум критерію оптимальності на цьому аркуші (діалогове вікно див. на рис. Л.6);

28) знайти на третьому аркуші мінімальну повну собівартість (діалогове вікно див. на рис. Л.7);

29) отримані в комірках D18:R18 обсяги продукції скопіювати в комірки з такою ж адресою на четвертий аркуш;

30) згенерувати на четвертому аркуші в комірці S26 поступку Δk_3 для перетворення в екстремум критерію оптимальності на цьому аркуші (діалогове вікно див. на рис. Л.8);

31) знайти на четвертому аркуші максимальний випуск продукції (діалогове вікно див. на рис. Л.9);

32) отримані в комірках D18:R18 обсяги продукції скопіювати в комірки з такою ж адресою на п’ятий аркуш;

33) згенерувати на п’ятому аркуші в комірці S27 поступку Δk_4 для перетворення в екстремум критерію оптимальності на цьому аркуші (діалогове вікно див. на рис. Л.10);

34) знайти на п’ятому аркуші мінімальні витрати основної сировини (діалогове вікно див. на рис. Л.11);

35) отримані в комірках D18:R18 обсяги продукції скопіювати в комірці з такою ж адресою на шостий аркуш;

36) згенерувати на шостому аркуші в комірці S28 поступку Δk_5 для перетворення в екстремум критерію оптимальності на цьому аркуші (діалогове вікно див. на рис. Л.12);

37) знайти на шостому аркуші мінімальні затрати часу (діалогове вікно див. на рис. Л.13).

Установити цільову комірку: D24, яка дорівнює: <input checked="" type="checkbox"/> максимальному значенню; <input type="checkbox"/> значенню 0 <input type="checkbox"/> мінімальному значенню;					
Змінюючи комірки: D18:R18					
Обмеження:					
$x_j \geq X_j^{\min}$	$x_j \leq X_j^{\max}$	$\sum_{j=1}^n z_j x_j \leq Z$	$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq A_i$	$\sum_{j=1}^n t_j' \frac{x_j}{x_j'} \leq T$	$x_j \geq 0$
D18>=D20	D18<=D21	S12<=T12	S4<=T4	S9<=T9	D18>=0
E18>=E20	E18<=E21		S5<=T5		E18>=0
F18>=F20	F18<=F21		S6<=T6		F18>=0
G18>=G20	G18<=G21		S7<=T7		G18>=0
H18>=H20	H18<=H21		S8<=T8		H18>=0
I18>=I20	I18<=I21				I18>=0
J18>=J20	J18<=J21				J18>=0
K18>=K20	K18<=K21	$\sum_{j=1}^n x_j \geq X^{\min}$	$\sum_{j=1}^n x_j \leq X^{\max}$		K18>=0
L18>=L20	L18<=L21				L18>=0
M18>=M20	M18<=M21	S18>=S20	S18<=S21		M18>=0
N18>=N20	N18<=N21				N18>=0
O18>=O20	O18<=O21				O18>=0
P18>=P20	P18<=P21				P18>=0
Q18>=Q20	Q18<=Q21				Q18>=0
R18>=R20	R18<=R21				R18>=0

Рис. Л.3. Діалогове вікно пошуку розв'язку для досягнення максимуму прибутку

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень й імовірностей:	\$B\$32:\$C\$36
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$\$S\$24
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Л.4. Діалогове вікно пошуку величини поступки Δk_1

Установити цільову комірку: D25, яка дорівнює: <input checked="" type="checkbox"/> максимальному значенню; <input type="checkbox"/> значенню 0 <input type="checkbox"/> мінімальному значенню;					
Змінюючи комірки: D18:R18					
Обмеження:					
$x_j \geq X_j^{\min}$	$x_j \leq X_j^{\max}$	$\sum_{j=1}^n z_j x_j \leq Z$	$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq A_i$	$\sum_{j=1}^n t_j' \frac{x_j}{x_j'} \leq T$	$x_j \geq 0$
D18>=D20	D18<=D21	S12<=T12	S4<=T4	S9<=T9	D18>=0
E18>=E20	E18<=E21		S5<=T5		E18>=0
F18>=F20	F18<=F21		S6<=T6		F18>=0
G18>=G20	G18<=G21		S7<=T7		G18>=0
H18>=H20	H18<=H21		S8<=T8		H18>=0
I18>=I20	I18<=I21				I18>=0
J18>=J20	J18<=J21	$\sum_{j=1}^n x_j \geq X^{\min}$	$\sum_{j=1}^n x_j \leq X^{\max}$		J18>=0
K18>=K20	K18<=K21				K18>=0
L18>=L20	L18<=L21				L18>=0
M18>=M20	M18<=M21	S18>=S20	S18<=S21		M18>=0
N18>=N20	N18<=N21				N18>=0
O18>=O20	O18<=O21				O18>=0
P18>=P20	P18<=P21				P18>=0
Q18>=Q20	Q18<=Q21				Q18>=0
R18>=R20	R18<=R21				R18>=0
\bar{k}_1					
D24>=T24					

Рис. Л.5. Діалогове вікно пошуку розв'язку для досягнення максимуму чистого доходу

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень й імовірностей:	\$B\$32:\$C\$36
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$\$25
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Л.6. Діалогове вікно пошуку величини поступки Δk_2

Установити цільову комірку: D26, яка дорівнює: <input type="checkbox"/> максимальному значенню; <input type="checkbox"/> значенню 0 <input checked="" type="checkbox"/> мінімальному значенню;					
Змінюючи комірки: D18:R18					
Обмеження:					
$x_j \geq X_j^{\min}$	$x_j \leq X_j^{\max}$	$\sum_{j=1}^n z_j x_j \leq Z$	$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq A_i$	$\sum_{j=1}^n t_j' \frac{x_j}{x_j'} \leq T$	$x_j \geq 0$
D18>=D20	D18<=D21	S12<=T12	S4<=T4	S9<=T9	D18>=0
E18>=E20	E18<=E21		S5<=T5		E18>=0
F18>=F20	F18<=F21		S6<=T6		F18>=0
G18>=G20	G18<=G21		S7<=T7		G18>=0
H18>=H20	H18<=H21		S8<=T8		H18>=0
I18>=I20	I18<=I21				I18>=0
J18>=J20	J18<=J21	$\sum_{j=1}^n x_j \geq X^{\min}$	$\sum_{j=1}^n x_j \leq X^{\max}$		J18>=0
K18>=K20	K18<=K21				K18>=0
L18>=L20	L18<=L21				L18>=0
M18>=M20	M18<=M21	S18>=S20	S18<=S21		M18>=0
N18>=N20	N18<=N21				N18>=0
O18>=O20	O18<=O21				O18>=0
P18>=P20	P18<=P21				P18>=0
Q18>=Q20	Q18<=Q21				Q18>=0
R18>=R20	R18<=R21				R18>=0
\bar{k}_1	\bar{k}_2				
D24>=T24	D25>=T25				

Рис. Л.7. *Діалогове вікно пошуку розв'язку для досягнення мінімуму повної собівартості продукції*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень й імовірностей:	\$B\$32:\$C\$36
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$\$26
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Л.8. *Діалогове вікно пошуку величини поступки Δk_3*

Установити цільову комірку: D27, яка дорівнює: <input checked="" type="checkbox"/> максимальному значенню; <input type="checkbox"/> значенню 0 <input type="checkbox"/> мінімальному значенню;					
Змінюючи комірки: D18:R18					
Обмеження:					
$x_j \geq X_j^{\min}$	$x_j \leq X_j^{\max}$	$\sum_{j=1}^n z_j x_j \leq Z$	$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq A_i$	$\sum_{j=1}^n t_j \frac{x_j}{x_j'} \leq T$	$x_j \geq 0$
D18>=D20	D18<=D21	S12<=T12	S4<=T4	S9<=T9	D18>=0
E18>=E20	E18<=E21		S5<=T5		E18>=0
F18>=F20	F18<=F21		S6<=T6		F18>=0
G18>=G20	G18<=G21		S7<=T7		G18>=0
H18>=H20	H18<=H21		S8<=T8		H18>=0
I18>=I20	I18<=I21				I18>=0
J18>=J20	J18<=J21	$\sum_{j=1}^n x_j \geq X^{\min}$	$\sum_{j=1}^n x_j \leq X^{\max}$		J18>=0
K18>=K20	K18<=K21				K18>=0
L18>=L20	L18<=L21				L18>=0
M18>=M20	M18<=M21	S18>=S20	S18<=S21		M18>=0
N18>=N20	N18<=N21				N18>=0
O18>=O20	O18<=O21				O18>=0
P18>=P20	P18<=P21				P18>=0
Q18>=Q20	Q18<=Q21				Q18>=0
R18>=R20	R18<=R21				R18>=0
\bar{k}_1	\bar{k}_2	\bar{k}_3			
D24>=T24	D25>=T25	D26<=T26			

Рис. Л.9. *Діалогове вікно пошуку розв'язку для досягнення максимуму випуску продукції*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень й імовірностей:	\$B\$32:\$C\$36
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$\$27
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Л.10. *Діалогове вікно пошуку величини поступки Δk_4*

Установити цільову комірку: D28, яка дорівнює: <input type="checkbox"/> максимальному значенню; <input type="checkbox"/> значенню 0 <input checked="" type="checkbox"/> мінімальному значенню;					
Змінюючи комірки: D18:R18					
Обмеження:					
$x_j \geq X_j^{\min}$	$x_j \leq X_j^{\max}$	$\sum_{j=1}^n z_j x_j \leq Z$	$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq A_i$	$\sum_{j=1}^n t_j \frac{x_j}{x_j} \leq T$	$x_j \geq 0$
D18>=D20	D18<=D21	S12<=T12	S4<=T4	S9<=T9	D18>=0
E18>=E20	E18<=E21		S5<=T5		E18>=0
F18>=F20	F18<=F21		S6<=T6		F18>=0
G18>=G20	G18<=G21		S7<=T7		G18>=0
H18>=H20	H18<=H21		S8<=T8		H18>=0
I18>=I20	I18<=I21				I18>=0
J18>=J20	J18<=J21	$\sum_{j=1}^n x_j \geq X^{\min}$	$\sum_{j=1}^n x_j \leq X^{\max}$		J18>=0
K18>=K20	K18<=K21				K18>=0
L18>=L20	L18<=L21				L18>=0
M18>=M20	M18<=M21	S18>=S20	S18<=S21		M18>=0
N18>=N20	N18<=N21				N18>=0
O18>=O20	O18<=O21				O18>=0
P18>=P20	P18<=P21				P18>=0
Q18>=Q20	Q18<=Q21				Q18>=0
R18>=R20	R18<=R21				R18>=0
\bar{k}_1	\bar{k}_2	\bar{k}_3	\bar{k}_4		
D24>=T24	D25>=T25	D26<=T26	D27>=T27		

Рис. Л.11. Діалогове вікно пошуку розв'язку для досягнення мінімуму витрат основної сировини

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень й імовірностей:	\$B\$32:\$C\$36
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$\$28
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Л.12. Діалогове вікно пошуку величини поступки Δk_5

Установити цільову комірку: D29, яка дорівнює: <input type="checkbox"/> максимальному значенню; <input type="checkbox"/> значенню 0 <input checked="" type="checkbox"/> мінімальному значенню;					
Змінюючи комірки: D18:R18					
Обмеження:					
$x_j \geq X_j^{\min}$	$x_j \leq X_j^{\max}$	$\sum_{j=1}^n z_j x_j \leq Z$	$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq A_i$	$\sum_{j=1}^n t_j \frac{x_j}{x_j} \leq T$	$x_j \geq 0$
D18>=D20	D18<=D21	S12<=T12	S4<=T4	S9<=T9	D18>=0
E18>=E20	E18<=E21		S5<=T5		E18>=0
F18>=F20	F18<=F21		S6<=T6		F18>=0
G18>=G20	G18<=G21		S7<=T7		G18>=0
H18>=H20	H18<=H21		S8<=T8		H18>=0
I18>=I20	I18<=I21				I18>=0
J18>=J20	J18<=J21	$\sum_{j=1}^n x_j \geq X^{\min}$	$\sum_{j=1}^n x_j \leq X^{\max}$		J18>=0
K18>=K20	K18<=K21				K18>=0
L18>=L20	L18<=L21				L18>=0
M18>=M20	M18<=M21	S18>=S20	S18<=S21		M18>=0
N18>=N20	N18<=N21				N18>=0
O18>=O20	O18<=O21				O18>=0
P18>=P20	P18<=P21				P18>=0
Q18>=Q20	Q18<=Q21				Q18>=0
R18>=R20	R18<=R21				R18>=0
\bar{k}_1	\bar{k}_2	\bar{k}_3	\bar{k}_4	\bar{k}_5	
D24>=T24	D25>=T25	D26<=T26	D27>=T27	D28<=T28	

Рис. Л.13. Діалогове вікно пошуку розв'язку для досягнення мінімуму затрат часу

Додаток М

Макрос пошуку рішення в багатокритеріальній оптимізаційній моделі виробництва продуктів харчування (мовою *Visual Basic for Applications*)

```
Sub Модель()  
' Модель Макрос  
' Макрос записан 20.02.2007 (r)  
  Sheets("max прибутку").Select  
  SolverOk SetCell:="$D$24", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"  
  SolverSolve  
  Range("D18:R18").Select  
  Selection.Copy  
  Sheets("max чистого доходу").Select  
  Range("D18:R18").Select  
  ActiveSheet.Paste  
  Application.Run "ATPVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$S$24"), 1, 1, 7, , ActiveSheet.Range("$B$32:$C$36")  
  SolverOk SetCell:="$D$25", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"  
  SolverSolve  
  Range("D18:R18").Select  
  Selection.Copy  
  Sheets("min повної собівартості").Select  
  Range("D18:R18").Select  
  ActiveSheet.Paste  
  Application.Run "ATPVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$S$25"), 1, 1, 7, , ActiveSheet.Range("$B$32:$C$36")  
  SolverOk SetCell:="$D$26", MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"  
  SolverSolve
```

Закінчення додатка М

```
Range("D18:R18").Select
Selection.Copy
Sheets("max випуску").Select
Range("D18:R18").Select
ActiveSheet.Paste
Application.Run "АТРVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$$26"), 1, 1, 7, , ActiveSheet.Range("$B$32:$C$36")
SolverOk SetCell:="$D$27", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"
SolverSolve
Range("D18:R18").Select
Selection.Copy
Sheets("min сировини").Select
Range("D18:R18").Select
ActiveSheet.Paste
Application.Run "АТРVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$$27"), 1, 1, 7, , ActiveSheet.Range("$B$32:$C$36")
SolverOk SetCell:="$D$28", MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"
SolverSolve
Range("D18:R18").Select
Selection.Copy
Sheets("min часу").Select
Range("D18:R18").Select
ActiveSheet.Paste
Application.Run "АТРVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$$28"), 1, 1, 7, , ActiveSheet.Range("$B$32:$C$36")
SolverOk SetCell:="$D$29", MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"
SolverSolve
End Sub
```

Додаток Н

Алгоритм реалізації імовірісно-автоматної моделі за допомогою електронного процесора *Microsoft Excel*

Для практичної реалізації імовірісно-автоматної моделі за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel* потрібно виконати такі дії:

1) створити на аркуші *Microsoft Excel* (назвемо його “автомати”) в комірках В2:У24 таблицю, яка буде розрахована на проведення 20 ітерацій (див. рис. Н.1);

2) ввести в неї формули

$$P4=(D3 \times 0,7 + E3 \times 0,6 + F3 \times 0,7 + G3 \times 0,5 + H3 \times 0,6 + I3 \times 0,4 + J3 \times 0,4 + K3 \times 0,4 + L3 \times 0,3 + M3 \times 0,4 + N3 \times 0,2 + O3 \times 0,1) / 1000,$$

$$Q4 = D3 \times 0,7 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$D\$4 + E3 \times 0,6 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$E\$4 + F3 \times 0,7 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$F\$4 + G3 \times 0,5 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$G\$4 + H3 \times 0,6 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$H\$4 + I3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$I\$4 + J3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$J\$4 + K3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$K\$4 + L3 \times 0,3 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$L\$4 + M3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$M\$4 + N3 \times 0,2 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$N\$4 + O3 \times 0,1 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$O\$4,$$

$$R4 = D3 \times 0,7 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$D\$5 + E3 \times 0,6 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$E\$5 + F3 \times 0,7 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$F\$5 + G3 \times 0,5 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$G\$5 + H3 \times 0,6 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$H\$5 + I3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$I\$5 + J3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$J\$5 + K3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$K\$5 + L3 \times 0,3 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$L\$5 + M3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$M\$5 + N3 \times 0,2 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$N\$5 + O3 \times 0,1 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$O\$5,$$

$$S4 = D3 \times 0,7 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$D\$6 + E3 \times 0,6 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$E\$6 + F3 \times 0,7 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$F\$6 + G3 \times 0,5 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$G\$6 + H3 \times 0,6 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$H\$6 + I3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$I\$6 + J3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$J\$6 + K3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$K\$6 + L3 \times 0,3 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$L\$6 + M3 \times 0,4 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$M\$6 + N3 \times 0,2 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$N\$6 + O3 \times 0,1 / 1000 \times \text{'макс прибутку'}! \$O\$6,$$

$$W4 = W3 - Q4 + T4,$$

$$X4 = X3 - R4 + U4,$$

$$Y4=Y3-S4+V4,$$

$$P24=CP3HAЧ(P3:P23);$$

3) скопіювати їх у комірки P5:P23, Q5:Q23, R5:R23, S5:S23, W5:W23, X5:X23, Y5:Y23 та Q24:S24, W24:Y24 відповідно;

4) заповнити комірки B3:B23 номерами ітерацій (від 0 до 20), а комірки C3:Y3 – вектором початкових станів автоматів;

5) згенерувати в комірках D4:O23 випадкові величини $\xi_1 \div \xi_{12}$ (діалогові вікна див. на рис. Н.2–Н.13), у комірках T4:V4 – випадкові величини $\eta_1 \div \eta_3$ (діалогові вікна див. на рис. Н.14–Н.16), у комірці C4 – випадкову величину η (діалогове вікно див. на рис. Н.17);

б) заповнювати у стовпці С комірки, починаючи з п'ятого рядка цифрами, меншими на 1, ніж у попередньому рядку, доки не буде введена одиниця; а в наступному після одиниці рядку знову згенерувати випадкову величину η ;

7) заповнювати у стовпцях Т, У, V комірки, починаючи з п'ятого рядка нулями; у рядку, в якому була згенерована випадкова величина η згенерувати випадкові величини $\eta_1 \div \eta_3$.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y			
2	T	A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	F	V ₁	V ₂	V ₃	P ₁	P ₂	P ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃			
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
17																											
18																											
19																											
20																											
21																											
22																											
23																											
24	Середнє																										

Рис. Н.1. Імовірісно-автоматна модель діяльності хлібопекарського підприємства

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	4500
Стандартне відхилення=	60
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$D\$4:\$D\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.2. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_1*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	3200
Стандартне відхилення=	45
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$E\$4:\$E\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.3. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_2*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	2920
Стандартне відхилення=	35
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$F\$4:\$F\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.4. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_3*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	480
Стандартне відхилення=	20
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$G\$4:\$G\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.5. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_4*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	90
Стандартне відхилення=	5
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$H\$4:\$H\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.6. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_5*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	500
Стандартне відхилення=	10
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$I\$4:\$I\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.7. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_6*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	350
Стандартне відхилення=	10
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$J\$4:\$J\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.8. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_7*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	350
Стандартне відхилення=	20
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$K\$4:\$K\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.9. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_8*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	535
Стандартне відхилення=	35
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$L\$4:\$L\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.10. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_9*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	26
Стандартне відхилення=	3
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$M\$4:\$M\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.11. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_{10}*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	135
Стандартне відхилення=	10
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$N\$4:\$N\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.12. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_{11}*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	20
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	270
Стандартне відхилення=	20
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$O\$4:\$O\$23
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.13. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини ξ_{12}*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	27 000
Стандартне відхилення=	1 000
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$T\$4
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.14. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини η_1*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	50 000
Стандартне відхилення=	2 000
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$U\$4
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.15. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини η_2*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	20 000
Стандартне відхилення=	7 000
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$V\$4
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.16. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини η_3*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Нормальний
Параметри	
Середнє=	14
Стандартне відхилення=	2
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$C\$4
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Н.17. *Діалогове вікно пошуку випадкової величини η*

Додаток П

Опис програмного пакету *Statgraphics 2.1 (Statistical Graphics System)*

Усі функції статистично-графічної програми *Statgraphics* об'єднані у шість груп і містять такі 22 секції:

1) *DATA MANAGEMENT AND SYSTEM UTILITIES* (управління даними і системні утиліти):

- *A. Data Management* (управління даними),
- *B. System Environment* (системне середовище),
- *C. Report Writer and Graphics Replay* (генератор звітів і графічне зображення),
- *D. Plotter Interface* (графічний інтерфейс);

2) *PLOTTING AND DESCRIPTIVE STATISTICS* (побудова графіків й описова статистика):

- *E. Plotting Functions* (функції побудови графіків),
- *F. Descriptive Methods* (описові методи),
- *G. Estimation and Testing* (оцінка й тестування),
- *H. Distribution Functions* (функції розподілу),
- *I. Exploratory Data Analysis* (дослідницький аналіз даних);

3) *ANOVA AND REGRESSION ANALYSIS* (дисперсійний і регресійний аналіз):

- *J. Analysis of Variance* (дисперсійний аналіз),
- *K. Regression Analysis* (регресійний аналіз);

4) *TIME SERIES PROCEDURES* (процедури над часовими рядами):

- *L. Forecasting* (прогнозування),
- *M. Quality Control* (контроль якості),
- *N. Smoothing* (згладжування),
- *O. Time Series Analysis* (аналіз часових рядів);

5) *ADVANCED PROCEDURES* (ускладнені процедури):

- *P. Categorical Data Analysis* (категоріальний аналіз даних),
- *Q. Multivariate Methods* (багатоваріантні методи),
- *R. Nonparametric Methods* (непараметричні методи),
- *S. Sampling* (моделювання),
- *T. Experimental Design* (експериментальний проект);

6) *MATHEMATICAL AND USER PROCEDURES* (математичні процедури і процедури користувача):

- *U. Mathematical Functions* (математичні функції),
- *V. Supplementary Operations* (додаткові операції).

Продовження додатка П

У цьому програмному пакеті можлива побудова таких моделей прогнозу:

- L.1. *BROWN'S EXPONENTIAL SMOOTHING* (експоненційне згладжування Брауна):

тут заповнюються такі поля:

Time series: вводяться часові ряди (числовий вектор – не менше 8 значень),

Type of smoothing: обирається тип згладжування (просте, лінійне, квадратичне),

Number of forecasts: вводиться число періодів прогнозу (за замовчуванням – 12),

Summary percentage: указується процент часових рядів, що буде використовуватись для отримання прогнозів (якщо число менше 100 %, то результат базуватиметься на останніх значеннях ряду),

Smoothing constant alpha: вводиться константа згладжування (число від 0 до 1; чим воно менше, тим більше ваги надається раннім спостереженням);

- L.2. *HOLT'S LINEAR EXPONENTIAL SMOOTHING* (лінійне експоненційне згладжування Холта):

Time series: вводяться часові ряди (числовий вектор – не менше 8 значень),

Number of forecasts: вводиться число періодів прогнозу (за замовчуванням – 12),

Summary percentage: указується процент часових рядів, що буде використовуватись для отримання прогнозів (якщо число менше 100 %, то результат базуватиметься на останніх значеннях ряду),

Smoothing constant alpha: вводиться перша константа згладжування (число від 0 до 1; чим воно менше, тим більше ваги надається раннім спостереженням),

Smoothing constant beta: вводиться друга константа згладжування (число від 0 до 1; чим воно менше, тим більше ваги надається раннім спостереженням);

- L.3. *WINTER'S SEASONAL SMOOTHING* (сезонне згладжування Вінтера):

Time series: вводяться часові ряди (числовий вектор),

Number of forecasts: вводиться число періодів прогнозу (за замовчуванням – 12),

Продовження додатка П

Summary percentage: вказується процент часових рядів, що буде використовуватись для отримання прогнозів (якщо число менше 100 %, то результат ґрунтуватиметься на останніх значеннях ряду),

Smoothing constant alpha: вводитьься перша константа згладжування (число від 0 до 1; чим воно менше, тим більше ваги надається раннім спостереженням),

Smoothing constant beta: вводитьься друга константа згладжування (число від 0 до 1; чим воно менше, тим більше ваги надається раннім спостереженням),

Smoothing constant gamma: вводитьься третя константа згладжування (число від 0 до 1; чим воно менше, тим більше ваги надається раннім спостереженням),

Length of seasonality: вказується кількість періодів у кожному сезоні (за замовчуванням – 12);

- L.4. *TREND ANALYSIS* (трендовий аналіз):

Time series: вводяться часові ряди (числовий вектор),

Type of trend: обирається тип тренду (лінійний, квадратичний, експоненційна крива, S-крива),

Number of forecasts: вводитьься число періодів прогнозу (за замовчуванням – 12),

Summary percentage: вказується процент часових рядів, що буде використовуватись для отримання прогнозів (якщо число менше 100 %, то результат ґрунтуватиметься на останніх значеннях ряду);

- L.5. *SEASONAL DECOMPOSITION* (сезонна декомпозиція):

Time series: вводяться часові ряди (числовий вектор),

Length of seasonality: вказується кількість періодів в кожному сезоні (за замовчуванням – 12),

Method: обирається метод (адитивний чи мультиплікативний).

У програмі *Statgraphics* над файлами можуть виконуватись такі операції:

- *A – Copy* (Копіювати);
- *B – Create* (Створити);
- *C – Edit* (Редагувати)
- *D – Erase* (Знищити);
- *E – Join* (Об'єднати – горизонтально або вертикально);
- *F – Print* (Друкувати);
- *G – Recode* (Перекодувати – для відсутніх значень в імпортованих файлах);

Закінчення додатка П

- *H – Rename* (Перейменувати);
- *I – Split* (Розщепити);
- *J – Update* (Поновити – всі зміни збережуться у файл).

Також для роботи у програмі використовуються такі функціональні клавіші:

- *F1 – Help* (Допомога);
- *F2 – Edit* (Редагування);
- *F3 – Savscr* (Збереження екрана);
- *F4 – Prtscr* (Друк екрана);
- *F5 – Opts* (Опції);
- *F6 – Go* (Виконання дії);
- *F7 – Vars* (Вибір змінної);
- *F8 – Cmd* (Введення команди з клавіатури);
- *F9 – Review* (Огляд);
- *F10 – Quit* (Вихід).

Перехід між рядками здійснюється за допомогою клавіш управління курсором (←, ↑, →, ↓).

Додаток Р

Алгоритм реалізації моделей прогнозу за допомогою програмного пакету *Statgraphics 2.1*

Для автоматизації побудови лінійних моделей прогнозу за допомогою програми *Statgraphics* потрібно виконати такі дії:

1) завантажити програму:

Пуск → Програми → *STATGRAPHICS* → *STATGRAF* → ввести *Y (Yes)* → *ENTER*;

2) створити файл із даними:

Data Management (Управління даними) → *ENTER* → *File Operations* (Операції над файлом) → *ENTER*,

у рядку "*STATGRAPHICS file name*" ввести ім'я файла (наприклад, *prognos*) → *ENTER*,

у рядку "*Desired operation*" (Потрібна операція) ввести *B* → *F6* → *ENTER*,

у рядку "*Desired operation*" (Потрібна операція) ввести *C* → *F6*,
ввести вхідні дані (колонкам із даними будуть присвоєні назви *VAR1*, *VAR2* і т. д.) → *F6* → *Save and exit* (Зберегти і вийти) → *F6* → *ESC* → *ESC* → *ESC*;

3) побудувати моделі прогнозу за допомогою трендового аналізу:

Forecasting (Прогнозування) → *ENTER* → *Trend Analysis* (Трендовий аналіз) → *ENTER*,

у рядку "*Time series*" натиснути *F7* → вибрати файл *C:PROGNOS.VAR1* → *ENTER*,

у рядку "*Type of trend*" обрати *Linear* → *ENTER*,

у рядку "*Number of forecasts*" увести 5 → *ENTER*,

у рядку "*Summary percentage*" указати 100 → *F6*,

Display summary stats (Показати сумарні статистики) → *ENTER* → переглянути прогнозні значення → *ESC*,

Plot forecasts (Графічні прогнози) → *ENTER* → переглянути графік із первинними даними та прогнозними значеннями → *ESC*,

Save forecasts (Зберегти прогнози) → *ENTER*,

у рядку "*Disc*" (Диск) увести *C*,

у рядку "*File*" (Файл) увести *prognos* → *ENTER*,

у рядку "*Variable*" (Змінна) увести 1 → *F6* → *ESC*,

повторити ці дії для інших змінних, змінивши тільки *C:PROGNOS.VAR1* на *C:PROGNOS.VAR2*, 1 на 2 і т. д.;

Закінчення додатка Р

4) побудувати моделі прогнозу за допомогою експоненційного згладжування Брауна:

Forecasting (Прогнозування) → *ENTER* → *Brown's Exponential Smoothing* (Експоненційне згладжування Брауна) → *ENTER*,
у рядку "*Time series*" натиснути *F7* → вибрати файл *C:PROGNOS.VAR1* → *ENTER*,
у рядку "*Type of smoothing*" обрати *Linear* → *ENTER*,
у рядку "*Number of forecasts*" увести 5 → *ENTER*,
у рядку "*Summary percentage*" указати 100 → *ENTER*,
у рядку "*Smoothing constant alpha*" увести 0,5 → *F6*,
Display summary stats (Показати сумарні статистики) → *ENTER* → переглянути прогнозні значення → *ESC*,
Plot forecasts (Графічні прогнози) → *ENTER* → переглянути графік із первинними даними та прогнозними значеннями → *ESC*,
Save forecasts (Зберегти прогнози) → *ENTER*,
у рядку "*Disc*" (Диск) увести *C*,
у рядку "*File*" (Файл) увести *prognos* → *ENTER*,
у рядку "*Variable*" (Змінна) увести 11 → *F6* → *ESC*,
повторити ці дії для інших змінних, змінивши тільки *C:PROGNOS.VAR1* на *C:PROGNOS.VAR2*, 11 на 12 і т. д. → *ESC* → *ESC*;

5) переглянути отримані результати:

Data Management (Управління даними) → *ENTER* → *File Operations* (Операції над файлом) → *ENTER*,
у рядку "*STATGRAPHICS file name*" ввести ім'я файла *prognos* → *ENTER*,
у рядку "*Desired operation*" (Потрібна операція) увести *C* → *F6*,
увести *A (All)* → переглянути файл із первинними даними та прогнозними значеннями → *ESC* → *ESC*;

б) завершити роботу з програмою:

ESC → *ESC* → *ESC* → ввести *Y (Yes)*.

Автоматизація побудови нелінійних моделей прогнозу за допомогою програми *Statgraphics* відбувається аналогічно, тільки обираються інші типи тренду та згладжування.

Додаток С

Алгоритм реалізації нейромережного прогнозування за допомогою модуля *Neural Networks* програмного пакету *Statistica*

Для автоматизації нейромережного прогнозування за допомогою модуля *Neural Networks* програми *Statistica* потрібно виконати такі дії:

1) завантажити модуль:

Пуск → Програми → *STATISTICA Neural Networks* → *STATISTICA Neural Networks*;

2) створити файл із даними:

File (Файл) → *New* (Новий) → *Data Set* (Набір даних) → у рядку “*Inputs*” ввести кількість вхідних змінних (у нашому випадку – 1) → у рядку “*Outputs*” ввести кількість вихідних змінних (у нашому випадку – 1) → *Create* (Створити) → виділити заголовок першої змінної у вікні, яке відкриється → вибрати з контекстного меню *Input / Output* (Вхідна / Вихідна) → вилучити другу змінну, яку автоматично внесла програма → заповнити створений стовпчик даними;

3) створити мережу:

File (Файл) → *New* (Новий) → *Network* (Мережа) → у рядку “*Type*” вибрати один із шести типів мережі: *Multilayer Perceptron* – багатошаровий перцептрон, *Kohonen* – Кохонена, *Radial Basis Function* – радіальна базисна функція, *Linear* – лінійний, *PNN* (*Probabilistic Neural Networks*) – імовірнісний, *GRNN* (*Generalized Regression Neural Networks*) – узагальнено-регресійний (у нашому випадку – *Multilayer Perceptron*) → у рядку “*Steps*” указати кроки, які дорівнюють 1 (лаг сезонного складника) → у рядку “*Lookahead*” увести горизонт, який дорівнює 1 → у рядку “*Inputs*” увести кількість вхідних змінних (1) → у рядку “*Outputs*” увести кількість вихідних змінних (1) → у рядку “*No Layers*” увести кількість шарів (3) → *Advise* (Порадити) → залишити кількість елементів для другого шару згідно з порадою системи, або ввести свою → *Create* (Створити) → оглянути архітектуру мережі;

4) підготувати вікна для навчання багатошарового перцептрона:

у рядку “*Cases*” увести кількість навчаючих спостережень, яка дорівнює 7 (перше спостереження резервується для побудови прогнозу на першому кроці, а останнє буде контрольним) → вибрати в пункті меню “*Statistics*” (Статистики) опції *Training Error Graph* (Графік

Закінчення додатка С

помилки навчання) для відображення середньоквадратичної помилки на навчальній та контрольній множинах, *Case Errors* (Помилки спостережень) для відображення діаграми помилок для окремих спостережень, *Regression Statistics* (Статистики регресії) для відображення точності регресійних оцінок → *Train* (Навчати) → *Multilayer Perceptrons* (Багатошарові перцептрони) → вибрати один із шести методів навчання: *Back Propagation* – зворотне поширення, *Conjugate Gradients* – сполучені градієнти, *Quasi-Newton* – квазі-Ньютон, *Levenberg-Marquardt* – Левенберга-Маркара, *Quick Propagation* – швидке поширення, *Delta-Bar-Delta* – дельта-дельта з ризикою (у нашому випадку – *Conjugate Gradients*);

5) провести навчання багатошарового перцептрона:

Train (Навчати) → *OK* → *Run* (Запуск) у вікні *Regression Statistics* → ознайомитися з отриманими результатами у трьох вікнах *Training Error Graph*, *Case Errors* та *Regression Statistics* → *Reinitialize* (Переустановити) → повторити попередні дії декілька разів (наприклад, 10) для отримання різних результатів навчання;

6) обрати найкращу мережу:

Train (Навчати) → *Auxiliary* (Помічник) → *Best Network* (Найкраща мережа) → *Restore* (Відновити) → *Run* (Запуск) у вікні *Regression Statistics*;

7) отримати прогностні значення:

у стовпці зі значеннями змінної додати рядок для прогнозу → *Run* (Запуск) → *Single Case* (Одне спостереження) → у рядку “*Case No*” вказувати номер спостережень, для якого потрібно отримати прогноз (10) → *Run* (Запуск) → повторити для інших прогнозів;

8) зберегти результати:

File (Файл) → *Save* (Зберегти) → у рядку “Ім’я файла” ввести назву → Зберегти.

Додаток Т

Знаходження в *Microsoft Excel* інтервалів довіри для прогнозів, отриманих різними методами

Щоб обчислити інтервали довіри для прогнозів, отриманих методом екстраполяції тенденції, потрібно виконати такі дії:

1) побудувати на аркуші *Microsoft Excel* у комірках A1:M16 таблицю (див. рис. Т.1 додатка Т);

2) внести в неї роки (t), кількість періодів (n), фактичні значення (y), t -критерій Стьюдента та формули, подані в табл. Т.1 додатка Т;

3) скопіювати формули з комірок D4, E4, F4, H4, I4, J4, K4, L4, M4 у комірки D5:D12, E5:E12, F5:F12, H5:H8, I5:I12, J5:J12, K5:K8, L5:L8, M5:M8 відповідно, а з комірки B13 – у комірки C13:F13, I13:J13.

Як результат у комірках H4:H8 будуть обчислені точкові, а в комірках L4:M8 – інтервальні прогнозні значення.

Щоб обчислити інтервали довіри для прогнозів, отриманих методом експоненційного згладжування Брауна, потрібно виконати такі дії:

1) побудувати на аркуші *Microsoft Excel* у комірках A1:R17 таблицю (див. рис. Т.2 додатка Т);

2) внести в неї роки (t), їхню кількість (n), фактичні значення (y), параметр згладжування (α), t -критерій Стьюдента та формули, подані в табл. Т.2 додатка Т;

3) скопіювати формули з комірок D4, E4, F4, G5, H5, I4, J4, K5, M4, N5, O5, P4, Q4, R4 у комірки D5:D12, E5:E12, F5:F12, G6:G12, H6:H12, I5:I12, J5:J12, K6:K12, M5:M8, N6:N12, O6:O12, P5:P8, Q5:Q8, R5:R8 відповідно, а з комірки B13 – у комірки C13:K13, N13:O13.

У підсумку в комірках M4:M8 будуть обчислені точкові, а в комірках Q4:R8 – інтервальні прогнозні значення.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		Роки, t	Фактичне значення, y	$y * t$	t^2	Розрахункове значення, \hat{y}	Роки, t	Прогноз, $\hat{\hat{y}}$	$y - \hat{y}$	$(y - \hat{y})^2$	s_p	Інтервали довіри	
3												min	max
4		1					10						
5		2					11						
6		3					12						
7		4					13						
8		5					14						
9		6											
10		7											
11		8											
12		9											
13													
14	n						f						
15	a_0						s_y						
16	a_1						t -крит.						

Рис. Т.1. Побудова інтервалів довіри для прогнозів, отриманих методом екстраполяції тенденції

Таблиця Т.1

Формули для обчислення

Адреса комірки	Формула	Адреса комірки	Формула
D4	=C4*B4	I4	=C4-F4
E4	=СТЕПЕНЬ(B4;2)	J4	=СТЕПЕНЬ(I4;2)
B13	=СУММ(B4:B12)	H14	=B14-2
B15	=(D13-B16*E13)/B13	H15	=КОРЕНЬ(J13/H14)
B16	=(C13*B13-B14*D13)/(СТЕПЕНЬ(B13;2)-B14*E13)	K4	=\$H\$15*КОРЕНЬ((\$B\$14+1)/\$B\$14+3*СТЕПЕНЬ(\$B\$14+2*B4-1;2)/(\$B\$14*(СТЕПЕНЬ(\$B\$14;2)-1)))
F4	=\$B\$15+\$B\$16*B4	L4	=H4-\$H\$16*K4
H4	=\$B\$15+\$B\$16*G4	M4	=H4+\$H\$16*K4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
2		Роки, t	y	$y * t$	t^2	\hat{y}	$S^{[1]}$	$S^{[2]}$	\hat{a}_0	\hat{a}_1	\hat{y}	Роки, t	Прогноз, \hat{y}	$y - \hat{y}$	$(y - \hat{y})^2$	Δt	Інтервали довіри	
3																	<i>min</i>	<i>max</i>
4		1									-	1		-	-			
5		2										2						
6		3										3						
7		4										4						
8		5										5						
9		6																
10		7																
11		8																
12		9																
13																		
14	n		α									$n - 2$						
15	a_0											t сер.						
16	a_1											D зал.						
17												t -крит.						

Рис. Т.2. Побудова інтервалів довіри для прогнозів, отриманих методом експоненційного згладжування Брауна
Таблиця Т.2

Формули для обчислення

Комірка	Формула	Комірка	Формула
D4	=C4*B4	J4	=D\$14/(1-D\$14)*(G4-H4)
E4	=СТЕПЕНЬ(B4;2)	K5	=I4+J4
B13	=СУММ(B4:B12)	M4	=I\$12+J\$12*L4
B15	=(D13-B16*E13)/B13	N5	=C5-K5
B16	=(C13*B13-B14*D13)/(СТЕПЕНЬ(B13;2)-B14*E13)	O5	=СТЕПЕНЬ(N5;2)
F4	=\$B\$15+\$B\$16*B4	M14	=B14-2
G4	=C4	M15	=B13/B14
G5	=D\$14*C5+(1-D\$14)*G4	M16	=КОРЕНЬ(O13/M14)
H4	=C4	P4	=\$M\$17*\$M\$16*КОРЕНЬ(СТЕПЕНЬ(\$B\$14+L4-\$M\$15;2)/ /(\$B\$14*(E\$13/\$B\$14-\$M\$15*\$M\$15))+1/\$B\$14+1)
H5	=D\$14*G5+(1-D\$14)*H4	Q4	=M4-P4
I4	=2*G4-H4	R4	=M4+P4

Додаток У

Програма побудови трапецієподібних нечітких інтервалів
для динамічних рядів (мовою *Turbo Pascal 7*)

```

program fuzzy;
  const B=100;
  var
    M1: array [1..B,1..B] of real;
    M2: array [1..B,1..4] of real;
    M3: array [1..1,1..4] of real;
    a: real;
    i, j, k, N, M: integer;
    i1, i2: integer;
begin
  writeln('-----');
  write('Input foods M=');
  read(M);
  write('Input years N=');
  read(N);
  writeln('-----');
  for j:=1 to M do
  for i:=1 to N do
  begin
    write('Input M1[' ,i, ', ' ,j, ']=');
    read(M1[i,j]);
  end;
  writeln('-----');
  for j:=1 to M do
  begin
    i:=1;
    k:=1;
    repeat
    if M1[i+1,j]<M1[i,j] then
    begin
      a:=M1[i,j];
      M1[i,j]:=M1[i+1,j];
      M1[i+1,j]:=a;
      k:=i-1;
    repeat

```

Продовження додатка У

```
if k>0 then  
  begin  
    if M1[k+1,j]<M1[k,j] then  
      begin  
        a:=M1[k,j];  
        M1[k,j]:=M1[k+1,j];  
        M1[k+1,j]:=a;  
      end;  
      k:=k-1;  
    end;  
  until k=0;  
end;  
i:=i+1;  
until i=N;  
end;  
for j:=1 to M do  
  for i:=1 to N do  
    begin  
      writeln(M1[i,j]);  
    end;  
  writeln('-----');  
  if N mod 2=0 then  
    begin  
      if N mod 4=0 then  
        begin  
          i1:=(N div 4)+1;  
          i2:=3*N div 4;  
        end;  
      end;  
    if N mod 2=0 then  
      begin  
        if N mod 4<>0 then  
          begin  
            i1:=(N div 4)+1;  
            i2:=(3*N div 4)+1;  
          end;  
        end;  
      end;  
    end;
```

Закінчення додатка У

```

if N mod 2<>0 then
begin
  if N mod 4=3 then
  begin
    i1:=(N div 4)+2;
    i2:=3*N div 4;
  end;
end;
if N mod 2<>0 then
begin
  if N mod 4=1 then
  begin
    i1:=(N div 4)+1;
    i2:=(3*N div 4)+1;
  end;
end;
M3[1,1]:=0;
M3[1,2]:=0;
M3[1,3]:=0;
M3[1,4]:=0;
for j:=1 to M do
begin
  M2[j,1]:=M1[i1,j];
  M2[j,2]:=M1[i2,j];
  M2[j,3]:=M1[i1,j]-M1[1,j];
  M2[j,4]:=M1[N,j]-M1[i2,j];
  M3[1,1]:=M3[1,1]+M2[j,1];
  M3[1,2]:=M3[1,2]+M2[j,2];
  M3[1,3]:=M3[1,3]+M2[j,3];
  M3[1,4]:=M3[1,4]+M2[j,4];
  writeln('Fuzzy 'j,'=(', M2[j,1], ',', M2[j,2], ',', M2[j,3], ',', M2[j,4], ')');
end;
writeln('-----');
writeln('SumFuzzy=(', M3[1,1], ',', M3[1,2], ',', M3[1,3], ',', M3[1,4], ')');
writeln('-----');
end.

```

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

Наукове видання

Тоцька Олеся Леонтіївна

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ
В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ**

Монографія

Редактор і коректор В. С. Голюк

Верстка автора

Підп. до друку 13.01.2009. Формат 60×84 1/16. Папір офс.
Гарн. Таймс. Друк цифровий. Обсяг 9,59 обл.-вид. арк.,
14,65 ум. друк. арк.

Наклад 300 пр. Зам. 2126.

Редакційно-видавничий відділ “Вежа” Волинського національного
університету імені Лесі Українки (43025 м. Луцьк, просп. Волі, 13).

Друк – РВВ “Вежа” Волинського національного університету
імені Лесі Українки (м. Луцьк, просп. Волі, 13).

Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України ДК
№ 3156 від 04.04.2008 р.

ВЕЖА