

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка

На правах рукопису

Тоцька Олеся Леонтіївна

УДК 65.012.1: 338.439

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

Спеціальність 08.00.11 – математичні методи, моделі
та інформаційні технології в економіці

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата
економічних наук

Науковий керівник:
Завада Олександр Петрович,
кандидат фізико-математичних
наук, доцент

Львів – 2008

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ	9
1.1. Виробництво продукції як складова системи управління показниками підприємств харчової промисловості	9
1.2. Аналіз методів дослідження випуску продуктів харчування	31
1.3. Огляд економіко-математичних моделей виробництва продукції	43
Висновки до першого розділу	54
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	55
2.1. Кластерний і факторний аналіз виробництва продуктів харчування	55
2.2. Багатокритеріальна оптимізаційна модель випуску продукції підприємств харчової промисловості	80
2.3. Імовірно-автоматне моделювання діяльності хлібопекарського підприємства	93
Висновки до другого розділу	103
РОЗДІЛ 3. ПРОГНОЗНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	106
3.1. Визначення імовірності сприятливих тенденцій для виробництва продуктів харчування	106
3.2. Побудова точкових моделей прогнозу випуску продовольчих товарів	118
3.3. Передбачення виробництва продукції у харчовій промисловості на основі нечітких множин	149
Висновки до третього розділу	163
ВИСНОВКИ	164
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	167
ДОДАТКИ	184

ВСТУП

Актуальність теми. Одне з провідних місць в економіці України посідає харчова промисловість. І хоча після проголошення незалежності відбувся значний спад у випуску продуктів харчування, пов'язаний з втратою налагоджених каналів збуту, але з кожним роком ця галузь нарощує свої потужності. Про це свідчать 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, проведення оцінки 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. Кузнецов, Я. Жихар. У своїх працях вони розглядають різноманітні критерії оптимальності, будували 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.

Одночасно недостатня розробленість цієї тематики вимагає побудови нових економіко-математичних моделей, які б поєднували у собі ознаки як оптимізаційних, так і імітаційних, та відображали б діяльність виробничих підприємств і зокрема харчової промисловості.

Актуальність і недостатнє вивчення, а також теоретична і практична необхідність вирішення проблеми економіко-математичного моделювання випуску продуктів харчування зумовили вибір теми дисертації, її мету та завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано у межах науково-дослідної роботи кафедри фінансів підприємств і кредиту Волинського національного університету імені Лесі Українки за темами “Фінансове і кредитне стимулювання економічного зростання в Україні” (номер державної реєстрації – 0102U000229) та “Вартісні чинники регулювання реального сектору економіки України” (номер державної реєстрації – 0106U000273), а також згідно з навчальним планом роботи зазначеної кафедри.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка економіко-математичних моделей випуску продукції підприємствами харчової промисловості України.

Відповідно до сформульованої мети були поставлені та розв'язані наступні завдання:

- розглянуто виробництво продукції як складову системи управління показниками підприємств харчової промисловості;
- проаналізовано методи дослідження та економіко-математичні моделі випуску продуктів харчування;
- проведено класифікацію регіонів України за виробництвом продуктів харчування;
- здійснено групування основних продовольчих товарів за обсягами випуску;
- визначено приховані чинники впливу на виробництво продовольчої продукції;
- розроблено багатокритеріальну оптимізаційну модель випуску продукції підприємств харчової промисловості;
- побудовано імовірно-автоматну модель діяльності хлібопекарського підприємства;
- розроблено прогностні моделі випуску продукції в харчовій промисловості.

Об'єктом дослідження є показники випуску продукції підприємств харчової промисловості України.

Предметом дослідження є методи, моделі та інформаційні технології, які використовують для аналізу, планування і прогнозування виробничої діяльності підприємств харчової промисловості.

Методи дослідження. Теоретичною та методологічною базою дисертаційної роботи є підходи вітчизняних і зарубіжних учених до математичного моделювання економічних систем. У процесі виконання дослідження використано такі методи: кластерного аналізу для класифікації областей України за виробництвом продуктів харчування, а також показників випуску основних продовольчих товарів; головних компонент для визначення прихованих факторів впливу на виробництво продуктів харчування; оптимізаційного та імітаційного моделювання для планування і прогнозування випуску продукції на підприємствах харчової промисловості; трендового аналізу, експоненційного згладжування, нейронних мереж та нечітких множин для прогнозування виробництва продуктів харчування.

Поставлені завдання вирішувалися із застосуванням комп'ютерних програм аналізу даних StatSoft Statistica 6.0, Microsoft Excel, Statgraphics 2.1, мови програмування прикладного рівня Visual Basic for Applications (VBA), алгоритмічної мови програмування Turbo Pascal.

Інформаційну базу дослідження сформували офіційні статистичні матеріали, науково-аналітичні статті вітчизняних і зарубіжних авторів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці теоретичних і науково-методичних засад та інструментарію для побудови економіко-математичних моделей випуску продукції в харчовій промисловості України. При цьому отримано такі результати:

вперше:

– побудовано імовірісно-автоматну модель діяльності хлібопекарського підприємства, яка складається з 23 автоматів і відображає динаміку замовлень на продукцію та її випуску, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини. Ця модель дає змогу вдосконалити процеси прогнозування і планування

виробництва продукції, а також обсягів поповнення запасів основної сировини (с. 93–102);

удосконалено:

– метод прогнозування на основі середньорічного коефіцієнта росту для випуску продуктів харчування в частині обчислення середньої величини за формулою середньої арифметичної, а не середньої геометричної та вираженням у відсотках (с. 131–132);

– підхід до побудови трапецієподібних нечітких інтервалів виробництва продовольчої продукції в частині визначення їхньої оптимістичної оцінки (с. 151–152);

отримали подальший розвиток:

– побудова інтегральних показників частки регіону у виробництві найважливіших видів продукції харчової промисловості країни, якості споживання жителями регіону (країни) продовольства, частки регіону в експорті (імпорті) продовольчої продукції країни (с. 23–29);

– групування областей України за показниками загального виробництва продуктів харчування, випуску продовольчої продукції на одного жителя, виробництва продовольчих товарів на 1 км² площі (с. 55–63);

– кластеризація основних продуктів харчування за обсягами випуску (с. 63–72);

– визначення прихованих факторів впливу на виробництво продовольчої продукції (с. 72–79);

– побудова багатокритеріальної оптимізаційної моделі випуску продукції, яка містить шість наступних критеріїв ефективності: максимізація прибутку, максимізація чистого доходу, мінімізація повної собівартості продукції, максимізація випуску продукції, мінімізація витрат основної сировини та мінімізація затрат часу (с. 80–92).

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що теоретичні і практичні висновки дисертації доведені дисертантом до конкретних пропозицій щодо вдосконалення процесу планування та прогнозування випуску на підприємствах харчової промисловості.

Теоретичні результати дослідження використано у процесі викладання дисциплін “Система обробки економічної інформації”, “АРМ економіста-фінансиста”, “Стратегічний аналіз” (довідка № 2/632 від 27.02.2008 р.), а також під час виконання держбюджетних тем “Фінансове і кредитне стимулювання економічного зростання в Україні” (номер державної реєстрації – 0102U000229) та “Вартісні чинники регулювання реального сектору економіки України” (номер державної реєстрації – 0106U000273) (довідки № 3/631 і 3/633 від 27.02.2008 р.).

Практичні результати роботи запропоновано для впровадження ТЗОВ “Волиньзовнішторгхліб” (довідка № 3 від 25.02.2008 р.). На їх основі прийняті відповідні рішення щодо використання розроблених багатокритеріальної оптимізаційної та імовірнісно-автоматної моделей у сфері планування і прогнозування випуску продукції цього підприємства.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою, в якій викладено авторський підхід до економіко-математичного моделювання виробництва продукції підприємствами харчової промисловості України. Усі наукові результати отримані автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні результати і положення дисертаційної роботи висвітлено на міжнародних науково-практичних і студентсько-аспірантських конференціях “Реформування фінансово-кредитної системи і стимулювання економічного зростання” (м. Луцьк, 30–31 травня 2003 р.), “Ринкова трансформація економіки України: теорія, практика, перспективи” (м. Львів, 24–25 жовтня 2003 р.), “Економіка посткомуністичних країн в умовах глобалізації” (м. Львів, 23–24 квітня 2004 р.), “Реформування фінансово-кредитної системи і стимулювання економічного зростання” (м. Луцьк, 4–5 червня 2004 р.), “Інтеграція країн з перехідною економікою у світовий економічний простір: стан і перспективи” (м. Львів, 13–14 травня 2005 р.), “Фінансово-кредитне стимулювання економічного зростання” (м. Луцьк, 3–5 червня 2005 р.), “Філософія економіки Івана Франка й сучасні економічні проблеми” (м. Львів, 5–6 травня 2006 р.), “Сучасний стан та проблеми інноваційного розвитку держави” (м. Луцьк, 6–7 жовтня 2006 р.), “Нові обрії економічної науки” (м. Львів, 11–12 травня 2007 р.), “Українська

економічна наука: досягнення, проблеми, перспективи (до 40-річчя економічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка)” (м. Львів, 11–12 травня 2007 р.), “Проблеми і перспективи функціонування інноваційної системи держави в умовах глобалізації” (м. Луцьк, 27–28 вересня 2007 р.) та наукових семінарах, проведених кафедрою інформаційних систем у менеджменті Львівського національного університету імені Івана Франка.

Публікації. За темою дослідження опубліковано 19 одноосібних наукових праць загальним обсягом 4,27 друкованого аркуша, з яких 9 – статті у наукових фахових виданнях ВАК України (3,26 друк. арк.), 10 – тези доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій (1,01 друк. арк.).

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Основний зміст роботи викладено на 166 сторінках комп’ютерного набору, вміщено 42 рисунки і 34 таблиці. Список використаних джерел складається із 195 найменувань на 17 сторінках. Робота містить 18 додатків на 83 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ

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

Згідно економічної енциклопедії, *виробництво* – це процес взаємодії між людьми, їх вплив на речовину природи й формування рис і 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, що виробляють продукти харчування і напої. Вона входить до складу агропромислового комплексу і відіграє особливу роль у розвитку продуктивних сил кожної країни. Це зумовлено 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 та екологічні умови кожної країни, вирішально впливає на спеціалізацію окремих країн і регіонів щодо міждержавних і міжрегіональних економічних зв'язків з продовольства, на формування ефективних структур народного господарства, агропромислових та промислових комплексів тощо [2, 5].

В українській Класифікації видів економічної діяльності (далі – КВЕД), до підсекції DA “Харчова промисловість та перероблення сільськогосподарських продуктів” відносять 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 необхідністю швидкої і своєчасної переробки сировини;

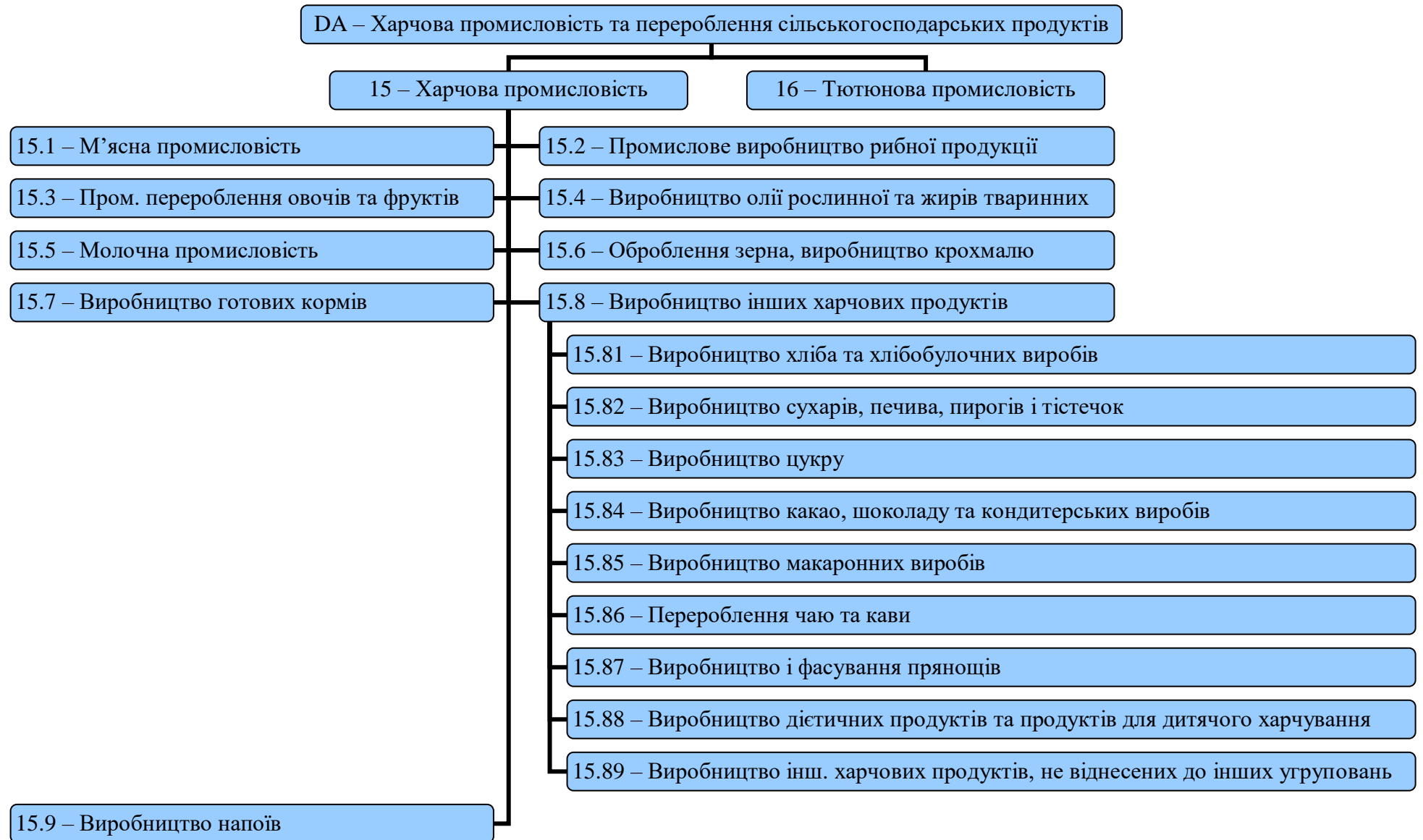


Рис. 1.1. Види економічної діяльності у харчовій промисловості

(укладено автором на основі [3])

- тісний зв'язок між окремими складовими частинами технологічного процесу;
- неможливість чи обмежені можливості створення проміжних запасів незавершеного виробництва;
- чітке і порівняно невелике постадійне розчленування процесу;
- невелика тривалість виробничого циклу, що не виходить за межі доби чи зміни (крім виноробного і бродильного виробництв) [4, 96].

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

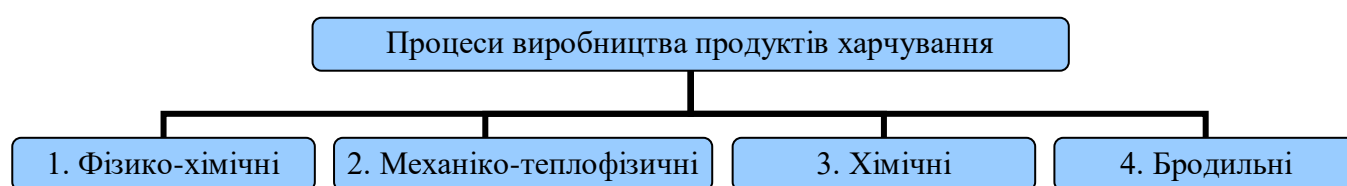


Рис. 1.2. Процеси виробництва продуктів харчування

До першої групи відносять виробництва, у яких використовують фізичні засоби вилучення з 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 відносять виробництва, в яких головними є хімічні процеси. Вона включає випуск білої патоки і харчової глюкози гідролізом крохмалю; жирних 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 розглядати як систему управління певними показниками, і в тому числі виробництвом.

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

Досліджувану множину елементів розглядають як систему, коли у ній виявлені такі чотири ознаки:

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

Існують різноманітні класифікації систем (див. рис. 1.3).

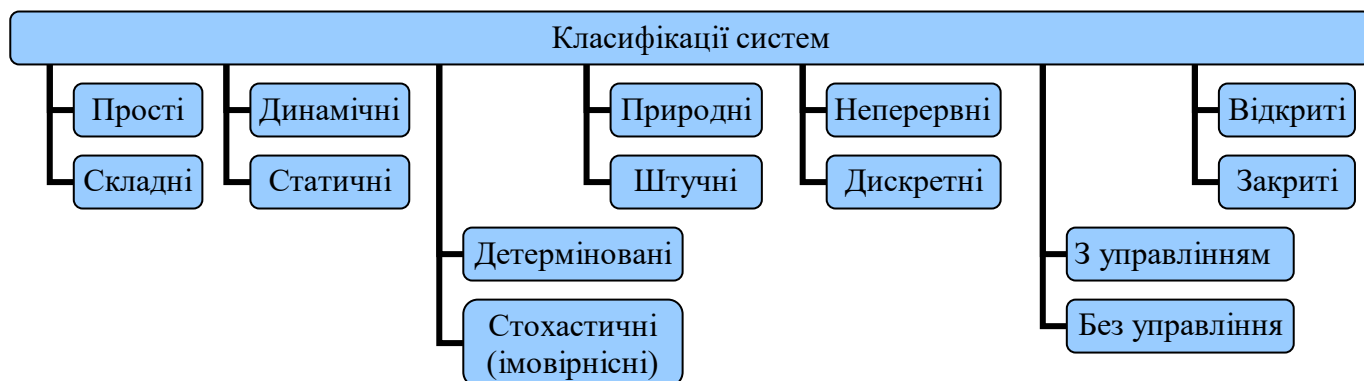


Рис. 1.3. Класифікації систем (укладено автором на основі [8, 24])

Але загалом їх усіх поділяють на матеріальні (фізичні) та 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 і розподілу матеріальних та інших благ. Саме до таких систем відносяться підприємства. Вони, як системи управління, складаються з двох елементів: суб’єкта та 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 і 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.

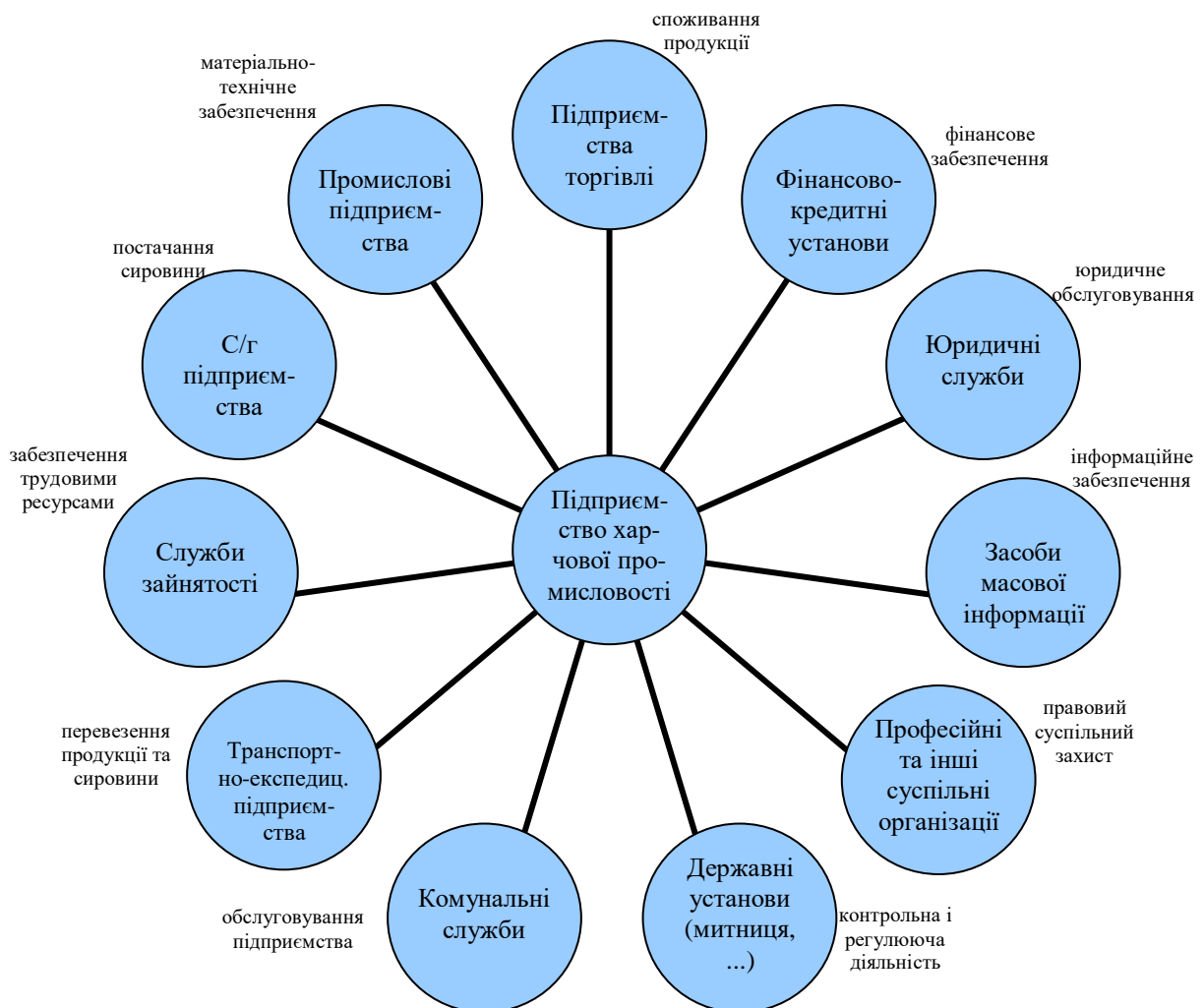


Рис. 1.4. Зовнішнє середовище підприємства харчової промисловості [10, 22]

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

Оскільки відносини з зовнішнім середовищем та стан об'єкта управління можна відобразити певними показниками (виробництво, споживання, імпорт, експорт, інвестиції), то підприємство доцільно розглядати 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, розглянемо цю фазу детальніше.

Планування – це усвідомлені, систематичні процеси вироблення рішень про цілі та дії, які особистість, група, виробниче об'єднання чи організація переслідуватиме у майбутньому [11, 114]. Воно повинно 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 та оперативне (менше року) планування. Для кожного виду планування застосовуються відповідні методи і моделі. Зокрема, для перспективного – виробничі функції та імітаційні моделі, річного – моделі виробничого балансу та 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 у її кількісному вираженні на основі існуючого стану системи, наявних можливостей і ресурсів; передбачає їх найбільш ефективне використання для того, щоб вдосконалити 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 протікання 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 при скороченні часу витрати звичайно знижуються, продуктивність підвищується, нові вироби з'являються на ринку швидше й обслуговування споживача у цілому поліпшується [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 (напр., 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 небажані [16, 195];

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

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

Як відомо, 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” дозволяє 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 розглянемо, яким чином 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).

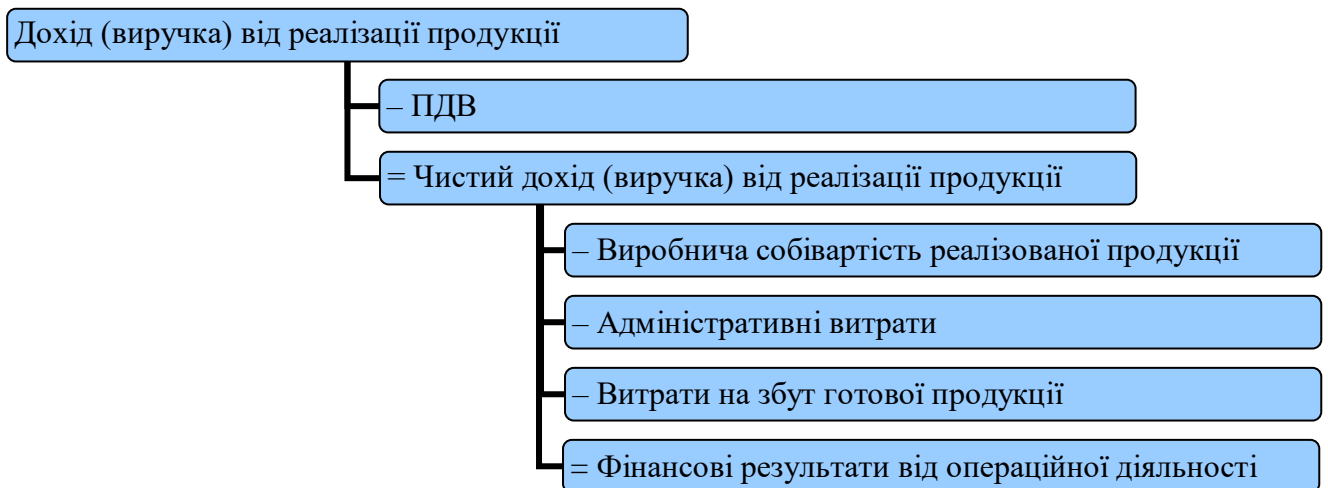


Рис. 1.6. Формування фінансових результатів від операційної діяльності

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

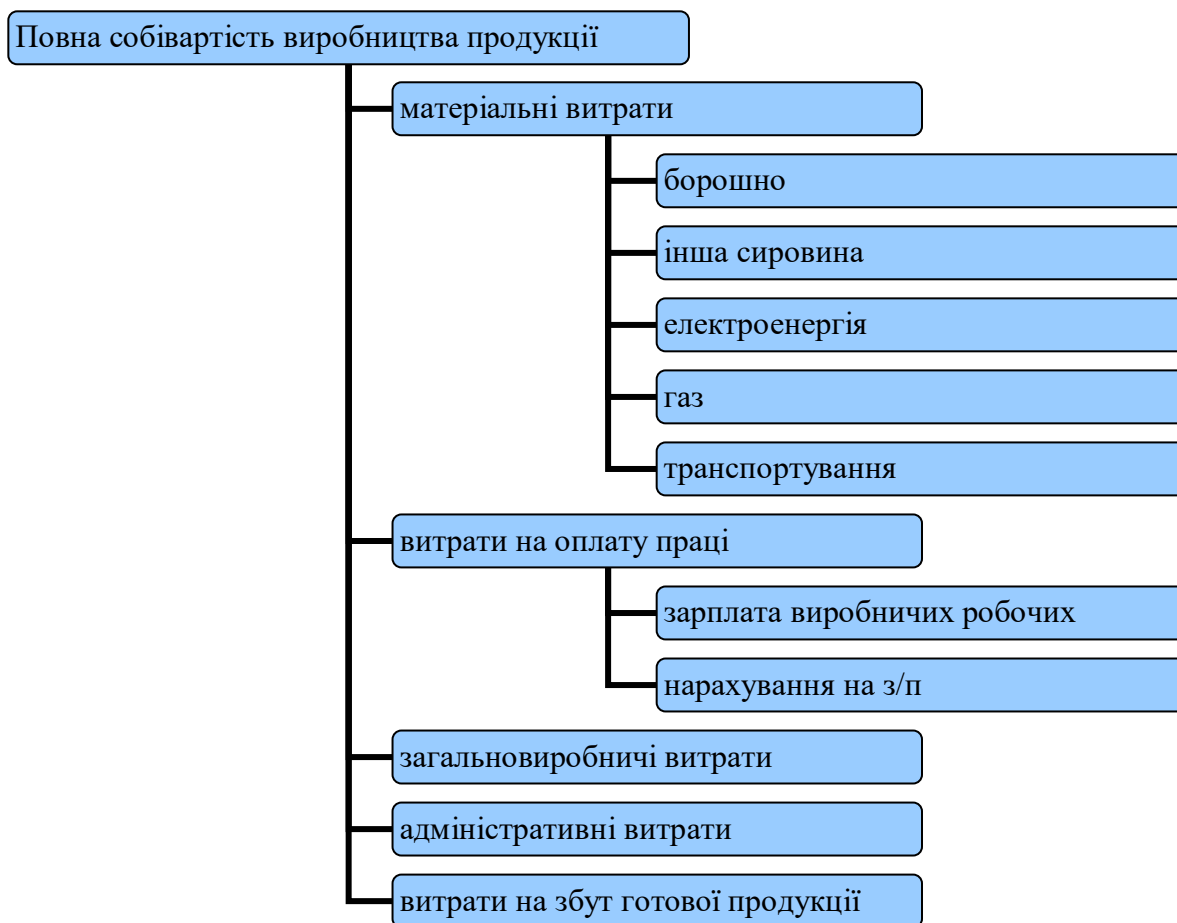


Рис. 1.7. *Вартість виробництва продукції*

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

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

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. Таким чином, 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 та 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.

Таким чином, бачимо, що при управлінні підприємством основна увага повинна 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).

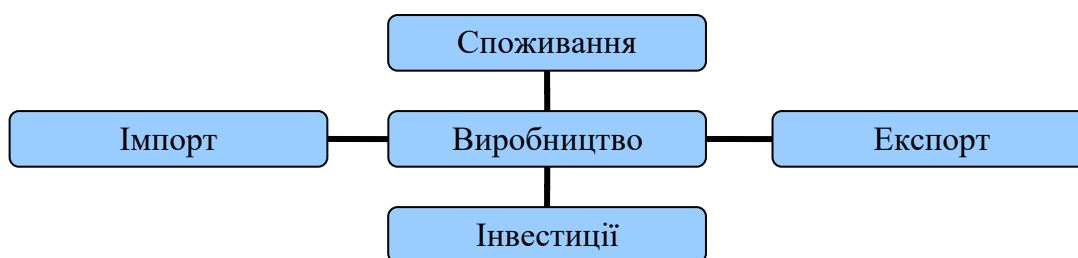


Рис. 1.8. Система показників підприємств харчової промисловості на макрорівні

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 область) рівнях.

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

Свідченням цього є негативна динаміка виробництва продуктів харчування до 1999 року. Однак, не зважаючи на це, харчова і 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,	2007 рік – 110,0 [22, 67].
2002 рік – 108,4,	2005 рік – 113,7,	
2003 рік – 120,0,	2006 рік – 110,0 [21, 106],	

Деяким аспектам функціонування ринків продовольчих товарів присвятили ряд 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 інші. 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 працях увага не зосереджувалась тільки на виробництві продовольства по країні загалом та за областями зокрема.

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

Виробництво найважливіших видів продукції харчової промисловості України відображено у табл. 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	2710,0	900,0	444,0	6432,0	184,0	6791,0	7671,0	6701,0	1111,0	360,0
1995	946,0	277,0	222,0	1293,0	73,5	3894,0	5319,0	4114,0	315,0	223,0
1996	760,0	213,0	163,0	915,0	59,0	3296,0	4965,0	3452,0	283,0	172,0
1997	553,0	206,0	117,0	662,0	46,3	2034,0	4320,0	3060,0	328,0	142,0
1998	396,0	155,0	113,0	691,0	52,0	1984,0	3890,0	2676,0	401,0	165,0
1999	420,0	160,0	109,0	700,0	52,7	1858,0	3368,0	2510,0	515,0	155,0
2000	400,0	175,0	135,0	699,0	67,5	1780,0	3076,0	2464,0	668,0	117,0
2001	332,0	167,0	158,0	1021,0	105,0	1947,0	2984,0	2450,0	732,0	111,0
2002	457,0	209,0	131,0	1179,0	129,0	1621,0	2986,0	2358,0	757,0	115,0
2003	568,0	290,0	148,0	1309,0	169,0	2486,0	2819,0	2427,0	860,0	107,0
2004	527,7	332,0	116,0	1277,9	224,0	2147,0	2948,0	2307,0	554,0	99,7
2005	621,8	309,0	120,0	1464,8	274,0	2139,0	2931,0	2264,0	568,0	104,0
2006	765,95	301,0	104,0	1447,7	217,0	2592,0	2655,0	2151,0	544,0	107,0
2007	972,11	330,0	100,0	1507,8	246,0	1867,0	2908,0	2034,0	585,0	107,0

Таблицю підготовлено автором на основі [31, 79; 32, 127; 33, 116–117; 21, 116–117; 22, 71–72]

У ній: товар 1 – м'ясо (включаючи 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 (включаючи бринзу);

товар 6 – цукор-пісок;

товар 7 – борошно;

товар 8 – хліб і хлібобулочні вироби;

товар 9 – кондитерські вироби;

товар 10 – макаронні вироби.

З табл. 1.1 видно, що за роки незалежності в Україні у порівнянні з 1990 роком суттєво 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 розташування області є вигідним для господарської і життєвої діяльності людей, оскільки територія має рівнинний рельєф і характеризується порівняно теплим кліматом з достатньою кількістю тепла і вологи, наявністю родючих чорноземних ґрунтів на півдні [34, 6].

Вибір для аналізу Волині обґрунтовується тим, що її харчова промисловість та перероблення сільськогосподарських продуктів є одним з лідерів з виробництва і реалізації продукції серед інших видів промислової діяльності. Про це свідчать 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 % (1034,9 млн. грн),

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

2004 рік – 43,4 % (1232,0 млн. грн),

2005 рік – 39,9 % (1430,2 млн. грн),

2006 рік – 33,8 % (1932,8 млн. грн),

2007 рік – 24,7 % (2241,7 млн. грн) [35, 74; 36, 72; 37, 81; 38, 81; 39, 99; 40, 103].

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

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

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

Проаналізувавши табл. 1.2, можна зробити такі висновки: за роки незалежності на Волині у порівнянні з 1990 роком суттєво 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 у 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.

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 підготовлено автором на основі [34, 67; 36, 79; 37, 83; 38, 83; 39, 101; 40, 107]

Слід зазначити, що з 2004 року у 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 (в якій вплив окремих компонент підсумовується) чи у мультиплікативній (в якій вплив окремих складових частин множитья) 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 таким чином, щоб усі вони мали однакову направленість, тобто позитивним результатом усіх показників системи повинно бути або зростання, або спадання. 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 таким чином, 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 у j -му регіоні за t -й період (тис. т);

p_{it} – випуск i -го виду продовольчих товарів в Україні за t -й період (тис. т).

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 з 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).

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

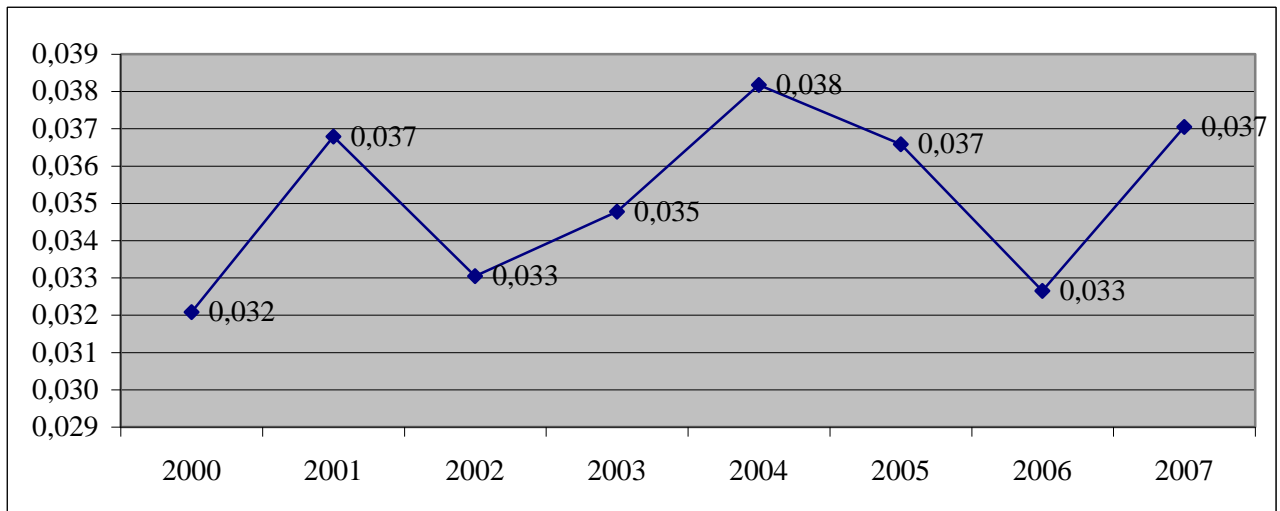


Рис. 1.9. Динаміка інтегрального показника частки Волині у виробництві найважливіших видів продукції харчової промисловості України

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

Розглянемо тепер, як змінилось споживання продовольчих товарів в Україні загалом та у Волинській області, зокрема, за останні роки (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 і 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 і 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

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 і молочні продукти (у перерахунку на молоко)	409,0	264,4	271,9	281,8	285,3	226,0	268,8	279,4	
Яйця, штук	272,0	142,0	158,0	179,0	180,0	220,0	193,0	210,0	
Риба і 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 підготовлено автором на основі [33, 437; 22, 207; 36, 389; 38, 425; 39, 422; 40, 460]

З таблиці видно, що протягом останніх років споживання більшості видів продукції в Україні збільшується. Але у порівнянні з 1990 роком ці показники менші для усіх продуктів харчування крім олії, картоплі та овочів.

Оскільки як недостатнє, так 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, необхідних для задоволення основних соціальних і культурних потреб особистості.

З 1992 року Міністерство статистики України до фіксованого набору з 22 життєво-необхідних видів продовольчої продукції включало м'ясо-, молоко-, хлібопродукти та інші (див. табл. Б.1 додатка Б). 14 квітня 2000 року Кабінет Міністрів України видав постанову № 656, в 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 у табл. Б.2 додатка Б.

З таблиці Б.2 видно, що стосовно яловичини та сирів норми збільшились у порівнянні 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 у такі ж групи, як і в табл. 1.3, а також обчислимо їхнє середнє арифметичне значення (див. табл. 1.4).

Таблиця 1.4

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

Продукти харчування	Діти 0–6 років	Діти 6–18 років	Дорослі працездатні	Дорослі непрацездатні	Середнє
М'ясо та м'ясопродукти (у перерахунку на м'ясо)	36,5	57,2	53	38	46,2
Молоко і 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 і 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

Співставивши набори продуктів харчування (табл. 1.4), з їх споживанням (табл. 1.3), бачимо, 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 у 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 і 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 і рибопродукти; цукор; олія).

Розрахуємо 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.

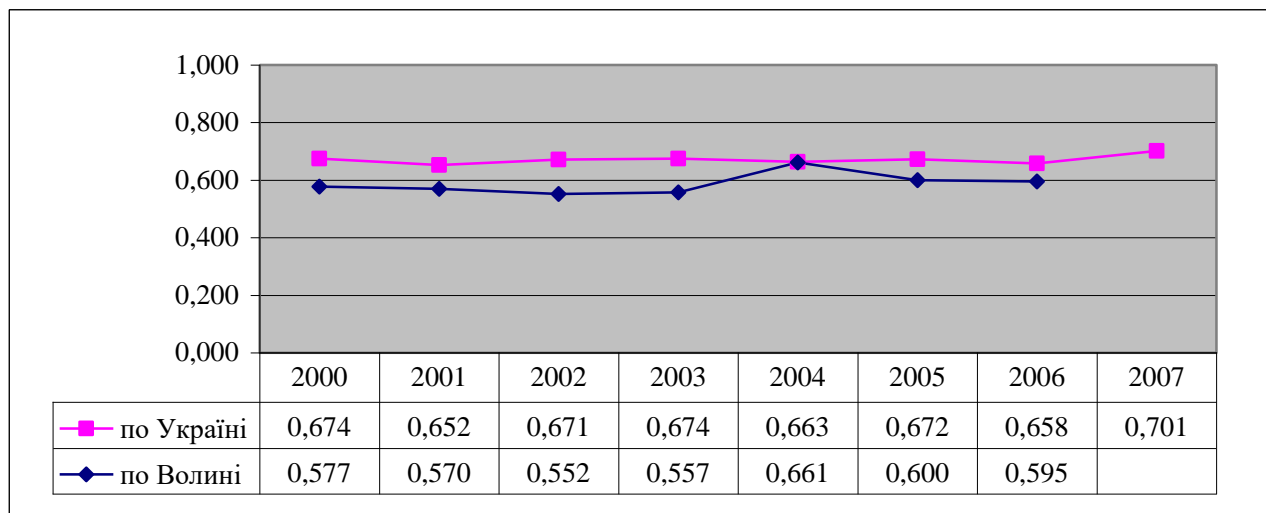


Рис. 1.10. Динаміка інтегральних показників якості споживання в Україні та на Волині

Як видно з рис. 1.10, якість споживання жителів України загалом краща, ніж у Волинській області. Лінії, які відображають динаміку цих інтегральних показників знаходиться 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 свідчить про майбутнє незначне покращення якості споживання продуктів харчування українцями загалом та волинянами зокрема.

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

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

Таблиця 1.5

Товарна структура експорту / імпорту продовольства

Товари	Вартість експорту / імпорту (тис. дол. США)							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
в Україні								
Продукція тваринного походження	366300	454500	379700	523300	648500	732000	396500	747200
Продукція рослинного походження	104500	182500	142100	189200	315000	499600	648900	771300
Жири та олії тваринного та рослинного походження	367900	693300	1120700	745800	1135900	1694800	1950500	1726500
Жири та олії тваринного та рослинного походження	302800	266100	220400	776600	439500	525500	671700	860800
Жири та олії тваринного та рослинного походження	240100	225500	342200	558800	545800	587200	971400	1718000
Жири та олії тваринного та рослинного походження	61200	86500	110700	109300	149300	204100	191100	388200
Готові харчові продукти	403100	450600	546400	904200	1140700	1290800	1394200	2095300
Готові харчові продукти	439700	590400	640600	1098600	1004600	1454700	1654500	2091200
на Волині								
Продукція тваринного походження	31558	27626	15275	14038	35960	46070	33122	52244
Продукція тваринного походження	185	2566	5817	4945	9789	14737	8830	10194
Продукція рослинного походження	7944	7669	12763	25259	14313	33150	42428	35884
Продукція рослинного походження	2778	1646	2105	6065	2651	4274	6367	6590
Жири та олії тваринного та рослинного походження	1623	790	703	10196	394	596	573	14577
Жири та олії тваринного та рослинного походження	1160	2170	5151	311	268	570	72	5
Готові харчові продукти	4654	3885	3701	10260	16464	18004	14464	9038
Готові харчові продукти	1166	2647	3583	11430	15301	71381	25508	21416

Таблицю підготовлено автором 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]

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;

$\text{exp}(\text{imp})_{ijt}$ – 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).

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 та рослинного походження.

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

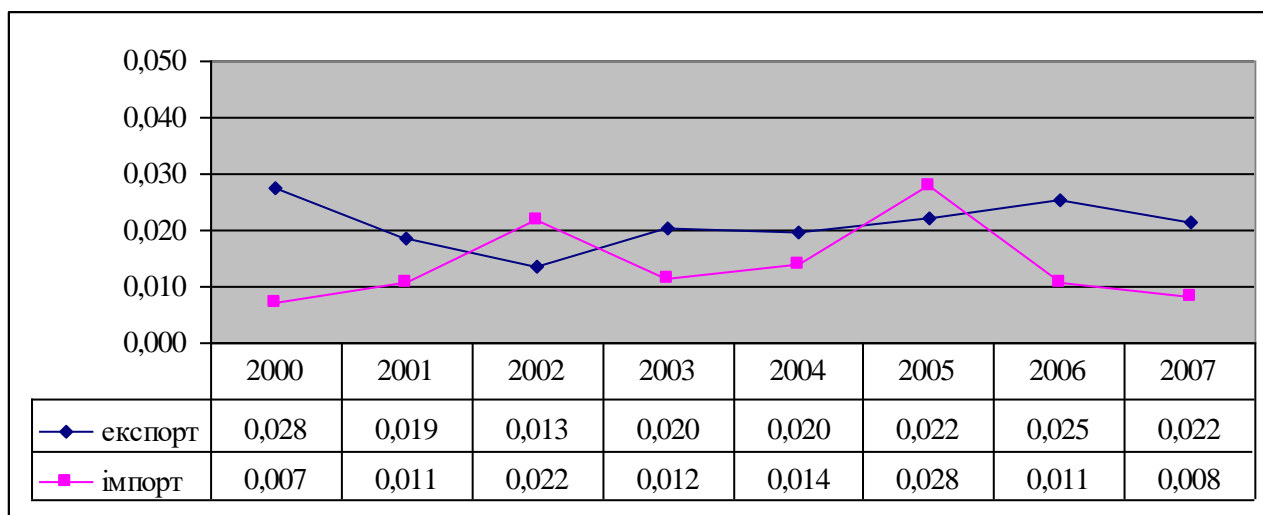


Рис. 1.11. Динаміка інтегральних показників частки Волинської області в експорті та імпорті продовольчої продукції України

Як видно з рис. 1.11, 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) частка імпорту перевищувала частку експорту. Якщо тенденція збережеться, то такий результат можна очікувати і у 2008 році.

До зовнішньоекономічної діяльності, крім експортно-імпортних операцій, відносяться також прямі іноземні інвестиції. Їхні обсяги в харчову промисловість і перероблення с/г продуктів України та Волині покажемо за допомогою табл. 1.6.

Прямі іноземні інвестиції в харчову промисловість і перероблення с/г продуктів

Показник	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
в Україні	775500	795900	852300	988300	1123700	1169300	1274600	1564000
на Волині	16890,0	12536,9	12756,1	13600,0	14210,2	14346,9	16804,9	20756,1
частка регіону	0,022	0,016	0,015	0,014	0,013	0,012	0,013	0,013

Таблицю підготовлено автором 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, як бачимо, щорічне збільшення суми інвестиційного капіталу в цей вид діяльності в Україні відбувається з 2000 року, а на Волині – з 2002 року. Це є надзвичайно позитивним явищем, оскільки активне інвестування в основний капітал дозволяє впроваджувати новітні досягнення науково-технічного прогресу, сучасні методи зберігання сировини, зменшувати витрати на всіх стадіях переробки, удосконалювати організацію виробництва і праці, зводити до мінімуму витрати робочої сили, паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів [47, 280]. Однак, частка Волині в прямих іноземних інвестиціях в харчову промисловість країни до 2005 поступово зменшувалась.

Проведений аналіз дає змогу зробити такі висновки:

- 1) виробництво продукції слід розглядати як складову частину системи управління показниками підприємств харчової промисловості;
- 2) на рівні окремого підприємства ці показники відображають дерево його цілей;
- 3) на загальнодержавному і регіональному рівнях систему показників підприємств харчової промисловості слід формувати у залежності 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 у нерозривному зв'язку кількісних та якісних сторін досліджуваних об'єктів.

Як відомо, *метод* – це система принципів і прийомів пізнавально-теоретичної і практичної діяльності [48, 21]. Існує безліч методів, за допомогою яких можна вивчати економічні об'єкти. Так, до методів дослідження випуску продукції харчової промисловості, на нашу думку, насамперед слід віднести кластерний і факторний аналіз, прогнозування і моделювання, оскільки вони дозволяють на різних рівнях управління вирішити поставлені нами на початку роботи завдання (див. рис. 1.12).

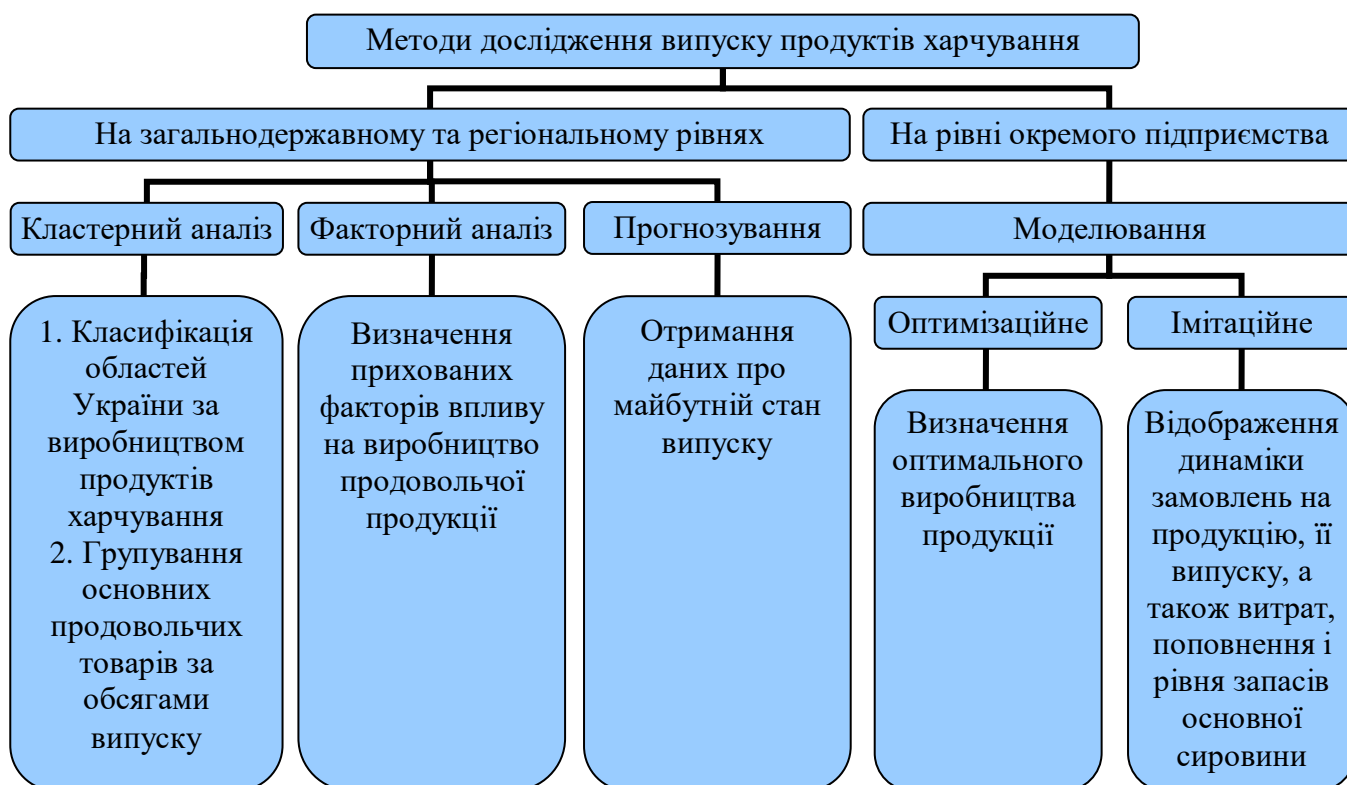


Рис. 1.12. Методи дослідження випуску продуктів харчування

Зупинимось на їхній характеристиці детальніше.

Кластерний аналіз (від англ. *cluster* – гроно, згусток) є сукупністю методів класифікації багатовимірних спостережень, основна мета якої полягає у розподілі

вхідних даних на однорідні групи так, щоб об'єкти всередині групи були подібними між собою згідно з деяким критерієм, а об'єкти із 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 дозволяє розглядати достатньо великий обсяг інформації і різко скорочувати великі масиви соціально-економічної інформації, робити їх компактними і наочними [50, 50].

На даний час він широко використовується у біології (групуванні тварин за видами), медицині (класифікації захворювань, лікувань захворювань), психіатрії (групуванні симптомів захворювань), археології (класифікації кам'яних знарядь), на семінарах по невербальній комунікації (класифікації жестів), а також у маркетингових дослідженнях, хоча вперше його застосували у соціології.

Використанню кластерного аналізу для класифікації соціально-економічних об'єктів присвятили ряд наукових 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. Сацук, І. І. Світлишин, О. В. Скидан, Ф. Хміль, А. О. Цапін та інші. Так, зокрема, його використовують для оцінки стану інвестиційних фондів [51], аналізу міжнародної конкурентоспроможності країн [52], класифікації споживачів електроенергії [53], групування країн за рівнем економічного розвитку [54], оцінки трудового потенціалу країн [55], аналізу динамічних рядів вилову риби на окремих водоймах [56], створення моделі ефективного функціонування промислових підприємств [57], аналізу розвитку соціальних послуг у різних регіонах [58], оцінки економічного ризику підприємств [59–60], 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, як правило, складаються з декількох десятків спостережень. Зокрема, це 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 з сотень і тисяч спостережень. Зокрема, це 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, як 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 подібності чи відстань між об'єктами. Її результатом є ієрархічне дерево.

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

При застосуванні *методу K-середніх* вибираються *K* випадкових кластери, розташованих на якомога більшій відстані один від одного, а потім змінюється приналежність до них об'єктів таким чином, щоб:

- 1) мінімізувати змінність всередині 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 розраховується за формулою:

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

де $x_i (i=1, n)$ – 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 з семи мір відстаней (див. рис. 1.13) і будується симетрична матриця відстаней.

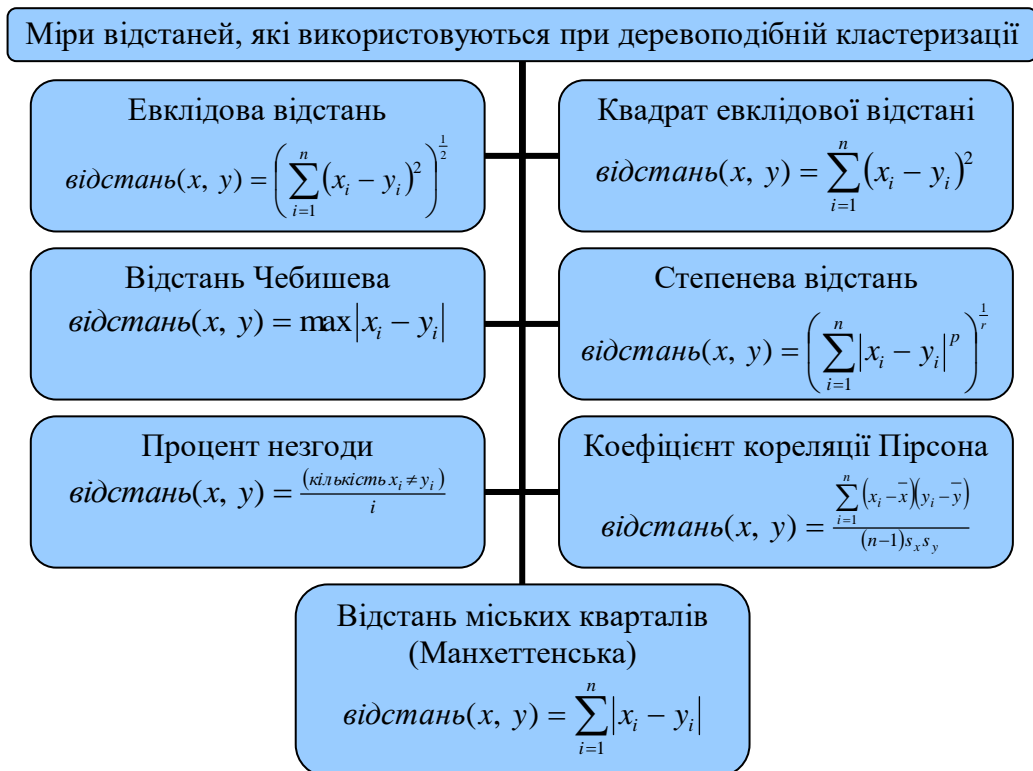


Рис. 1.13. Міри відстаней деревоподібної кластеризації:

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.

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, що їм належать;

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

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

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 з кластерним доцільно застосовувати і *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 повинні по можливості бути простими і достатньо точно описувати та пояснювати досліджувані величини. Тобто факторний аналіз є методом, який

упорядковує удавану хаотичність явища, що 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 ряду факторних ознак;
- можливість і доцільність агрегування декількох факторних ознак [68, 280].

Схеми та моделі факторного аналізу виникли ще на початку двадцятого сторіччя завдяки завданням психології. Вони пов'язані з іменами Ч. Спірмена, Л. Терстоуна і Г. Томсона. Однак, з огляду на деякі історичні причини та, зокрема, через суб'єктивні пристрасті і специфічні наукові інтереси перших дослідників, які працювали у цій сфері, імовірно-статистичні аспекти цього розділу багатомірного статистичного аналізу довгий час практично не розроблялись, а для інтерпретації й аналізу різних моделей факторного аналізу була характерна деяка невизначеність. Тільки з 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, що характеризують кількість економічних явищ, без суттєвої втрати достовірності;
- 2) отримання узагальнених індексів, що характеризують економічний механізм;
- 3) класифікація економічних об'єктів, що характеризуються набором незалежних ознак;
- 4) можливість побудови і наступної статистичної перевірки гіпотез про суть економічних явищ і процесів [69, 786].

Застосуванню факторного аналізу присвятили свої 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] і багато інших. 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 фактора U_j (зазвичай m набагато менше n). Загальні фактори враховують кореляції між параметрами, а характерний фактор – дисперсію, яка залишилася (у тому числі і пов'язану з різними похибками). Коефіцієнти a_{ij} та d_j при факторах називають навантаженнями [71, 26]. Факторні навантаження a_{ij} співпадають 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) розрахунок 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 розташовують 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 (при їх розташуванні у порядку спадання) характеристичних рівнянь;

I – одинична матриця;

4) сортування власних значень у порядку спадання;

- 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 наступна: варіація окремої змінної дорівнює одиниці, тому не представляє інтересу фактор, який пояснює меншу долю сукупної дисперсії;

2) спосіб, при якому залишають стільки факторів, скільки пояснюють наперед фіксовану частину сукупної дисперсії (напр., 70–80 %);

3) критерій кам'янистого осипу (запропонований Р. Кеттелем у 1966 році) – базується на аналізі спеціального графіка, на якому зображається залежність величини власного значення фактора від його номера. Графік отримав назву Scree Plot (діаграма кам'янистого осипу), оскільки нагадує схил гори. “Скельна” частина відповідає реально існуючим 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]. Іншими словами, він запропонував знайти таке місце на графіку, де зменшення власних значень зліва направо максимально сповільнюється. Справа від цієї точки знаходиться тільки “факторіальний осип”. Поняття “осип” є геологічним терміном, який означає уламки гірських порід, що накопичуються у 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 (який зберігає прями кути між факторами): варімакс, еквмакс, квартімакс. Різниця між ними полягає у 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. При такому обертанні 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 усі специфічні фактори прийняті рівними нулю, а загальні фактори ортогональні) є *метод головних компонент (компонентний аналіз)* [78]. Він був запропонований у 1901 році К. Пірсоном, а потім знову відкритий і детально розроблений Г. Хоттелінгом у 1933 році [79]. Цей метод по суті зводиться до вибору нової ортогональної системи координат у просторі спостережень. В якості першої головної компоненти вибирають напрям, вздовж якого масив спостережень має найбільший розкид. Вибір кожної наступної головної компоненти відбувається так, щоб розкид вздовж неї був максимальним і щоб ця головна компонента була ортогональною іншим головним компонентам, вибраним попередньо [80, 466]. На діагоналі кореляційної матриці при такому аналізі 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 в сумарну дисперсію параметрів.

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

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

1) фактографічні, які базуються на використанні документальних джерел інформації;

2) експертні, які використовують інформацію, отриману від експертів [48, 23].

Визначені на початку даного дослідження завдання можна розв'язати за допомогою певних фактографічних методів прогнозування (див. рис. 1.14).

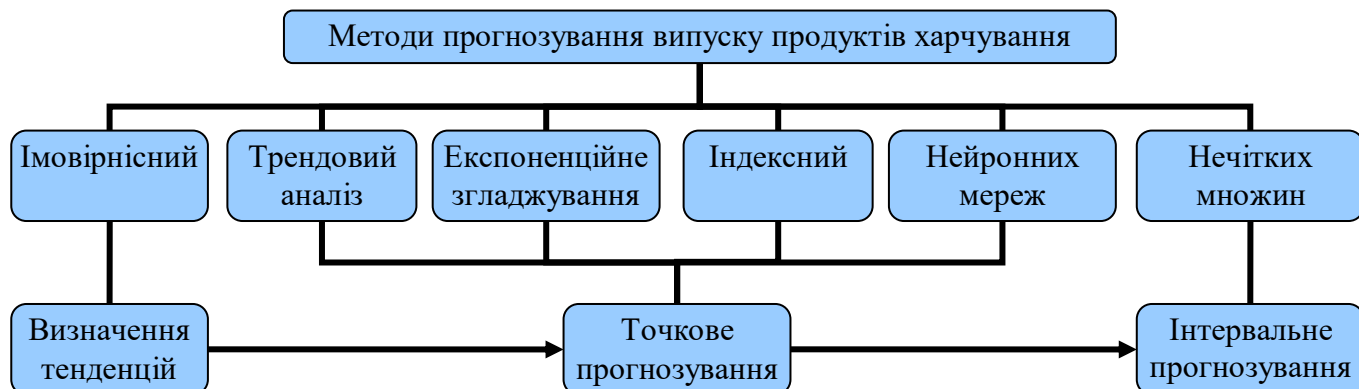


Рис. 1.14. Методи прогнозування випуску продуктів харчування

Тобто, на нашу думку, прогнозування виробництва продуктів харчування повинно 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 (оцінка параметрів моделі);
- 3) вирішення на підставі певних критеріїв, чи оцінки є задовільними та надійними;
- 4) визначення придатності моделі до передбачення [82, 11].

Іншими словами, 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 таким чином, 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 змогу зробити такі висновки:

- 1) на рівні окремого підприємства до таких методів слід віднести оптимізаційне та імітаційне моделювання;
- 2) на загальнодержавному і регіональному рівнях до таких методів слід віднести кластерний та факторний аналіз, 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 у тому, що справжній світ є таким комплексом, який потрібно спростити і відокремити, якщо збираються робити будь-який прогрес. Іншою є те, що проста модель може бути найдешевшим шляхом отримання потрібної інформації [86, 14].

Класифікацію моделей у залежності від обраного критерію відображено на рис. 1.15.

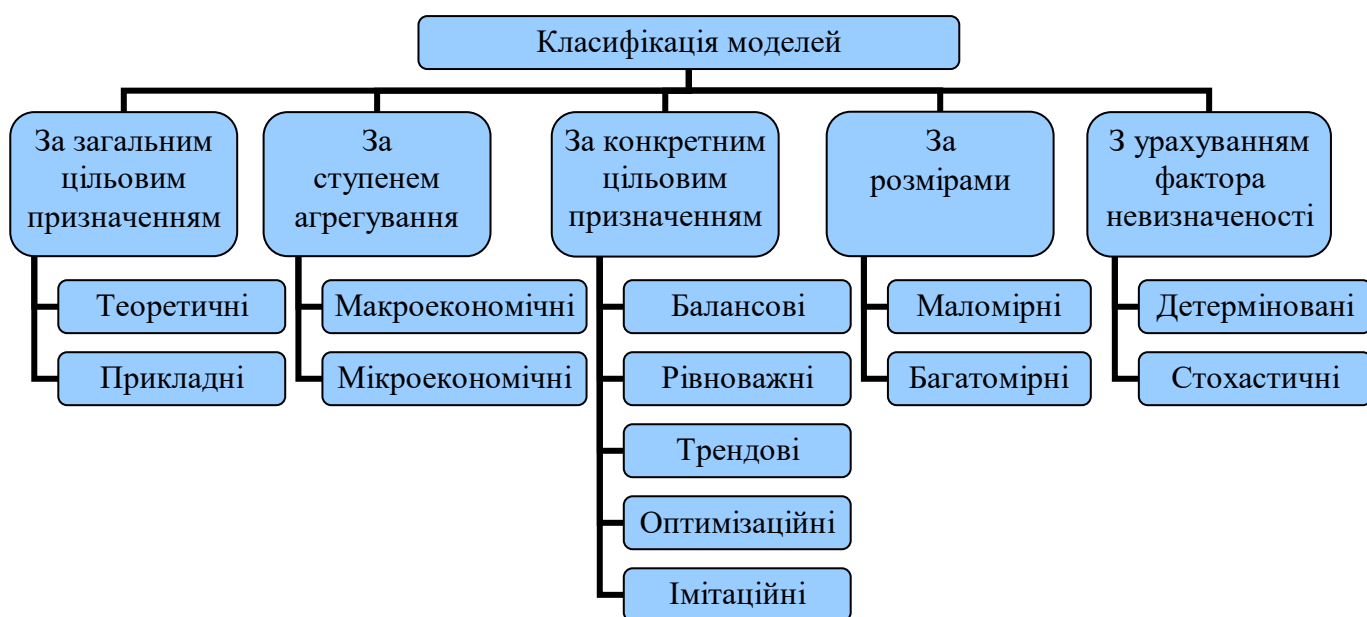


Рис. 1.15. Класифікація моделей

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

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

Згідно Державних стандартів 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 і 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 якої є:

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

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

Загалом оптимізаційну задачу зображають таким чином:

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

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

та умовах 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 та існування множини можливих і допустимих рішень);

2) змістовна постановка завдання: вхідні дані; шукані змінні; межі, в яких можуть знаходитися значення шуканих величин; залежності між змінними;

- 3) формування математичної моделі;
- 4) збір вхідних даних;
- 5) вирішення задачі;
- 6) аналіз отриманого оптимального рішення;
- 7) прийняття рішення;
- 8) керівництво по реалізації рішення [90, 17].

Побудові оптимізаційних моделей випуску продукції присвятили свої 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. Кузнєцов, Я. Н. Жихар та багато інших. У своїх працях вони розглядали різноманітні критерії оптимальності, будували на їх основі економіко-математичні моделі підтримки прийняття рішень.

Слід зазначити, що використання методів оптимізації виробничої програми фірми з метою максимізації прибутку було започатковано у 1939 р. [91, 117] відомим радянським вченим, лауреатом Нобелівської премії в галузі економіки 1975 р. [92, 69] Л. В. Канторовичем:

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

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, ним не враховувалось те, що прибуток із зростанням обсягів виробництва збільшується нелінійно (непропорційно). Тому О. О. Орлов запропонував уточнити цю формулу, розділивши у ній усі загальні витрати на дві групи: постійні та змінні:

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

де M_j – маржинальний прибуток (ціна – змінні витрати) від продажу одиниці продукції j -го виду;

$V_{пост}$ – постійні витрати у цілому 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 наковці А. Ф. Гукалюк та О. С. Сенишин у [94] визначали оптимальну виробничу програму на прикладі кондитерської фірми ЗАТ “Світоч”. До критеріїв оптимальності ними було віднесено максимум обсягу валового прибутку, максимум обсягу реалізованої продукції та максимум частки освоєного цільового ринку. Обмеження у цій моделі стосувались використання певних видів ресурсів. Ними було розраховано три варіанти річної виробничої програми окремо за кожним критерієм. Кінцевим етапом процесу моделювання стало обґрунтування та вибір оптимального варіанту плану виробництва на рік. Для реалізації цього етапу спочатку було 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 визначила критерієм оптимальності плану виробничо-господарської діяльності виробничо-торгівельного підприємства максимум виторгу при обмеженнях на трудові ресурси, виробничі площі, інгредієнти, виробництво (виходячи із замовлень контрагентів), складські приміщення, обсяг товарообігу, якість та обсяг асортиментів товарів.

В. Р. Кігель у [91] проводив оптимізацію виробничої програми фірми за умов ризику. Обмеження у ній вводились на обсяги виробництва продукції, а також обсяги виробничого використання, придбання додаткових або реалізації надлишкових виробничих ресурсів тощо. При нейтральному відношенні підприємця до ризику оптимальна виробнича програма знаходилась 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 у 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 критеріями оптимальності при вирішенні завдання оптимізації асортименту продукції швейної фабрики такі, як:

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

Обмеження у 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 детально буде описано пізніше.

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.

Як бачимо, різними вченими виділяються іноді однакові, а іноді й відмінні критерії. Не зважаючи на це, усі вони повинні відповідати обраній проблемі та володіти певними бажаними властивостями. Так, зокрема, зарубіжні науковці Р. Кіні та Х. Райфа вважають, що у будь-якій проблемі, пов'язаній з 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 оцінки можна було спростити, розбивши його на частини; не надлишковим – не дублював врахування різних аспектів наслідків; і мінімальним – щоб розмірність проблеми залишалась по можливості 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.

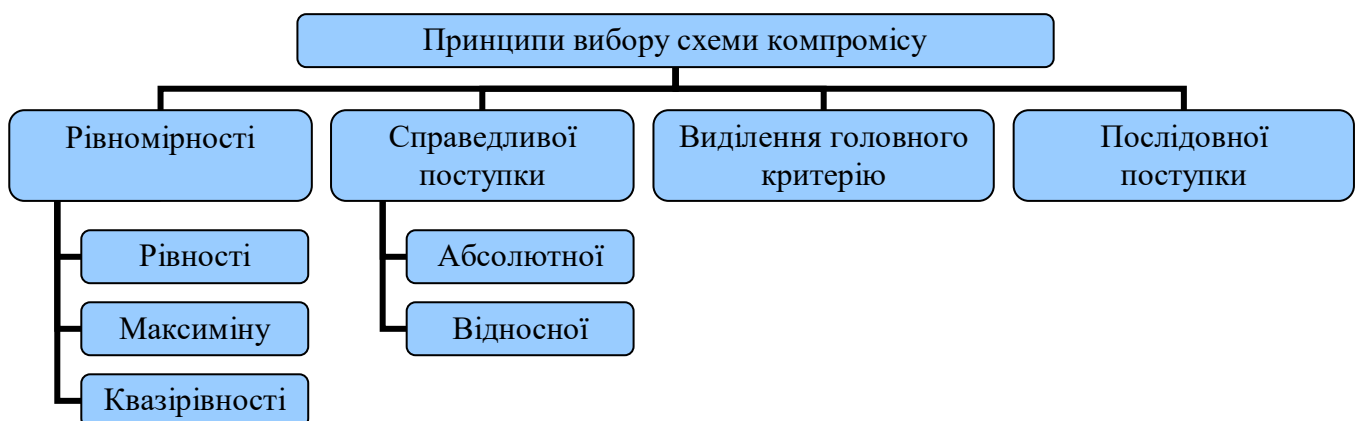


Рис. 1.16. Принципи вибору схеми компромісу

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

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

б) принцип максимуму (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 базується на оцінці і співставленні приросту та зменшення рівня локальних критеріїв. Він також має декілька видів:

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

б) принцип відносної поступки – справедливим є такий компроміс, при якому 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 в якості головного, інші ж повинні бути не меншими деяких заданих значень.

Принцип послідовної поступки складається з таких етапів:

1) розташування критеріїв ефективності k_1, k_2, \dots, k_n у порядку спадання 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 ;
- б) повторення 3-5-го кроків для наступних показників [97, 166].

Цей принцип, який іноді ще називають методом послідовних надходжень, застосовується тоді, коли у задачі векторної оптимізації частинні критерії можливо 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”, бо зводиться до правила упорядкування слів за алфавітом при створенні 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 дозволяє 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 у короткий термін і з надійними результатами [106, 126]. Зокрема, виділяють такі чотири основні причини імітації моделі: зразкова перевірка та оцінка, історично-політичний аналіз, прогнозування, політичне розпорядження [107, 101].

Зарубіжні вчені Р. Шеннон і В. Байлес проводили дослідження наукової діяльності групи дійсних членів Американського товариства дослідження операцій, за результатами якого отримали, що імітаційне моделювання є одним з найбільш популярних методів серед науковців. Воно поступається тільки теорії імовірностей та економічному аналізу (оцінці ефективності витрат) [108, 25], оскільки з його

допомогою можна імітувати, “програвати” можливі варіанти перебігу процесу й отримувати інформацію для їхньої оцінки [109, 449].

Імітаційною моделлю економічної системи вважається модель, яка відтворює не тільки структуру і статичний взаємозв'язок складових частин системи, але й імітує динаміку її розвитку у часі [110, 17]. Імітаційні моделі можуть стати важливим засобом наукового аналізу і 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] та багато інших.

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] була побудована імовірнісно-автоматна модель, яка складалася з восьми автоматів. Вони відображали

проміжки часу, які залишилися в момент часу t до моменту поступлення чергової партії матеріалів відповідно 1-го і 2-го типів; наявність в 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, що випускаються за одиницю часу; лічильник автоматного часу.

У [127] для управління виробничим підприємством була запропонована імітаційна модель на основі рейтингової оцінки шляхом уточнення рейтингових коефіцієнтів за допомогою методу Монте-Карло.

Використання моделей саме у сфері промислового виробництва пояснюється такими причинами:

- 1) посилення конкуренції у багатьох галузях промисловості привело до того, що на даний час більше уваги приділяється автоматизації виробничих процесів з метою збільшення продуктивності і покращення якості продукції. Оскільки автоматизовані системи складніші від звичайних, то їх, як правило, зручно аналізувати за допомогою моделювання;
- 2) системи та обладнання можуть бути дуже дорогими;
- 3) останнім часом були створені більш швидкі і дешеві персональні комп'ютери, що привело до різкого зменшення вартості комп'ютерних обчислень;
- 4) вдосконалення програмного забезпечення дозволило скоротити термін розробки моделі і 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 метод статистичних випробувань (Монте-Карло) і метод статистичного моделювання, хоча в деяких працях ці терміни ототожнюють.

Метод Монте-Карло – це числовий метод, який застосовується для моделювання випадкових величин і функцій, імовірнісні характеристики яких співпадають з рішеннями аналітичних задач. Він полягає у багаторазовому відтворенні процесів, які є реалізацією випадкових величин і функцій, з наступною

обробкою інформації методами математичної статистики. Якщо цей прийом застосовується для машинної імітації з метою дослідження характеристик процесів функціонування систем, які піддаються випадковим впливам, то тоді йде мова про *метод статистичного моделювання* [8, 49].

Іншими словами, метод Монте-Карло у широкому сенсі – це будь-який метод рішення 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 були опубліковані 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) дозволяє 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 змогу зробити такі висновки:

- 1) найбільш популярними серед моделей виробництва продукції є оптимізаційні та імітаційні;
- 2) у багатокритеріальних оптимізаційних моделях для досягнення мети за всіма критеріями потрібно вибрати схему досягнення компромісного рішення;
- 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 та 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 дозволяють 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 та 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 у працях автора [135–140].

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛІ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

2.1. Кластерний і факторний аналіз виробництва продуктів харчування

Кластерний і факторний аналіз 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 область) рівнях і порівняння отриманих результатів між собою;
- 3) визначення прихованих факторів впливу на виробництво продовольчої продукції України і 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).

Класифікацію за кожним напрямком будемо проводити у два етапи. На першому за допомогою методу деревоподібної кластеризації дослідимо процес послідовного об'єднання областей у кластери. На другому за допомогою методу К-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. Детальний опис алгоритмів реалізації методів кластерного аналізу у програмі StatSoft Statistica 6.0 подано у додатках В–Г.

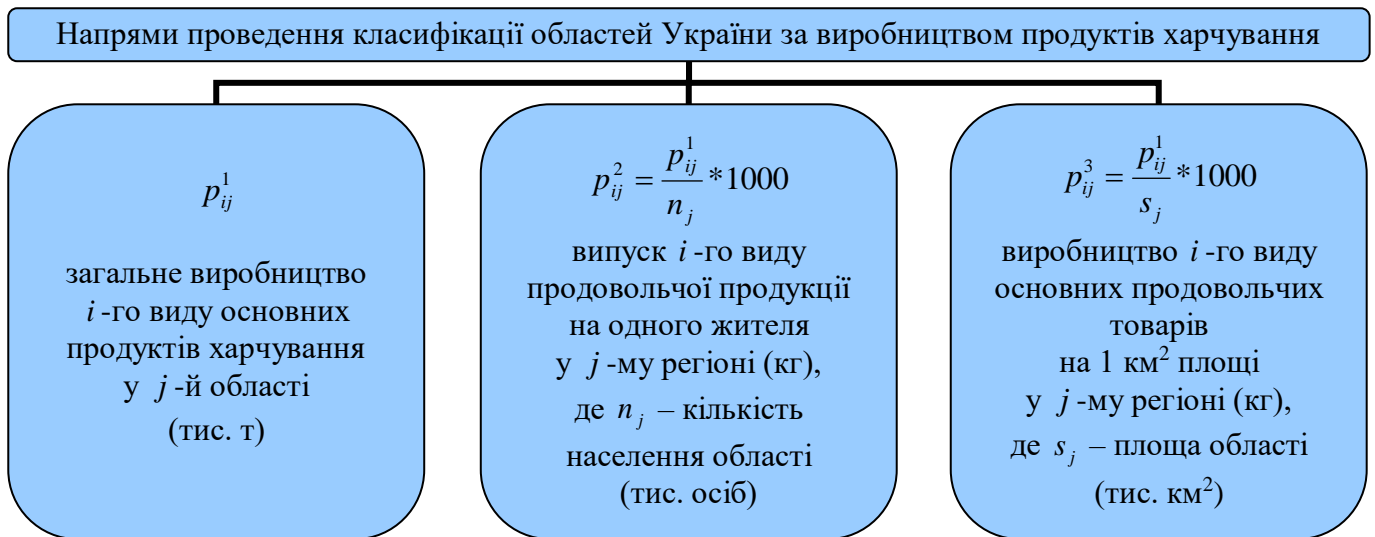


Рис. 2.1. Напрями проведення класифікації областей України за виробництвом продуктів харчування

Для проведення дослідження побудовано таблиці вхідних даних, в яких усі області України характеризуються вісьмома показниками (див. табл. Д.1, Е.1, Ж.1 додатків Д, Е, Ж відповідно). Кожен з них – це виробництво (тис. т) 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 рік наявні дані тільки по шести продовольчих товарах.

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

Як міру відстані використано формулу евклідової відстані, яка користується великою популярністю серед дослідників. Згідно з нею показник з більшим значенням домінує над показником з меншим значенням. Для вирішення цієї

проблеми також слугує z-перетворення, яке ми провели на попередньому кроці. Обравши міру відстані, отримано симетричні матриці відстаней, які відображені у табл. Д.3, Е.3, Ж.3 додатків Д, Е, Ж відповідно.

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

У результаті було отримано, що за абсолютними показниками p_{ij}^1 (які характеризують загальний випуск основних продуктів харчування) на першому кроці алгоритму об'єднуються дві області – Закарпатська та Івано-Франківська (відстань об'єднання – 0,5093082), на другому до них приєднується Чернівецька (0,6788799), на третьому об'єднуються Сумська і Чернігівська області (0,9066252), на четвертому до Закарпатської, Івано-Франківської, та Чернівецької приєднується Рівненська (0,9337705) і т.д. Список об'єднання подано у табл. Д.4 додатка Д. Слід зазначити, що у 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. Як дендрограма, так 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 знаходиться за допомогою підбору, або аналізу списку об'єднання.

При аналізі 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 скачкоподібно (у нашому випадку – 18, де відбувається скачок 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 3 кластери: регіони з великим, середнім та малим випуском продукції у всеукраїнському масштабі. Тому проведемо поділ на 3 кластери, застосувавши при

цьому метод К-середніх. Структуру отриманих за показниками p_{ij}^1 кластерів та переваги областей за виробництвом продовольчих товарів подано на рис. 2.2.



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

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

З рис. 2.3 видно, що у першому кластері містяться об'єкти, в яких середні значення 5 показників з 8-ми є значно більшими, ніж в інших групах. У другому кластері знаходяться об'єкти, в яких середні значення 3 показників є значно більшими, ніж в інших двох групах. У третьому кластері містяться об'єкти, в яких середні значення 7 показників є меншими, ніж в інших групах.

Тобто можна зробити такі висновки:

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

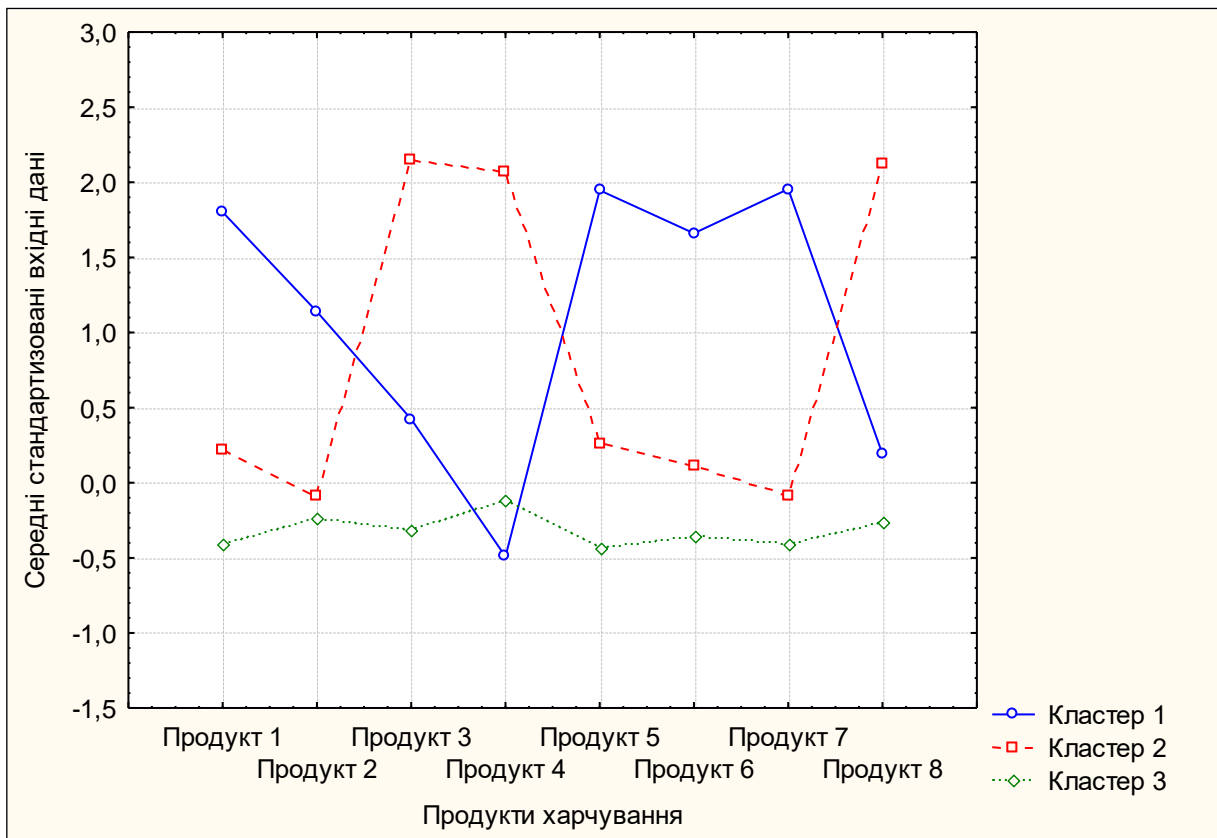


Рис. 2.3. Середні стандартизовані вхідні значення за показниками p_{ij}^1

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

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

Список об'єднання областей за відносними показниками p_{ij}^2 (які характеризують виробництво продовольчої продукції на одну особу) подано у 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.

З рис. 2.5 видно, що у першому кластері міститься об'єкт, в якого середні значення 3 показників з 8-ми є більшими, ніж в інших групах. У другому кластері знаходяться об'єкти, в яких середні значення 5 показників є більшими, ніж в інших двох групах. У третьому кластері містяться об'єкти, в яких середні значення 7 показників є меншими, ніж в інших групах.



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

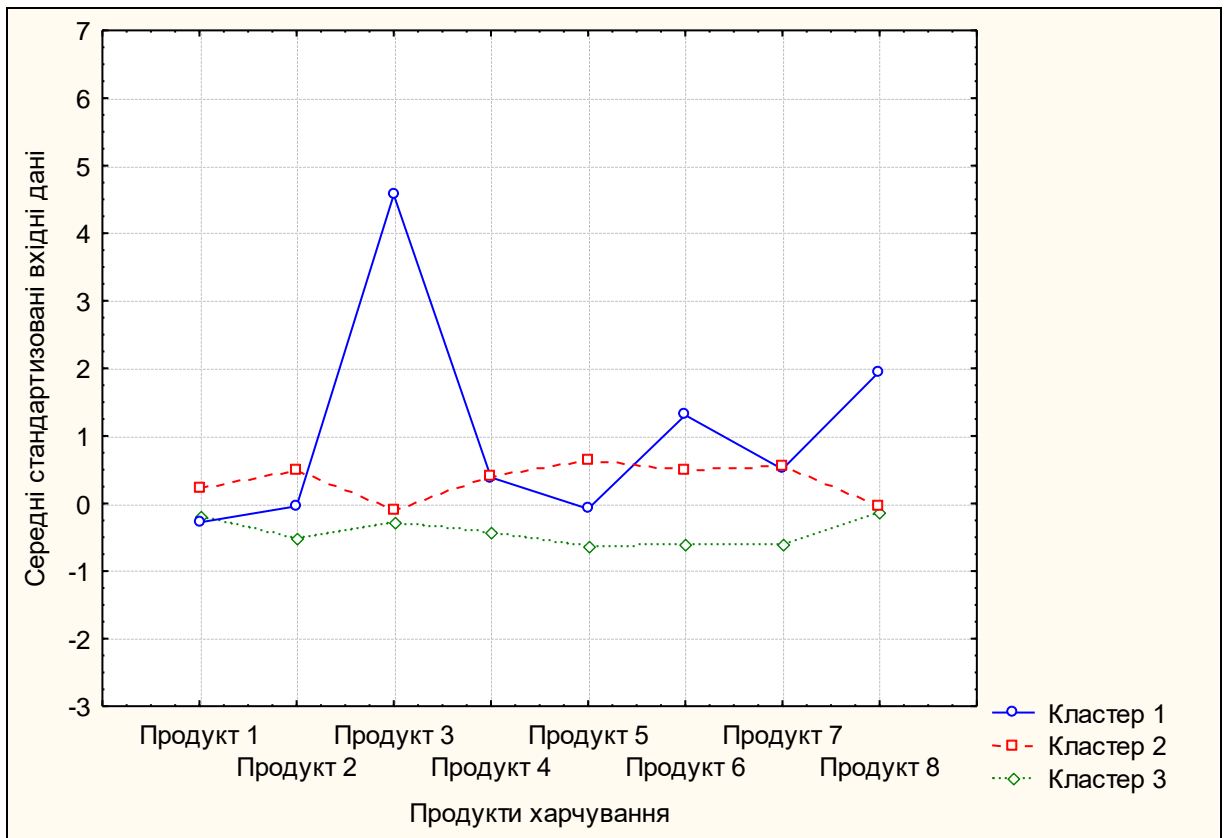


Рис. 2.5. Середні стандартизовані вхідні значення за показниками r_{ij}^2

Тобто можна зробити такі висновки:

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

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

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

Список об'єднання областей за відносними показниками p_{ij}^3 (які характеризують виробництво продовольчої продукції на 1 км² площі) подано у 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.

З рис. 2.7 видно, що у першому кластері містяться об'єкти, в яких середні значення 5 показників з 8-ми є значно більшими, ніж в інших групах. У другому кластері знаходяться об'єкти, в яких середні значення 3 показників є більшими, ніж в інших двох групах. У третьому кластері містяться об'єкти, в яких середні значення 6 показників є меншими, ніж в інших групах.

Тобто можна зробити такі висновки:

1) області, які знаходяться у першому кластері, переважають регіони з інших груп за виробництвом на 1 км² площі виробів ковбасних, олії соняшникової нерафінованої, продуктів кисломолочних, борошна та виробів хлібобулочних;

2) області, які містяться у другому кластері, переважають регіони з інших груп за випуском на 1 км² площі молока обробленого рідкого, сирів жирних та цукру-піску;

3) області, які знаходяться у третьому кластері, переважають тільки регіони з першої групи за виробництвом на 1 км² площі сирів жирних та регіони з другої групи за випуском олії соняшникової нерафінованої.



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

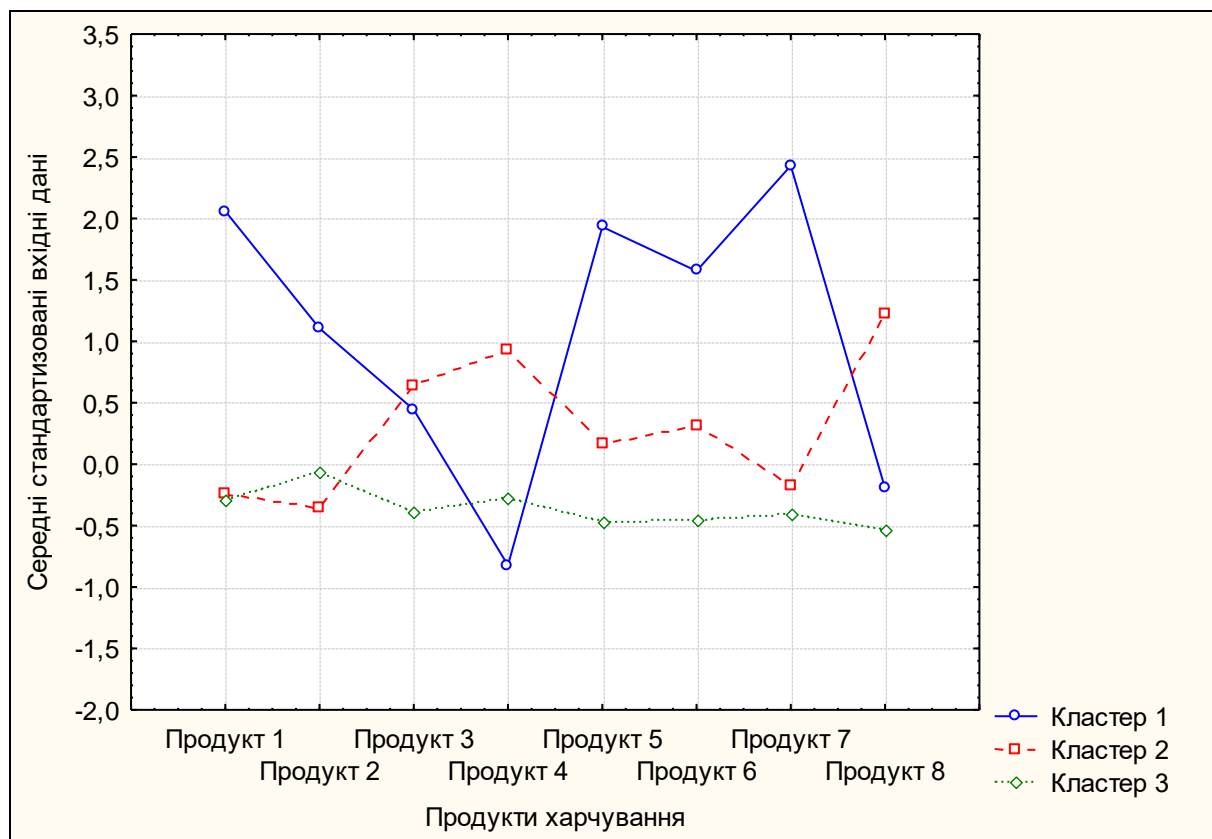


Рис. 2.7. Середні стандартизовані вхідні значення за показниками r_{ij}^3

Як бачимо, 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 км² площі) більше продовольства на 1 км² 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).

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 і тому не завжди доступні спеціальні програмні пакети, як от 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

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

Від матриці вхідних даних переходимо до матриці стандартизованих вхідних даних

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

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

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

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

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 (фактора).

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 використовувати 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 у нашому випадку ступінь важливості всіх показників однакова, то використовувати “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 у додатку 3.

Для проведення дослідження заповнимо матрицю вхідних даних, в 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 (включаючи 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 (включаючи бринзу);

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 у послідовному об'єднанні спершу найближчих, а далі все більш віддалених один від одного об'єктів. Спочатку кожний об'єкт $Z_i (i = 1, 2, \dots, 10)$ розглядається 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 представляється 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 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 та іншими кластерами становитимуть:

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

Решта відстаней залишаться без змін. Матриця відстаней набуде вигляду

$P_2=$	0,0000	1,1399	1,5450	1,8732	1,4287	4,9912	8,3715	5,9980	0,8762
	1,1399	0,0000	0,4476	2,8774	0,3183	6,0189	9,3843	6,9908	1,1875
	1,5450	0,4476	0,0000	3,2933	<u>0,2990</u>	6,3883	9,7281	7,3352	1,5217
	1,8732	2,8774	3,2933	0,0000	3,1562	3,4391	6,8803	4,5079	1,9473
	1,4287	0,3183	0,2990	3,1562	0,0000	6,3246	9,6933	7,3000	1,4557
	4,9912	6,0189	6,3883	3,4391	6,3246	0,0000	3,7378	1,5657	5,0673
	8,3715	9,3843	9,7281	6,8803	9,6933	3,7378	0,0000	2,4634	8,4100
	5,9980	6,9908	7,3352	4,5079	7,3000	1,5657	2,4634	0,0000	5,9906
	0,8762	1,1875	1,5217	1,9473	1,4557	5,0673	8,4100	5,9906	0,0000

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 та 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 набуває вигляду

$P_3=$	0,0000	1,1399	1,4287	1,8732	4,9912	8,3715	5,9980	0,8762
	1,1399	0,0000	<u>0,3183</u>	2,8774	6,0189	9,3843	6,9908	1,1875
	1,4287	0,3183	0,0000	3,1562	6,3246	9,6933	7,3000	1,4557
	1,8732	2,8774	3,1562	0,0000	3,4391	6,8803	4,5079	1,9473
	4,9912	6,0189	6,3246	3,4391	0,0000	3,7378	1,5657	5,0673
	8,3715	9,3843	9,6933	6,8803	3,7378	0,0000	2,4634	8,4100
	5,9980	6,9908	7,3000	4,5079	1,5657	2,4634	0,0000	5,9906
	0,8762	1,1875	1,4557	1,9473	5,0673	8,4100	5,9906	0,0000

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 отримаємо 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 та 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 набуває вигляду

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

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 отримаємо 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 та 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 вигляду

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

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 отримаємо 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 та 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 набуде 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 отримаємо чотири кластери:

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

Найменші відстані між отриманим та іншими кластерами становитимуть:

$$Z_{(1,9,2,3,10,5)} \text{ і } Z_{(6,8)} \quad p_{(1,9,2,3,10,5)(6,8)}=4,9912;$$

$$Z_4 \text{ і } Z_{(6,8)} \quad p_{4(6,8)}=3,4391;$$

$$Z_7 \text{ і } Z_{(6,8)} \quad p_{7(6,8)}=2,4634.$$

Матриця відстаней набуде 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 отримаємо три кластери:

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

Найменші відстані між отриманим та іншими кластерами становитимуть:

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

$$Z_7 \text{ і } Z_{(1,9,2,3,10,5,4)} \quad p_{7(1,9,2,3,10,5,4)}=6,8803.$$

Матриця відстаней набуде вигляду

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

Її 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)

Найменша відстань між отриманим та 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 вигляду

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

Таким чином, 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.

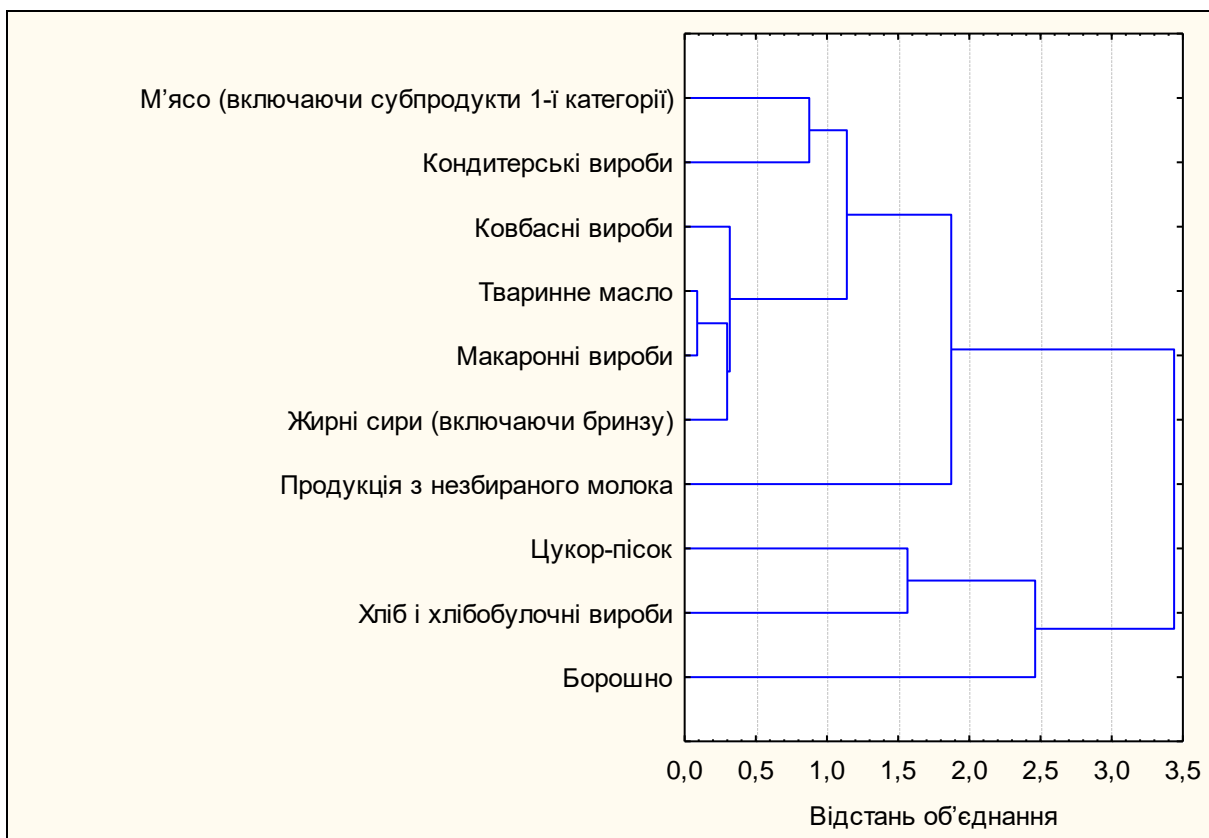


Рис. 2.8. Дендрограма результатів кластерного аналізу для України

З 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);
- 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, бачимо, що вони збільшуються скачкоподібно після восьмого кроку, де відбувається скачок 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 рисунку 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 (включаючи субпродукти 1-ї категорії), ковбасні вироби, тваринне масло, продукція з незбираного молока, жирні сири (включаючи бринзу), кондитерські та макаронні вироби. Їхні значення не перевищували 1600 тис. т. 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).

Далі перейдемо до аналізу продуктів 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.

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 більше 41 тис. т.

У результаті проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

- 1) як для країни, так 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.

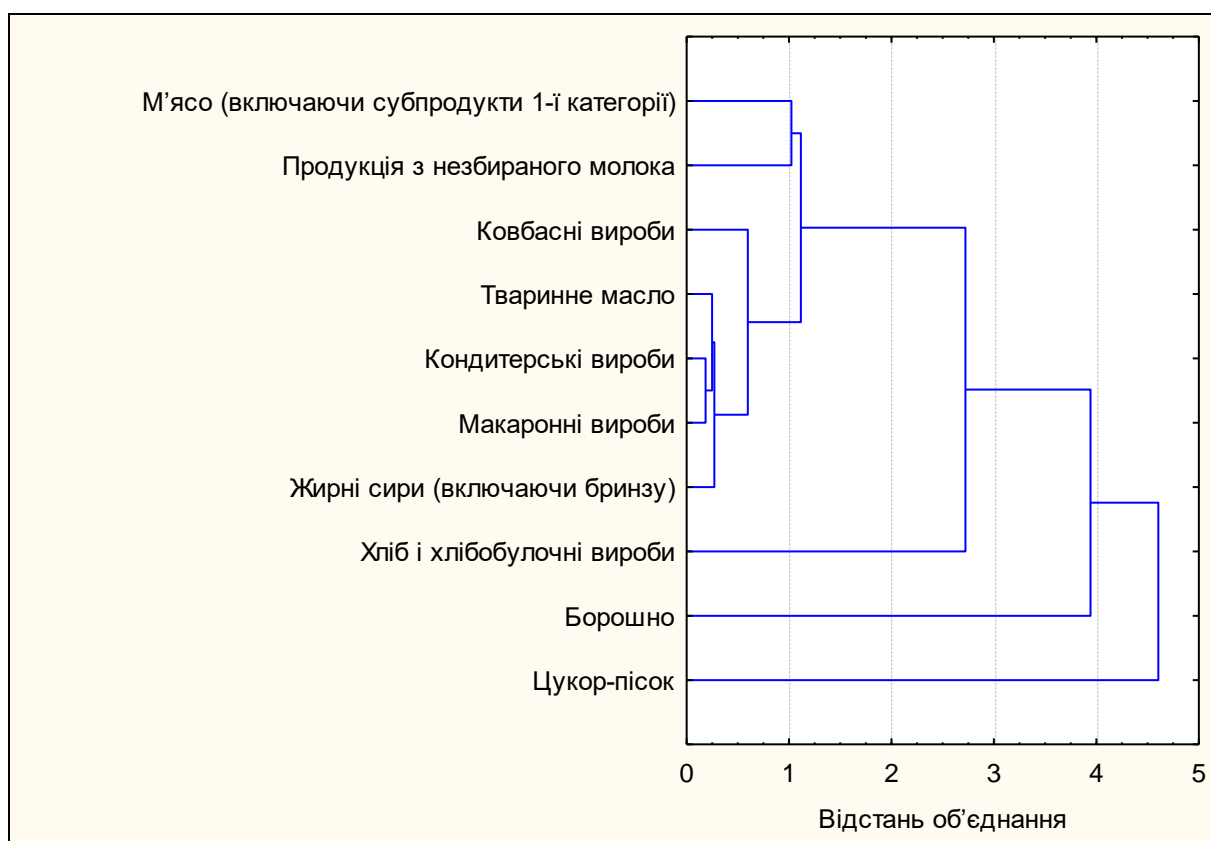


Рис. 2.9. Дендрограма результатів кластерного аналізу для Волині

Отримана інформація може бути корисною при розміщенні 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.

Детальний опис алгоритму реалізації методу головних компонент у програмі StatSoft Statistica 6.0 подано у додатку II.

У нашому випадку 13 об'єктів (років) характеризуються 10 параметрами (товарами). Аналіз почнемо 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 у табл. 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 цієї таблиці, 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).

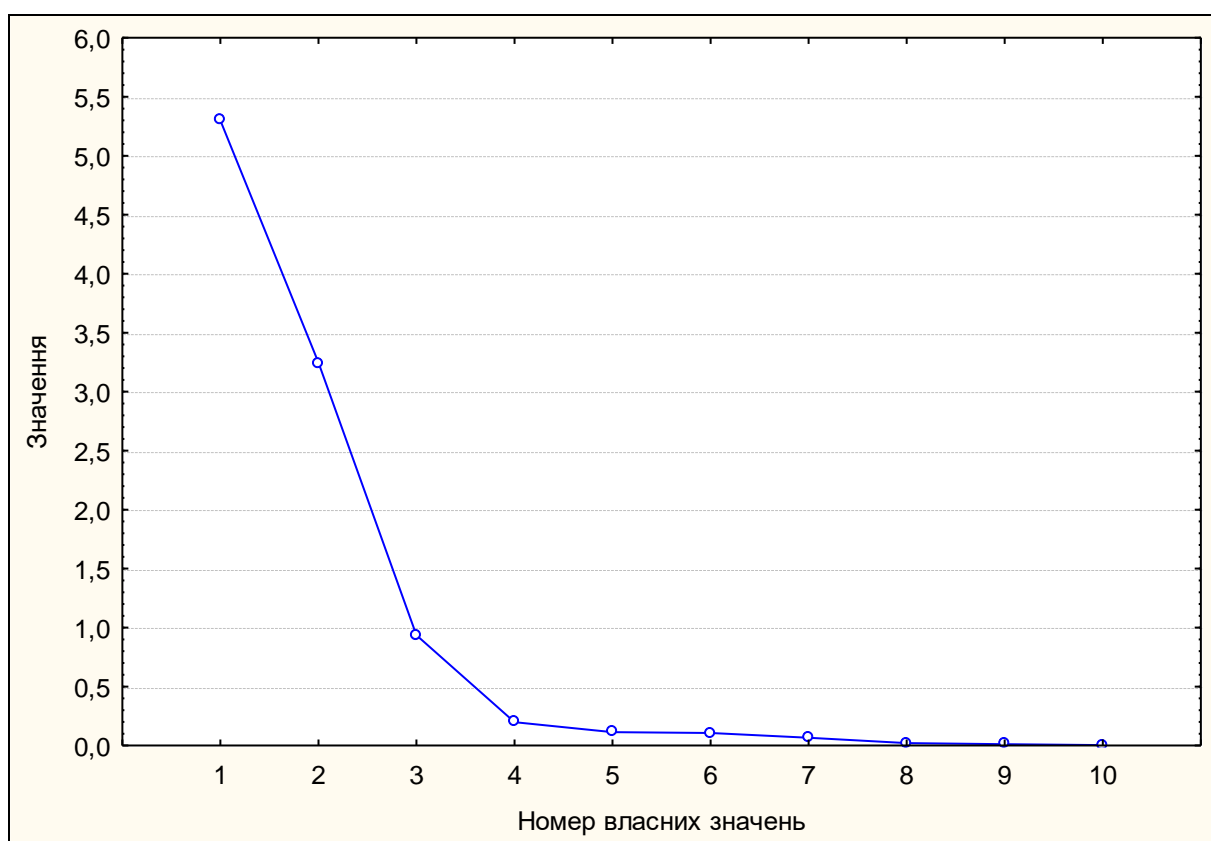


Рис. 2.10. Діаграма кам'янистого осипу

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

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

Таблиця 2.2

Факторні навантаження при головних компонентах 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.

З таблиці видно, що за двофакторної структури внесок першої головної компоненти у загальну дисперсію становить 51,30 %, другої – 34,15 %; за трифакторної структури внесок першого фактора – 32,06 %, другого – 34,09 %, третього – 28,66 %. Тобто після обертання частка сукупної загальної дисперсії двох і трьох головних компонент не змінилась (залишилась на рівні 85,45 % і 94,81 %), а 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.

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

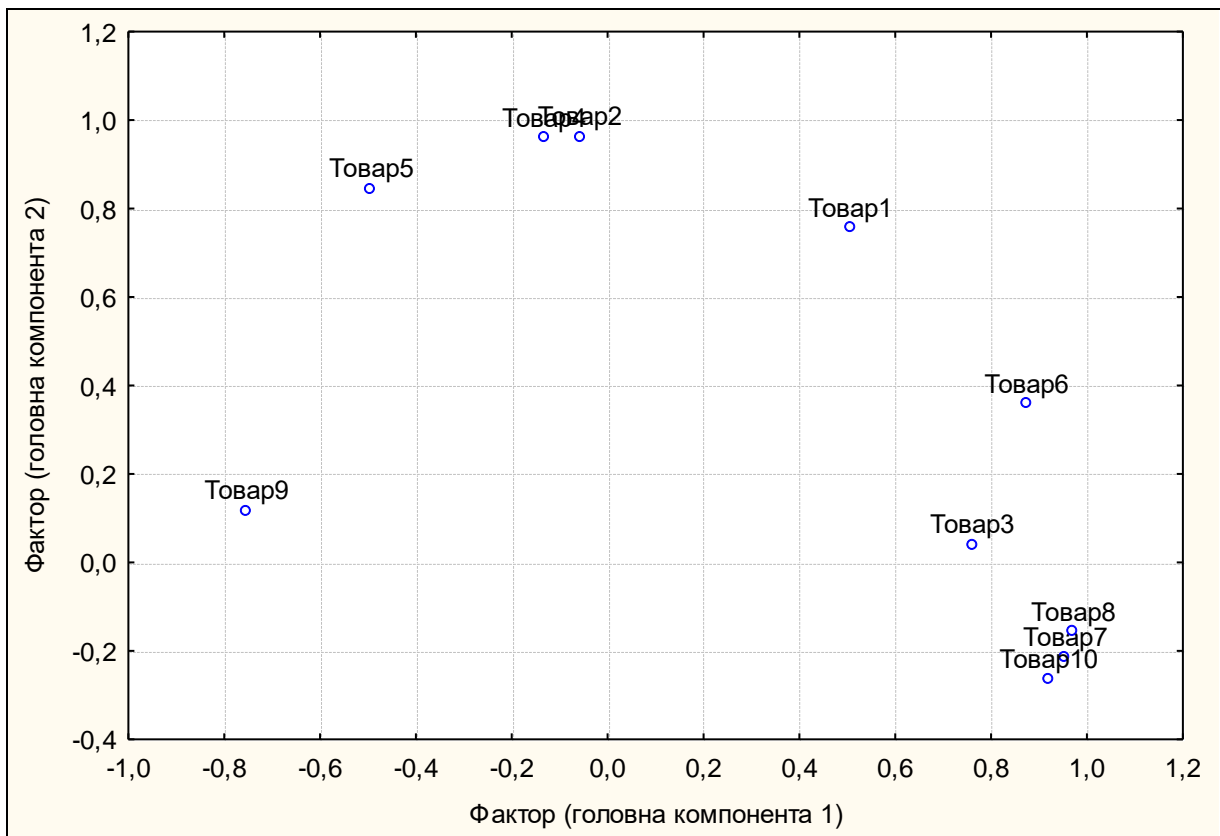


Рис. 2.11. Продовольчі товари України у просторі прихованих компонент

м'ясо (включаючи 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 (включаючи бринзу):

$$z_5 = -0,4931F_1 + 0,8448F_2;$$

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:

$$z_{10} = 0,9199F_1 - 0,2636F_2.$$

Бачимо, що перша головна компонента вагомо впливає на випуск шести продуктів харчування, причому виробництво одного з них (кондитерських виробів) є полярним до шести інших, що свідчить про їхню взаємно обернену динаміку. Друга головна компонента вагомо впливає на випуск чотирьох видів продовольчих товарів.

Як відомо, інтерпретація факторів полягає у 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) та 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 зупинитись детальніше на аналізі першого фактора, то бачимо що динаміка випуску усіх продовольчих товарів, на які він вагомо впливає (крім кондитерських виробів, в яких динаміка протилежна), була такою: суттєве зменшення після 1995 року у 1,5–2 рази, яке в окремі періоди супроводжувалося незначним зростанням. Щодо виробництва продуктів харчування, які попали під вплив другого фактора, то тут простежувалось значне зростання з 2001 року.

Усе це свідчить про те, що динаміка випуску продовольчих товарів, які значно підпадають під вплив однієї й тієї самої компоненти, є подібною (при різній полярності – взаємно оберненою), хоча за обсягами їхнє виробництво може відрізнятися між собою.

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

Факторні навантаження при головних компонентах 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 незб. 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 у тримірному просторі відображено на рис. 2.12.

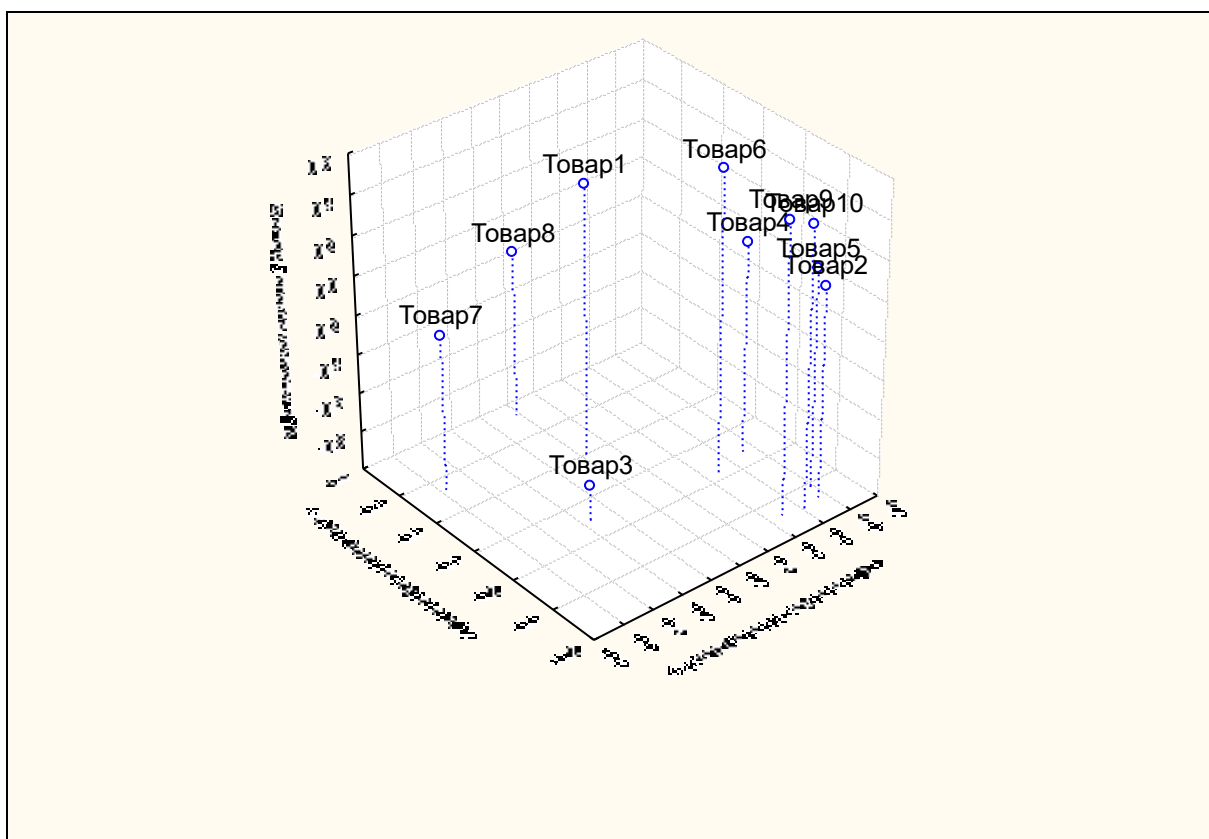


Рис. 2.12. Продовольчі товари Волині у просторі прихованих компонент

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

м'ясо (включаючи 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 (включаючи бринзу):	$z_5 = 0,9761F_1 - 0,0241F_2 + 0,1234F_3;$
цукор-пісок:	$z_6 = 0,6823F_1 + 0,2315F_2 + 0,5412F_3;$
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) та 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 зупинитись детальніше на аналізі першого фактора, то бачимо що динаміка випуску продовольчих товарів, на які він вагомо впливає, була такою: суттєве збільшення у декілька разів після 1995 року, яке в окремі періоди супроводжувалося незначним спадом. Щодо виробництва продуктів харчування, які попали під вплив другого фактора, 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.

У результаті проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

1) при кластерному аналізі 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 питання 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 питання типу “що буде, якщо ...” [103, 7].

Згідно теорії 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 у ній будуть шість критеріїв ефективності (обґрунтовані у попередньому розділі), імітаційними – випадкові величини поступок, які можна допустити для перетворення в екстремум кожного наступного показника. Для пошуку рішення використаємо принцип послідовної поступки, який дозволяє генерувати величини поступок; практичну реалізацію проведемо на прикладі хлібопекарського підприємства.

Реалізація моделі відбуватиметься таким чином:

- 1) специфікація критеріїв оптимальності (розташованих у порядку спадання важливості), обмежень та умов невід’ємності;
- 2) розробка алгоритму пошуку кінцевого рішення з урахуванням усіх критеріїв ефективності;
- 3) побудова моделі у табличному процесорі Microsoft Excel;

4) апробація моделі на прикладі підприємства ТЗОВ “Волиньзовнішторгхліб”.

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 у максимізацію реалізації продукції і слугує орієнтиром для працівників відділу збуту)

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

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

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

е) 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, т;

c_j – чистий дохід від продажу калькуляційної одиниці продукції (на підприємствах з виробництва хлібобулочних виробів такою одиницею є 1 тонна) 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, що змінюються прямо (або майже прямо) пропорційно до зміни обсягу діяльності;

$V_{\text{пост}}$ – постійні загальні витрати, грн. До них відносяться витрати на обслуговування і управління виробництвом, що залишаються незмінними (або майже незмінними) при зміні 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, кг;

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, т;

$\frac{x_j}{x'_j}$ – 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, т;

X^{\min} та X^{\max} – мінімально та максимально допустимі обсяги загального виробництва продукції, т;

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 розташовані у порядку спадання 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, повинна 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 у додатку Л.

Слід зазначити, що при заповненні моделі може виникнути запитання яким чином розподіляти постійні загальні витрати на калькуляційну одиницю продукції. Так, згідно Положень (Стандартів) 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) при нормальній потужності [144, 73]. Але при застосуванні таких баз розподілу можуть виникати

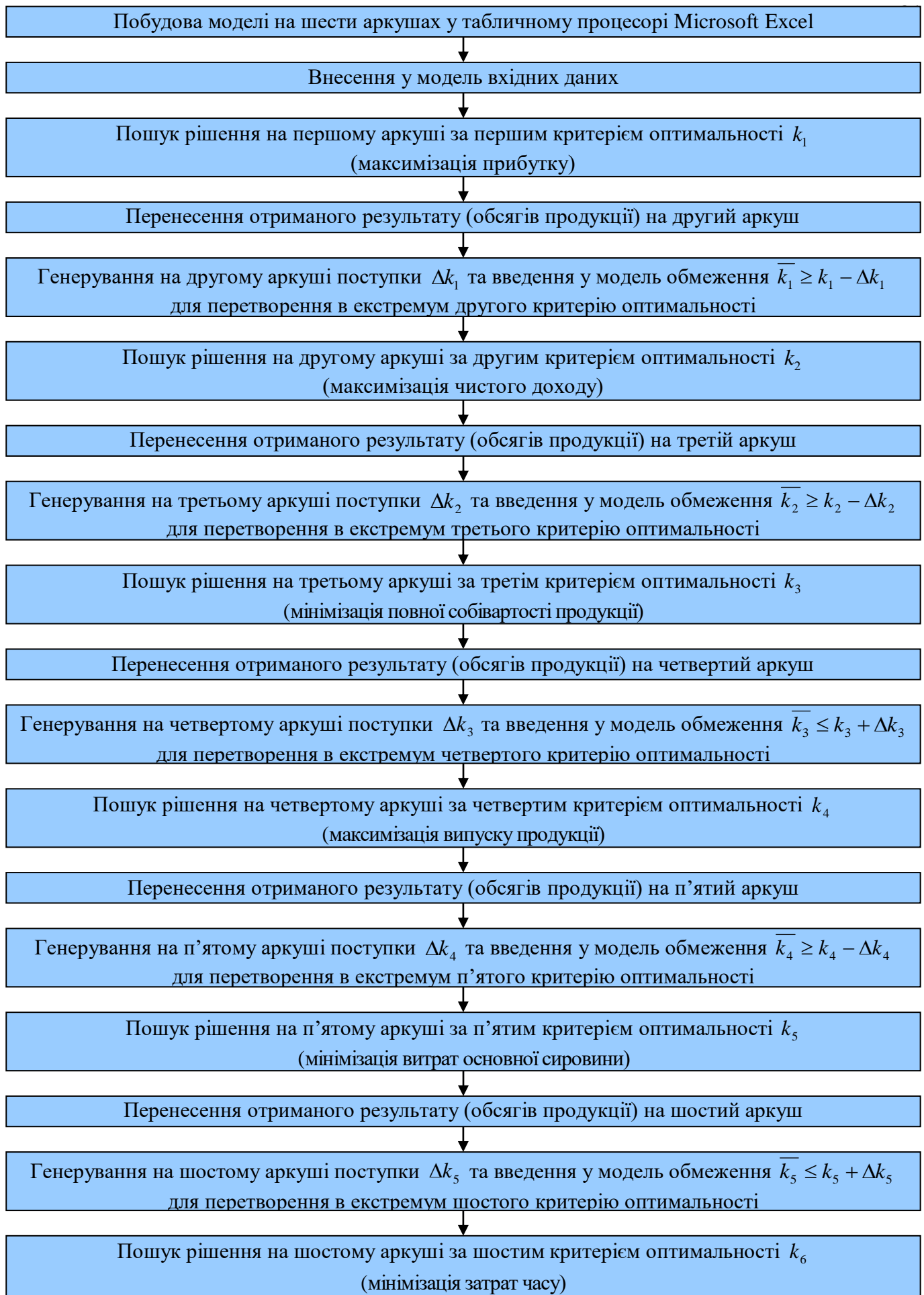


Рис. 2.13. Алгоритм пошуку рішення багатокритеріальної оптимізаційної моделі

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 у комірки D15:R15.

Отримані на шостому аркуші у комірках D18:R18 обсяги продукції будуть оптимальними при врахуванні всіх шести критеріїв: максимізація прибутку, максимізація чистого доходу, мінімізація повної собівартості продукції, максимізація випуску продукції, мінімізація витрат основної сировини та мінімізація затрат часу.

Слід зазначити, що якщо підприємство обмежує випуск продукції кожного виду по мінімуму, то відпадає потреба 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, що відбуваються в Microsoft Excel, фіксуються та перетворюються у VBA-код, необхідний 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 у багатокритеріальній оптимізаційній моделі виробництва продуктів харчування на мові VBA зображено у додатку М. Для його виконання присвоєна комбінація “гарячих” клавіш Ctrl+т.

У макросі використовуватимемо три основні конструкції: SolverOk, SolverSolve та Application.Run “АТРVBAEN.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 повинно бути максимальним,

2 – якщо її значення повинно 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, що 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 використовуватись 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 у 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”.

Дане 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 у 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 торгівельні заклади Волинської області. Причому доставка продукції здійснюється за рахунок виробника.

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

- планові калькуляції вартості виробництва продукції;
- виробничий звіт (за місяць);
- оборотно-сальдові відомості по рахунках 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 у модель вводити не будемо. Що ж стосується 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, що 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 усім обсягом	Обмеження		
3			хліб дом.	хліб софійв.	хліб біл. 1 г	хліб козац.	хліб ситн.	батон нарізн.	плет. з мак.	булка севаст.	булка з мак.	завиванець	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				50611,22	52327,10	
5	борошно пшеничне І г		356,56	235,80	779,29	424,64													102914,69	103543,17
6	борошно житнє		356,57			247,82													37024,90	37854,18
7																				
8																				
9	затрати часу	t _j	55	55	55	55	45	45	45	45	40	40	40	40				19540	35496	
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 заг. витрати	z _j	1034,35	1214,10	1185,50	1493,25	1687,10	1740,10	1750,10	3385,10	2419,10	3177,60	3485,10	2622,10				319304,97	580000,00	
13	чистий дохід	c _j	1226,20	2166,67	1726,20	2400,00	2300,55	2812,50	2812,50	4166,67	4722,22	4583,33	5416,67	3000,00				467961,94		
14	марж. прибуток	c _j -z _j	191,85	952,57	540,70	906,75	613,45	1072,40	1062,40	781,57	2303,12	1405,73	1931,57	377,90				148656,97		
15	постійні заг. витрати	v _j																45000,00		
16	заг. витрати	k ₃															364304,97			
17	прибуток	k ₁															103656,97			
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															103656,97			
25	max чистого доходу	k ₂															467961,94			
26	min повн. собівартості	k ₃															364304,97			
27	max випуску	k ₄															255,342			
28	min витрат сировини	k ₅															190550,80			
29	min затрат часу	k ₆															19504			

Рис. 2.14. Вхідні дані моделі

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

А потім статистично опрацюємо отримані результати з метою 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 усіх поступок є мінімальним (1 %) та максимальним (5 %).

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

А далі подамо таблиці з результатами цих прогонів, в яких будуть відображені оптимальні значення випуску усіх видів продукції (див. табл. 2.5) та значення показників ефективності при отриманих поступках (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 відмітити, що прогін – це однократне виконання програми, а контрольний прогін – це 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

Значення показників при імітаційний прогонах

Прогін	Показники					
	прибуток, грн	чистий дохід, грн	повна собівартість, грн	випуск продукції, т	витрати осн. сировини, кг	затрати часу, хв
max прибутку	114641,52	491879,87	377238,35	260,487	193724,45	20100
max чистого доходу	114553,10	497229,05	382675,96	260,779	193724,45	20493
min повної собівартості	98667,60	453100,17	354432,57	248,822	185689,31	18953
max випуску продукції	106322,99	485842,13	379519,13	261,365	193724,45	21650
min витрат осн. сировини	98667,60	453100,17	354432,57	248,822	185689,31	18953
min затрат часу	98667,60	453100,17	354432,57	248,822	185689,31	18953
контр. прогін 1	114641,52	491879,87	377238,35	260,487	193724,45	20100
імітац. прогін 1	113483,53	485304,50	371820,98	257,302	191457,73	19874
імітац. прогін 2	110009,54	480495,87	370486,33	255,881	190668,12	19635
імітац. прогін 3	112325,53	482239,50	369913,97	256,025	190598,94	19751
імітац. прогін 4	112325,53	482312,18	369986,65	256,057	190619,23	19753
імітац. прогін 5	111167,54	484594,47	373426,93	258,329	192557,71	19800
імітац. прогін 6	111167,54	479174,50	368006,97	254,748	189740,16	19628
імітац. прогін 7	111167,54	482312,18	371144,65	256,095	190615,87	19717
імітац. прогін 8	110009,54	482312,18	372302,64	256,134	190612,52	19680
імітац. прогін 9	114641,52	488369,50	373727,98	258,579	192316,52	19997
імітац. прогін 10	113483,53	492256,76	378773,24	260,550	193724,45	20092
контр. прогін 2	110009,54	476355,20	366345,66	253,747	189064,28	19528

Проаналізувавши отримані дані, бачимо, що застосування багатокритеріальної моделі дозволило досягнути за місяць такої зміни показників (у порівнянні з запланованими):

- підвищення прибутку на 6,1–10,6 % (з 103656,97 до 110009,54-114641,52 грн);
- збільшення чистого доходу на 1,8–5,2 % (з 467961,94 до 476355,20-492256,76 грн);
- підвищення повної собівартості на 0,6–4,0 % (з 364304,97 до 366345,66-378773,24 грн);
- як зменшення на 0,6 %, так і збільшення на 2,0 % випуску продукції (з 255,342 до 253,747-260,550 т);
- як зниження на 0,8 %, так і підвищення на 1,7 % витрат основної сировини (з 190550,80 до 189064,28-193724,45 кг);

– збільшення затрат часу на 0,1–3,1 % (з 19504 до 19528-20100 хв).

Підвищення повної собівартості та збільшення затрат часу не є негативним явищем, оскільки на початку моделювання обумовлювалось, що для досягнення у моделі кінцевого результату потрібно йти на певні поступки на проміжних етапах. Тим більше, що при 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 гатунку, хліб козацький заварний, булка з маком вищого гатунку, завиванець здобний, плюшка московська вищого гатунку і ватрушка сирна. Фахівцям з планування залишилось обрати найкращий, на їх погляд, рівень показників ефективності, при якому асортимент продукції буде максимально наближеним до замовлень покупців, та впровадити отримане рішення у виробництво.

Оскільки ця модель дозволяє 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, при потребі, змінивши таблиці у Microsoft Excel (якщо кількість їхньої продукції та основної сировини не відповідає кількості, на яку розрахована розроблена модель).

У результаті проведеного дослідження можна зробити такі висновки:

1) при побудові багатокритеріальної оптимізаційної моделі випуску продукції із застосуванням принципу послідовної поступки критерії запропоновано враховувати у такому порядку: максимізація прибутку \succ максимізація чистого доходу \succ мінімізація повної собівартості продукції \succ максимізація випуску продукції \succ мінімізація витрат основної сировини \succ 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 у 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 звичайних методів математичного моделювання, таких як статистичний аналіз випадкових факторів і перевірка ступеня їх залежності (регресійний аналіз), апарат імовірісно-автоматного моделювання є:

- гнучким, бо дає змогу модифікувати модель при зміні у 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 у 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 визначені всі її автомати і вказано 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 у 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 “Волиньзовнішторгхліб”), яка відобразатиме 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, але й імітуватиме динаміку її розвитку у часі. Практичну реалізацію моделі проведемо за допомогою табличного процесора Microsoft Excel.

Припустимо, що хлібопекарське підприємство кожного дня формує на основі укладених договорів замовлення у 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 г (0,7 кг), 4 – хліб козацький заварний (0,5 кг), 5 – хліб ситний з родзинками (0,6 кг), 6 – батон нарізний в/г (0,4 кг), 7 – плетінка з маком в/г (0,4 кг),

8 – булка севастопольська (0,4 кг), 9 – булка з маком в/г (0,3 кг), 10 – завиванець здобний (0,4 кг), 11 – плюшка московська в/г (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.

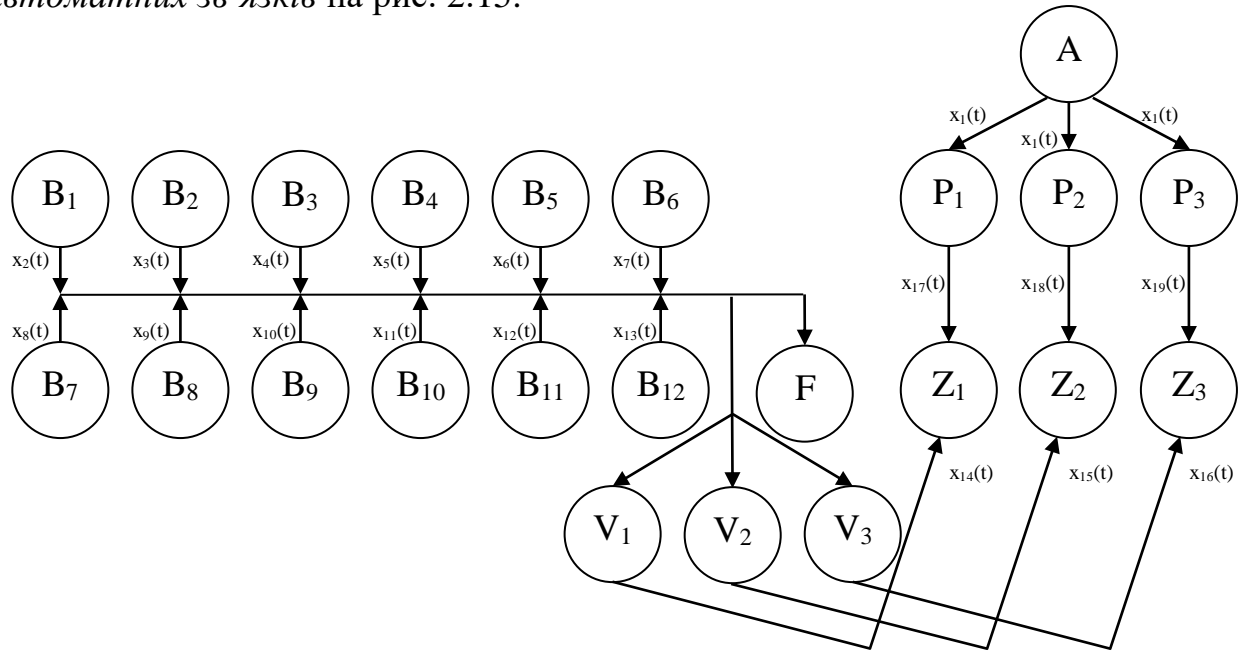


Рис. 2.15. Граф міжавтоматних зв'язків:

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, що показує загальний випуск основної продукції; $V_1 \div V_3$ – автомати, які показують величини витрат борошна різних видів та ґатунків на сумарне виготовлення продукції згідно із замовленнями; $P_1 \div P_3$ – автомати, що показують величини поповнення запасів борошна різних видів та ґатунків; $Z_1 \div Z_3$ – автомати, що показують величини запасів борошна різних видів та ґатунків; $x_1(t) \div x_{19}(t)$ – сигнали, що показують функції виходів автоматів системи на момент часу t .

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 знаходиться на діагоналі, вхідний – у стовпці, а вихідний – у рядку з іменем автомата.

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

	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

На цьому рисунку P – множина всіх додатних цілих чисел, P₀ – множина всіх додатних цілих чисел з нулем, R – множина всіх раціональних невід’ємних чисел, Д – двійковий алфавіт (множина, яка складається із двох символів: 0 та 1), ∅ – порожня множина (відсутній зв’язок).

Система функцій виходів матиме такий вигляд:

$$x_1(t) = \begin{cases} 1 \text{ при } a(t) = 1 \\ 0 \text{ при } a(t) > 1 \end{cases} \text{ – сигнал приймає одиничне значення, коли у наступний момент}$$

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

$$x_2(t) = b_1(t); \quad x_4(t) = b_3(t); \quad x_6(t) = b_5(t); \quad x_8(t) = b_7(t);$$

$$x_3(t) = b_2(t); \quad x_5(t) = b_4(t); \quad x_7(t) = b_6(t); \quad x_9(t) = b_8(t);$$

$$\begin{array}{llll}
 x_{10}(t) = b_9(t); & x_{13}(t) = b_{12}(t); & x_{16}(t) = v_3(t+1); & x_{19}(t) = p_3(t+1). \\
 x_{11}(t) = b_{10}(t); & x_{14}(t) = v_1(t+1); & x_{17}(t) = p_1(t+1); & \\
 x_{12}(t) = b_{11}(t); & x_{15}(t) = v_2(t+1); & x_{18}(t) = p_2(t+1); &
 \end{array}$$

Умовні функціонали переходів зобразимо у табл. 2.7.

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	$z_3(t) - v_3(t+1) + p_3(t+1)x_1(t)$	

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 бути представлено 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:

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

2) якщо ж значення внутрішнього стану у попередній момент часу дорівнювало одиниці ($a(t) = 1$), то у 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 B_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): $a(0)=1$, $b_1(0)=4555$, $b_2(0)=3232$, $b_3(0)=2983$, $b_4(0)=463$, $b_5(0)=91$, $b_6(0)=506$, $b_7(0)=353$, $b_8(0)=370$, $b_9(0)=574$, $b_{10}(0)=30$, $b_{11}(0)=146$, $b_{12}(0)=295$, $f(0)=8,237$, $v_1(0)=1632,61$, $v_2(0)=3319,83$, $v_3(0)=1194,35$, $p_1(0)=0$, $p_2(0)=0$, $p_3(0)=0$, $z_1(0)=50310$, $z_2(0)=62134$, $z_3(0)=21778,4$.

Систему розподілених за нормальним законом незалежних випадкових величин подано у табл. 2.8 (на основі аналізу оборотно-сальдових відомостей по рахунку 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
1	2	3
η	14	2
ξ_1	4500	60
ξ_2	3200	45

1	2	3
ξ_3	2920	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	27000	1000
η_2	50000	2000
η_3	20000	7000

Опис практичної реалізації моделі за допомогою табличного процесора Microsoft Excel подано у 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.



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 ґатунку (у середньому 3270,95 кг), менше – пшеничного борошна вищого ґатунку (у середньому 1603,48 кг), найменше – житнього борошна (у середньому 1177,96 кг).

	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	4555	3232	2983	463	91	506	353	370	574	30	146	295	8,237	1632,61	3319,83	1194,35	0	0	0	50310,00	62134,00	21778,40
4	1	14	4482	3219	2973	486	95,8	492	346	378	510	28	119	304	8,237	1632,61	3319,83	1194,35	28979	52563	14450	77656,06	111377,17	35034,15
5	2	13	4423	3192	2958	469	90,3	504	359	359	495	27	133	274	8,155	1609,37	3299,04	1178,93	0	0	0	76046,69	108078,13	33855,22
6	3	12	4515	3204	2890	450	104	487	330	325	551	24	128	269	8,072	1597,36	3268,48	1162,12	0	0	0	74449,33	104809,65	32693,10
7	4	11	4577	3196	2875	497	89,4	504	333	401	532	22	159	277	8,078	1594,66	3252,42	1182,66	0	0	0	72854,67	101557,24	31510,45
8	5	10	4572	3130	2908	483	92,3	502	346	348	471	20	142	282	8,159	1610,44	3268,42	1203,91	0	0	0	71244,23	98288,82	30306,54
9	6	9	4604	3170	2967	467	84,9	506	357	374	521	25	125	300	8,095	1565,19	3273,00	1200,95	0	0	0	69679,04	95015,81	29105,59
10	7	8	4369	3250	2963	474	80,3	486	357	386	521	27	129	321	8,202	1596,63	3315,35	1206,97	0	0	0	68082,42	91700,46	27898,61
11	8	7	4486	3210	2936	486	92,4	507	362	366	490	25	134	285	8,084	1620,20	3267,16	1149,22	0	0	0	66462,22	88433,30	26749,40
12	9	6	4566	3238	2869	489	94,6	489	345	348	524	21	133	285	8,126	1607,13	3278,60	1179,89	0	0	0	64855,09	85154,70	25569,50
13	10	5	4435	3178	2906	496	93,9	497	359	348	584	27	140	271	8,142	1608,04	3266,67	1200,24	0	0	0	63247,05	81888,03	24369,26
14	11	4	4459	3143	2913	466	86,3	486	353	348	551	25	129	258	8,072	1608,62	3247,07	1168,34	0	0	0	61638,43	78640,96	23200,93
15	12	3	4399	3272	2892	459	80	487	358	365	497	20	127	326	8,032	1578,76	3245,11	1170,55	0	0	0	60059,67	75395,85	22030,38
16	13	2	4389	3221	2900	481	87,2	489	341	363	524	26	139	274	8,043	1615,89	3235,87	1154,71	0	0	0	58443,78	72159,98	20875,67
17	14	1	4441	3190	2945	500	95,9	488	360	329	565	32	129	290	8,028	1603,06	3235,26	1155,19	0	0	0	56840,72	68924,72	19720,48
18	15	11	4454	3223	2922	485	89,2	494	346	336	537	25	135	279	8,100	1603,20	3272,74	1170,53	26796	50359	18200	82033,43	116011,38	36749,53
19	16	10	4373	3131	2901	474	93,4	513	342	365	532	25	135	214	8,090	1603,17	3264,64	1171,71	0	0	0	80430,26	112746,75	35577,82
20	17	9	4466	3265	2895	509	88,6	490	349	368	540	27	157	248	7,970	1581,98	3217,78	1150,21	0	0	0	78848,27	109528,96	34427,61
21	18	8	4476	3114	2978	513	91,4	486	342	369	535	25	146	229	8,131	1626,28	3263,85	1177,79	0	0	0	77221,99	106265,11	33249,82
22	19	7	4508	3181	2955	473	90,3	503	350	359	567	24	137	303	8,100	1570,89	3291,42	1180,72	0	0	0	75651,10	102973,70	32069,09
23	20	6	4478	3354	2935	502	93,4	490	347	336	540	24	135	275	8,145	1607,00	3287,41	1183,78	0	0	0	74044,11	99686,29	30885,32
24	Середнє														8,109	1603,48	3270,95	1177,96				69528,50	93846,24	28936,04

Рис. 2.17. Імовірно-автоматна модель діяльності хлібопекарського підприємства

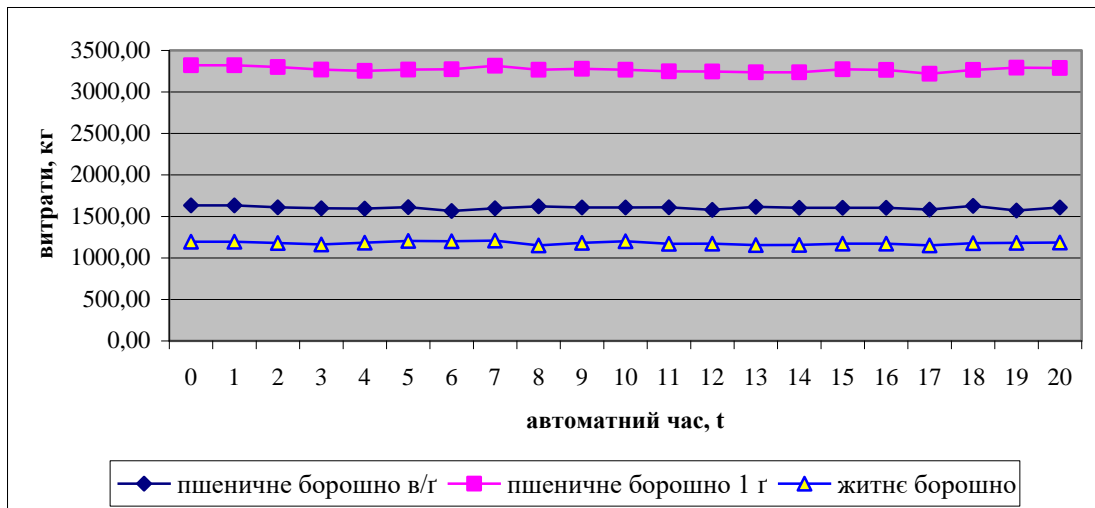


Рис. 2.19. Динаміка витрат основної сировини

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

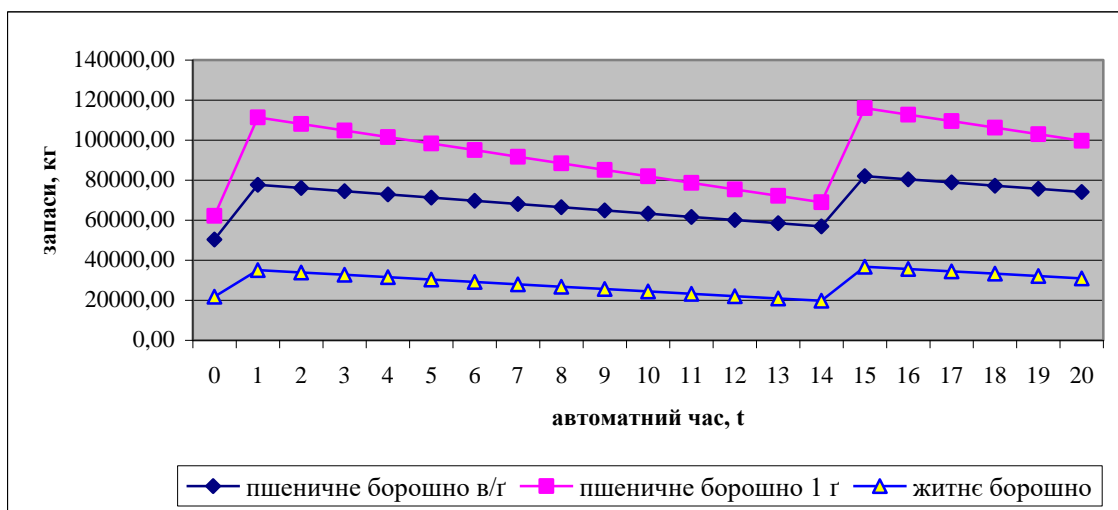


Рис. 2.20. Динаміка рівня запасів основної сировини

Отже, створена імовірно-автоматна модель дозволяє 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 свідчить про те, 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 км² 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 (включаючи субпродукти 1-ї категорії), ковбасні вироби, тваринне масло, продукція з незбираного молока, жирні сири (включаючи бринзу), 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 і Волинській області, оскільки величини їхнього виробництва перевищують показники з 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, які значно підпадають під вплив однієї й тієї самої компоненти, є подібною (при різній полярності – взаємно оберненою), але за обсягами їхнє виробництво може відрізнятися між собою;

4) хоча кластерний та факторний аналіз випуску продовольчої продукції в Україні та Волинській області проводились на основі одних і тих самих даних (за 1995–2007 роки), отримані результати дещо відрізняються. Це пояснюється

відмінностями у застосовуваному математичному апараті (при кластерному аналізі акцент робився на пошуку та дослідженні відстаней між кластерами, а при факторному 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 у різні групи;

5) для вирішення 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 розташовуються у порядку спадання важливості. При цьому, поступки, які можна допустити для перетворення в екстремум кожного наступного показника, знаходяться у межах 5 %;

7) практичну реалізацію багатокритеріальної оптимізаційної моделі виробництва продукції проведено за допомогою табличного процесора Microsoft Excel, в 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 і хлібопекарських) побудовано імовірно-автоматну модель, яка відображає у 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 у багатокритеріальну модель нових обмежень;
- використання в імовірно-автоматній моделі більшої кількості автоматів, які відображатимуть інші аспекти діяльності підприємства.

Основні наукові результати розділу опубліковано у працях автора [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. В останні роки відбувається значне збільшення випуску 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 у 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.

Тому процес прогнозування випуску продукції в харчовій промисловості України на загальнодержавному та регіональному (Волинська область) рівнях, на нашу думку, доцільно почати з оцінки 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 у тому, що спочатку у 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 знаходять за допомогою цієї середньої величини за формулою $\lambda = \frac{1}{\bar{\tau}}$, а імовірність сприятливої тенденції визначають на основі закону розподілу Пуассона $P = e^{-\lambda} = (e^{-1})^{\lambda t}$, де $e^{-1} = 0,3679$, t – кількість періодів. Усі формули взято нами 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 метода. 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 у 1995–2003 роках;
- 3) визначення показників $\bar{\tau}$, λ та P ;
- 4) порівняння прогнозів з реальними даними;
- 5) повторення 2–4 кроків з додаванням інформації за 2004–2007 роки.

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

На її основі (не враховуючи даних з чотирьох останніх стовпців) побудуємо таблицю частот повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування у 1995–2003 роках (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 (включаючи субпродукти 1-ї категорії)	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+
Ковбасні вироби	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Тваринне масло	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-
Продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+
Жирні сири (включаючи бринзу)	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Цукор-пісок	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-
Борошно	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
Хліб і хлібобулочні вироби	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Кондитерські вироби	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
Макаронні вироби	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+
на Волині													
М'ясо (включаючи субпродукти 1-ї категорії)	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+
Ковбасні вироби	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+
Тваринне масло	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+
Жирні сири (включаючи бринзу)	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+
Цукор-пісок	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+
Борошно	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Хліб і хлібобулочні вироби	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+
Кондитерські вироби	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Макаронні вироби	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+

Таблиця 3.3

**Частоти повторень сприятливої тенденції виробництва продуктів харчування у
1995–2003 роках, f_i**

Товари \ Тенденція, τ_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	--	+-	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++	+++++++
в Україні									
М'ясо	2	1	1						
Ковбасні вироби	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							
Ковбасні вироби	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 роки (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
Ковбасні вироби	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

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
Ковбасні вироби	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

Як бачимо, найбільша імовірність того, що прогнозуемый рівень у 2004 році 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 рік, то бачимо, що найбільш імовірна сприятлива тенденція не справдилась для виробництва кондитерських та хлібобулочних виробів, тобто для двох з трьох видів продукції.

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

Додавши інформацію про виробництво продукції за 2004 рік до попередньої, знайдемо 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 у
1995–2004 роках, f_i**

Товари \ Тенденція, τ_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	--	+-	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++	+++++++
в Україні									
М'ясо	2	1	1						
Ковбасні вироби	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						
Ковбасні вироби	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 роки (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
Ковбасні вироби	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 (включаючи бринзу)	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

1	2	3	4	5	6	7
на Волині						
М'ясо	0,75	1,33	0,264	0,069	0,018	0,005
Ковбасні вироби	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 (включаючи бринзу)	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

Як бачимо, найбільша імовірність того, що прогнозуемый рівень у 2005 році 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 рік, бачимо, що найбільш імовірна сприятлива тенденція не справдилась для виробництва продукції на Волині. Що, крім впливу випадкових факторів, пояснюється збільшенням бази прогнозу і, відповідно, старішої інформації.

Додавши інформацію про випуск продовольчих товарів за 2005 рік до попередньої, знайдемо 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 у 1995–2005 роках, 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						
Ковбасні вироби	1		1	1					
Тваринне масло	1	2	1						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Продукція з незб. молока	1	1	1	1					
Жирні сири	1								1
Цукор-пісок	2	2							
Борошно	1	2							
Хліб і хлібобул. вироби	2	1							
Кондитерські вироби	1	1						1	
Макаронні вироби	3	3							
на Волині									
М'ясо	2	1		1					
Ковбасні вироби	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 роки (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
1	2	3	4	5	6
в Україні					
М'ясо	0,80	1,25	0,287	0,082	0,024
Ковбасні вироби	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 (включаючи бринзу)	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
Ковбасні вироби	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 (включаючи бринзу)	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

1	2	3	4	5	6
Кондитерські вироби	2,33	0,43	0,65	0,42	0,28
Макаронні вироби	1,75	0,57	0,56	0,32	0,18

Як бачимо, найбільша імовірність того, що прогнозуючий рівень у 2006 році 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 рік, бачимо, що найбільш імовірна сприятлива тенденція не справдилась для жодного виду продукції. Що пояснюється обвалом продовольчого виробництва у 2006 році.

Додавши інформацію про випуск продуктів харчування за 2006 рік до попередньої, знайдемо 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 у 1995–2006 роках, f_i

Товари	Тенденція, τ_i									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	--	-+-	---	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
в Україні										
М'ясо	2	1	2							
Ковбасні вироби	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					
Ковбасні вироби	1	3			1					
Тваринне масло	1	1	1	1						
Продукція з незб. молока	1			2						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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 роки (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
Ковбасні вироби	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 (включаючи бринзу)	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
Ковбасні вироби	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 (включаючи бринзу)	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

Як бачимо, найбільша імовірність того, що прогнозуемый рівень у 2007 році 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 рік, бачимо, що найбільш імовірна сприятлива тенденція справдилась для усіх видів продукції.

Додавши інформацію про випуск продуктів харчування за 2007 рік до попередньої, знайдемо нові тенденції на 2008 р. 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 у 1995–2007 роках, f_i

Товари	Тенденція, τ_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
		--	+-	++	+++	++++	+++++	++++++	+++++++	+++++++
в Україні										
М'ясо		2	1	1	1					
Ковбасні вироби		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			
Ковбасні вироби		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 рік (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
Ковбасні вироби	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 (включаючи бринзу)	3,00	0,33	0,72
Цукор-пісок	0,60	1,67	0,19
Борошно	0,60	1,67	0,19

1	2	3	4
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
на Волині			
М'ясо	1,50	0,67	0,51
Ковбасні вироби	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 (включаючи бринзу)	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

Як бачимо, найбільша імовірність того, що прогнозуючий рівень у 2008 році перевищуватиме рівень попереднього року (понад 65 %) характерна тільки в країні для таких товарів, як жирні сири (72 %). Порівняти прогнозні дані з реальними за 2008 рік можна буде з настанням 2009 року і публікації звітних даних у статистичних довідниках.

На основі проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

1) випуск продуктів харчування в країні та регіоні настільки мінливий, що іноді важко передбачити навіть імовірність того, що прогнозуючий рівень перевищуватиме рівень попереднього року, тобто імовірнісний метод не дає 100 % гарантії точності;

2) при прогнозуванні виробництва продовольчих товарів потрібно 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 як в Україні загалом, так і Волинській області зокрема та їх порівняння з наявними фактичними значеннями за цей період. Адже одним із напрямків регуляторної політики держави у сфері виробництва продуктів харчування повинно бути введення сучасних механізмів спостереження і прогнозування у харчовій промисловості, що дозволить 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 існуючих моніторингових ефективності прогнозування [157, 247].

Прогнозування випуску основних продовольчих товарів проведемо на загальнодержавному і регіональному рівнях на п'ять років (з 2004 по 2008) на підставі аналізу динамічних рядів за 1995–2003 роки у такому порядку:

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

2) обчислення прогнозів на основі методу експоненційного згладжування Брауна;

3) розрахунок прогнозних значень за допомогою розробленого автором індексного метода;

4) обчислення прогнозів на основі методу нейронних мереж;

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

6) 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, що привертає 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, в якій враховується ступінь старіння даних: чим старіша інформація, тим з меншою вагою входить вона у формулу для розрахунку згладженого значення ряду [159, 24].

Перед застосуванням цих методів потрібно виявити основну тенденцію динамічних рядів з метою отримання більш-менш рівномірної траєкторії. Одним з таких способів є аналітичне вирівнювання, при якому фактичні значення y_t замінюються теоретичними \hat{y}_t , тобто розрахованими 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 у 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 дозволяє однозначно виявити їхні залежності. Тому ми побудуємо для кожного продукту харчування по чотири вище наведені залежності, а пізніше виявимо, 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 $\widehat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = a_0 + a_1 t_{n+p} + a_2 t_{n+p}^2$,

експоненційну $\widehat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = e^{a_0 + a_1 t_{n+p}}$,

S-криву $\widehat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = e^{a_0 + a_1 / t_{n+p}}$,

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 $Q = \sum_{t=1}^n (y_t - \widehat{y}_t)^2 \rightarrow \min$, яка має таку економічну інтерпретацію: сума квадратів відхилень фактичних рівнів часового ряду y_t від відповідних розрахункових значень \widehat{y}_t (обчислених за формулами $\widehat{y}_t = a_0 + a_1 t$, $\widehat{y} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$, $\widehat{y} = e^{a_0 + a_1 t}$ та $\widehat{y} = e^{a_0 + a_1 / t}$ відповідно) повинна прямувати до мінімуму.

При застосуванні цього методу кожному рівню часового ряду ставиться у відповідності одна і та ж вага, рівна $\frac{1}{n}$. 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) та 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

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

де $S_t^{[k]}(y)$ – експоненційна середня k -го порядку в точці t . Причому експоненційна середня першого порядку розраховується 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 відноситься 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]. Нами прийнято $\alpha = 0,5$.

Розрахунок прогнозних значень при застосуванні 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 $\hat{y}_{n+p} = \hat{a}_0 + p\hat{a}_1 + \frac{1}{2}\hat{a}_2 p^2$ відповідно, де \hat{a}_0, \hat{a}_1 – це оціночні коефіцієнти, що пов'язують експоненційні середні з коефіцієнтами рівняння тренду.

Моделі прогнозу побудуємо за допомогою персонального комп'ютера та вже згаданого програмного пакета Statgraphics 2.1. Детальний опис цієї програми та 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) введемо часові ряди (числовий вектор);
- б) оберемо тип тренду (лінійний, квадратичний, експоненційна крива та S-крива);
- в) введемо число періодів прогнозу (5);
- г) вкажемо процент часових рядів, що буде використовуватися для отримання прогнозів (100 %);

2) експоненційне згладжування Брауна:

- а) введемо часові ряди (числовий вектор);
- б) оберемо тип згладжування (просте, лінійне та квадратичне);
- в) введемо число періодів прогнозу (5);
- г) вкажемо процент часових рядів, що буде використовуватися для отримання прогнозів (100 %);
- д) введемо константу згладжування (0,5).

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

Прогнози, отримані за допомогою екстраполяції тенденції

№	Това-ри	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	1206,65	1514,50	1869,75	-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	
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	1277,9	1464,8	1447,7	1507,8								
		1072,83	1099,20	1125,57	1151,93	1178,30	16,05	24,96	22,25	23,60	21,71	задовільна	
		1795,45	2255,39	2794,16	3411,76	4108,19	-40,50	-53,97	-93,01	-126,27	78,44	незадовільна	
		1044,49	1074,29	1104,94	1136,46	1168,88	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	2147,0	2139,0	2592,0	1867,0								
		1402,64	1218,72	1034,81	850,89	666,97	34,67	43,02	60,08	54,42	48,05	погана	
		2991,19	3760,40	4702,92	5818,72	7107,83	-39,32	-75,80	-81,44	-211,66	102,06	незадовільна	
		1579,40	1474,59	1376,73	1285,37	1200,07	26,44	31,06	46,89	31,15	33,88	задовільна	
		1841,39	1826,62	1814,41	1804,13	1795,37	14,23	14,60	30,00	3,37	15,55	добра	
7	Борошно	2948,0	2931,0	2655,0	2908,0								
		2128,86	1805,14	1481,43	1157,71	833,99	27,79	38,41	44,20	60,19	42,65	погана	
		2908,76	3052,99	3282,29	3596,67	3996,14	1,33	-4,16	-23,63	-23,68	13,20	добра	
		2399,42	2206,11	2028,37	1864,95	1714,70	18,61	24,73	23,60	35,87	25,70	задовільна	
		3123,83	3103,21	3086,13	3071,75	3059,48	-5,96	-5,88	-16,24	-5,63	8,43	висока	
8	Хліб і хлібобулочні вироби	2307,0	2264,0	2151,0	2034,0								
		1879,39	1688,36	1497,32	1306,29	1115,26	18,54	25,43	30,39	35,78	27,53	задовільна	
		2715,86	3026,70	3428,80	3922,15	4506,75	-17,72	-33,69	-59,40	-92,83	50,91	незадовільна	
		2032,31	1908,17	1791,62	1682,18	1579,43	11,91	15,72	16,71	17,30	15,41	добра	
		2422,71	2408,43	2396,59	2386,62	2378,10	-5,02	-6,38	-11,42	-17,34	10,04	добра	
9	Кондитерські вироби	554,0	568,0	544,0	585,0								
		929,64	1007,59	1085,54	1163,49	1241,44	-67,81	-77,39	-99,55	-98,89	85,91	незадовільна	
		993,67	1110,03	1233,38	1363,72	1501,04	-79,36	-95,43	-126,72	-133,11	108,66	незадовільна	
		1064,14	1238,11	1440,52	1676,02	1950,02	-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	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
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	
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	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
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 у п'яти рядках подамо фактичні значення, а також прогнози, отримані за допомогою лінійного і квадратичного типів тренду, експоненційної та S-кривої. Також у ній зобразимо абсолютні похибки прогнозів, обчислені за формулами $\frac{y_{n+p} - \hat{y}_{n+p}}{y_{n+p}} * 100$ (у відсотках від фактичних значень за 2004–2007 рр.), та середні абсолютні похибки,

обчислені за формулами $\frac{\sum_{p=1}^4 |y_{n+p} - \hat{y}_{n+p}|}{4} * 100$ (у відсотках 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.

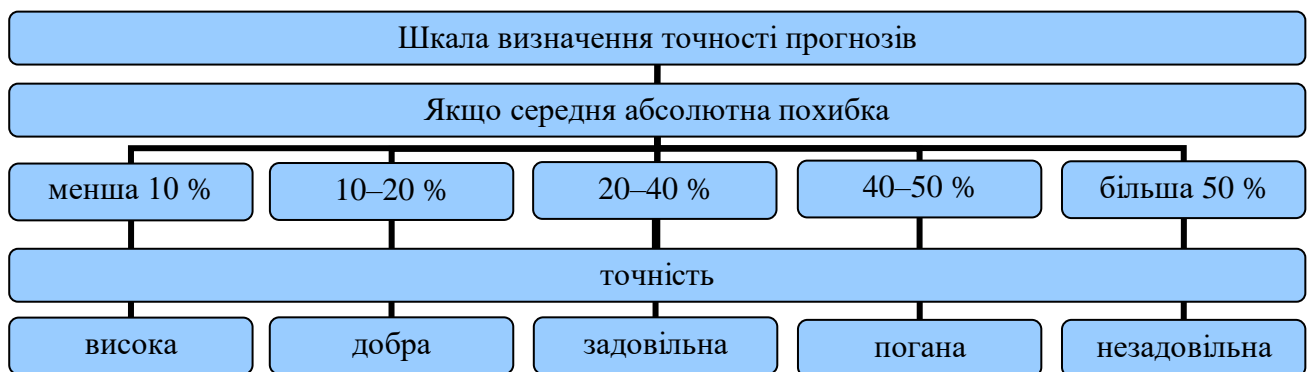


Рис. 3.1. Шкала визначення точності прогнозів

Проаналізувавши табл. 3.13, бачимо:

1) в Україні у 2004 році лінійний тренд був точнішим, у порівнянні 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, у порівнянні 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 найбільш точний 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 (включаючи 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 (включаючи бринзу)	$e^{3,70+0,13t}$,
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 (включаючи 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 (включаючи бринзу)	$- 0,17 + 0,69t$,
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 у чотирьох рядках подамо фактичні значення, а також прогнози, отримані за допомогою простого, лінійного і квадратичного експоненційного згладжування Брауна. Також у ній зобразимо абсолютні та середні абсолютні похибки прогнозів та визначимо точність отриманих прогнозних показників.

Таблиця 3.14

Прогнози, отримані за допомогою експоненційного згладжування Брауна

№	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	1084,28	1331,11	1614,12	-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	
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	1277,9	1464,8	1447,7	1507,8								
		1167,03	1167,03	1167,03	1167,03	1167,03	8,68	20,33	19,39	22,60	17,75	добра	
		1410,01	1531,50	1652,98	1774,47	1895,96	-10,34	-4,55	-14,18	-17,69	11,69	добра	
		1566,35	1844,18	2161,10	2517,11	2912,20	-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	2147,0	2139,0	2592,0	1867,0								
		2135,91	2135,91	2135,91	2135,91	2135,91	0,52	0,14	17,60	-14,40	8,17	висока	
		2336,46	2436,73	2537,01	2637,28	2737,55	-8,82	-13,92	2,12	-41,26	16,53	добра	
		2908,68	3581,17	4396,72	5355,32	6456,98	-35,48	-67,42	-69,63	-186,84	89,84	незадовільна	
7	Борошно	2948,0	2931,0	2655,0	2908,0								
		2961,20	2961,20	2961,20	2961,20	2961,20	-0,45	-1,03	-11,53	-1,83	3,71	висока	
		2602,99	2423,89	2244,78	2065,68	1886,57	11,70	17,30	15,45	28,97	18,36	добра	
		2796,73	2811,36	2874,42	2985,91	3145,84	5,13	4,08	-8,26	-2,68	5,04	висока	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
8	Хліб і хлібобул. вироби	2307,0	2264,0	2151,0	2034,0								
		2436,96	2436,96	2436,96	2436,96	2436,96	-5,63	-7,64	-13,29	-19,81	11,59	добра	
		2304,65	2238,49	2172,34	2106,18	2040,02	0,10	1,13	-0,99	-3,55	1,44	висока	
		2496,43	2622,05	2795,63	3017,14	3286,60	-8,21	-15,81	-29,97	-48,34	25,58	задовільна	
9	Кондитерські 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	1008,31	1084,49	1160,68	1236,86	-68,25	-77,52	-99,35	-98,41	85,88	незадовільна	
		940,25	1024,56	1110,90	1199,27	1289,67	-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	
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	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
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, бачимо:

1) в Україні у 2004 році просте експоненційне згладжування, у порівнянні 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);

6) 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, у порівнянні 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 точно 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 точно 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 (включаючи 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)	$1288,52 + 121,49p$,
жирні сири (включаючи бринзу)	$162,06 + 24,63p$,
цукор-пісок	2135,91,
борошно	2961,20,
хліб і хлібобулочні вироби	$2370,80 - 66,16p$,
кондитерські вироби	779,76,
макаронні вироби	$107,15 - 3,61p + \frac{1}{2} * 1,84p^2$.

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

м'ясо (включаючи субпродукти 1-ї категорії)	$15,58 + 2,09p + \frac{1}{2} * 0,74p^2$,
ковбасні вироби	13,22,
тваринне масло	4,58,
продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	27,61,
жирні сири (включаючи бринзу)	5,78,
цукор-пісок	149,00,

борошно	73,29,
хліб і хлібобулочні вироби	47,06,
кондитерські вироби	7,17 + 0,50р,
макаронні вироби	9,17 + 1,41р.

Як бачимо, прогнози, отримані за допомогою трендового аналізу та експоненційного згладжування Брауна, справджуються з деякими, іноді досить суттєвими, похибками. Тому виникає питання: 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 у [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 відсутнього коливання ряду [163, 130]) та вираженням у відсотках. Відмінності цих методів відображено у табл. 3.15.

Таблиця 3.15

Відмінності у методах прогнозування на основі середньорічного коефіцієнта росту та індексів

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

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 по відношенню до одного віддаленого періоду не відображають зміни до найближчого минулого.

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 у 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 і частку від ділення середнього індексу на 100, піднесену до степеня, який відповідає горизонту прогнозування (або, іншими словами, перемноживши попереднє прогнозне значення і середній індекс та поділивши отриманий добуток на 100).

Проілюструємо реалізацію даного методу на прикладі показників випуску продукції харчовою промисловістю України та Волині за 1995–2003 рр. Для цього у 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.

Таблиця 3.16

Прогнози, отримані за допомогою індексного метода

№	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	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
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. вироби	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	П-ція з незб. молока	102,65	1277,9	1464,8	1447,7	1507,8							
			1343,73	1379,37	1415,97	1453,53	1492,09	-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	2147,0	2139,0	2592,0	1867,0							
			2421,82	2359,30	2298,40	2239,06	2181,26	-12,80	-10,30	11,33	-19,93	13,59	добра

Продовж. табл. 3.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7	Борошно	92,47	2948,0	2931,0	2655,0	2908,0							
			2606,85	2410,67	2229,25	2061,48	1906,34	11,57	17,75	16,04	29,11	18,62	добра
8	Хлібобул. вироби	93,82	2307,0	2264,0	2151,0	2034,0							
			2277,04	2136,35	2004,36	1880,51	1764,32	1,30	5,64	6,82	7,55	5,33	висока
9	Конд. вироби	114,09	554,0	568,0	544,0	585,0							
			981,19	1119,47	1277,23	1457,22	1662,57	-77,11	-97,09	-134,78	-149,10	114,52	незадов.
10	Макар. вироби	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. вироби	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	П-ція 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. вироби	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. вироби	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. вироби	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.

Проаналізувавши таблицю, видно:

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

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

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

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

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

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

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

м'ясо (включаючи субпродукти 1-ї кат.)	$568 * \left(\frac{96,37}{100}\right)^p$,	$16,1 * \left(\frac{96,86}{100}\right)^p$,
ковбасні вироби	$290 * \left(\frac{102,60}{100}\right)^p$,	$13,8 * \left(\frac{123,39}{100}\right)^p$,
тваринне масло	$148 * \left(\frac{96,88}{100}\right)^p$,	$4,0 * \left(\frac{97,29}{100}\right)^p$,
продукція з незб. молока (у перер. на молоко)	$1309 * \left(\frac{102,65}{100}\right)^p$,	$32,8 * \left(\frac{113,36}{100}\right)^p$,
жирні сири (включаючи бринзу)	$169 * \left(\frac{113,74}{100}\right)^p$,	$6,4 * \left(\frac{124,84}{100}\right)^p$,

цукор-пісок	$2486 * \left(\frac{97,42}{100}\right)^p$,	$223,2 * \left(\frac{124,31}{100}\right)^p$,
борошно	$2819 * \left(\frac{92,47}{100}\right)^p$,	$74,8 * \left(\frac{93,82}{100}\right)^p$,
хліб і хлібобулочні вироби	$2427 * \left(\frac{93,82}{100}\right)^p$,	$49,2 * \left(\frac{98,04}{100}\right)^p$,
кондитерські вироби	$860 * \left(\frac{114,09}{100}\right)^p$,	$8,2 * \left(\frac{114,55}{100}\right)^p$,
макаронні вироби	$107 * \left(\frac{92,10}{100}\right)^p$,	$10,4 * \left(\frac{133,75}{100}\right)^p$.

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

Зазначимо, що останнім часом поряд з традиційними методами прогнозування соціально-економічних показників (екстраполяція тенденції, експоненційне згладжування Брауна) все більшого поширення набуває використання нейронних мереж, які відносяться 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] та багато інших. 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 в якості універсального відтворювача складних нелінійних функціональних залежностей і дозволяє 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 багаточисленні 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 таким чином:

1) при збудженні нейрон посиляє по своєму аксону сигнал;

2) цей сигнал через синапси передається іншим нейронам;

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

Значимо, що нейрон збуджується у 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 знаходитися в одному з двох станів: $s_1 = +1$ – збудження, $s_1 = -1$ – 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 як додатних, так і від'ємних значень. У першому випадку синапс здійснює збуджувальну, а у другому – загальмовуючу дію, яка перешкоджає збудженню клітини іншими сигналами. Таким чином, дія збуджувального синапса може моделюватися додатним значенням синапсичної ваги, а дія гальмівного синапса – від'ємним значенням.

Як бачимо, 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 вирішує.

Велика кількість нейронів та міжнейронних зв'язків призводить до того, що помилка у роботі окремого нейрона залишається непомітною у загальній масі

взаємодіючих клітин. Тобто нейронна мережа є стабільною мережею, в 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 персептрон. У такій моделі перший шар нейронів служить 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, що моделюється. Міжелементні зв'язки у 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, окрім 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 таким чином, 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 врахуванням 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 вважається математична функція, або особа, яка оцінює якість поведінки нейронної мережі. Зважаючи на те, що нейронні мережі найчастіше застосовуються в складних ситуаціях, для яких немає добрих математичних моделей, то 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) оцінка їхньої точності.

Алгоритм реалізації нейромережного прогнозування за допомогою модуля Neural Networks програмного пакета Statistica подамо в додатку С.

Оскільки при прогнозуванні майбутні значення показника виробництва обчислюються на основі його попередніх даних, то кожна змінна буде одночасно і вхідною, і вихідною.

Структуру вихідної мережі зобразимо на рис. 3.2.

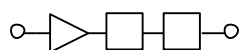


Рис. 3.2. Архітектура нейронної мережі

На рис. 3.2 зображено багатошаровий персептрон з вхідним, вихідним і 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 таким чином: 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 у 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 прогнозні, 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

№	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	П-ція з незб. молока	1277,9	1464,8	1447,7	1507,8							
		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	2147,0	2139,0	2592,0	1867,0							
		2230,90	2328,69	2328,69	2328,69	2328,69	-3,91	-8,87	10,16	-24,73	11,92	добра
7	Борошно	2948,0	2931,0	2655,0	2908,0							
		2590,04	2464,48	2464,48	2464,48	2464,48	12,14	15,92	7,18	15,25	12,62	добра
8	Хлібобул. вироби	2307,0	2264,0	2151,0	2034,0							
		2428,64	2559,97	2559,97	2559,97	2559,97	-5,27	-13,07	-19,01	-25,86	15,80	добра

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
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	П-ція 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
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, видно:

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

– у 2005 році висока точність прогнозів була характерна для двох продовольчих товарів, добра – для трьох, задовільна – для чотирьох, погана – для жодного і незадовільна – для одного;

– у 2006 році висока точність прогнозів була характерна для одного харчового продукту, добра – для двох, задовільна – для шести, погана – для жодного і 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 і 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 і 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 прогнозні значення відображають точкову оцінку. Але, як відомо, збіг фактичних даних з точковими прогнозними значеннями малоімовірний, бо на них впливає велика кількість випадкових факторів. Тому на практиці, як правило, використовують інтервальні прогнозні оцінки у вигляді “вилки” (мінімальна і максимальна величина), які з певною імовірністю визначають довірчі межі прогнозного 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

$$\widehat{y}_{t+p}^{e(n)} = \widehat{y}_{t+p} \pm t_T s_p,$$

де $\widehat{y}_{t+p}^{(n)}$ – верхній (нижній) інтервал довіри в $(t+p)$ -му періоді;

\widehat{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 Стьюдента з $(n-1)$ ступенями свободи;

s_p – стандартна похибка прогнозу, яка залежить від адекватності трендової моделі, і розраховується 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 \widehat{y}_t , яке обчислюється за формулою

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \widehat{y}_t)^2}{f}},$$

де f – число ступенів свободи, яке визначається залежно від кількості спостережень ряду (n) і кількості параметрів тренда, що оцінюються (для прямої лінії $f = n - 2$).

Інтервали довіри прогнозу під час використання *методу експоненційного згладжування Брауна* знайдемо за формулою

$$\widehat{y}_{t+p}^{(n)} = \widehat{y}_{t+p} \pm \triangleleft t,$$

де $\widehat{y}_{t+p}^{(n)}$ – верхній (нижній) інтервал довіри в $(t+p)$ -му періоді;

\widehat{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);

$\triangleleft t$ розраховується за формулою

$$\triangleleft t = t_T D_{\text{зал}} \sqrt{\frac{\left(\frac{t_{n+p} - \bar{t}}{n} + \frac{1}{n}\right)^2}{\left(\frac{\sum t^2}{n} - \bar{t}^2\right)} + 1},$$

де t_T – табличне значення t -критерію Стьюдента з $(n-1)$ ступенями свободи,
 $D_{зал}$ – середнє квадратичне відхилення фактичних рівнів динамічного ряду y_t від
 розрахункових \hat{y}_t (оцінка залишкової дисперсії), яке обчислюється за формулою

$$D_{зал} = \sqrt{\frac{\sum_{t=2}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n-2}},$$

де n – довжина динамічного ряду (у нашому випадку 9),

\bar{t} – середній показник часу, який обчислюється за формулою

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} [158, 64-69].$$

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 у додатку Т.

Проміжні результати опустимо, оскільки вони надто громіздкі. Кінцеві ж подамо у табл. 3.18, де відобразимо інтервали довіри та фактичні значення виробництва основних продуктів харчування в Україні і на Волині за 2004–2007 рр.

Таблиця 3.18

Інтервали довіри прогнозу виробництва продовольчих товарів, тис. т

№	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	
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	М'ясо (включаючи субпродукти 1-ї категорії)	-162,71	759,99	91,45	1017,44	527,7	2,68	18,17	6,09	24,06	19,8
		-237,26	739,24	94,15	1074,14	621,8	0,98	17,38	5,80	24,82	22,2
		-314,90	721,58	93,75	1133,93	765,95	-0,76	16,64	5,45	25,63	26,8
		-395,13	706,51	90,76	1196,33	972,11	-2,55	15,95	5,05	26,50	31,4
		-477,52	693,60	85,60	1260,89		-4,37	15,29	4,60	27,41	
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	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	1864,63	659,90	2160,12	1277,9	3,96	50,66	12,65	59,56	37,1
		261,24	1937,16	737,65	2325,34	1464,8	4,41	53,84	15,53	65,18	40,9
		236,14	2015,00	810,38	2495,59	1447,7	4,71	57,17	18,26	70,95	24,6
		206,59	2097,28	878,90	2670,05	1507,8	4,87	60,63	20,85	76,86	29,7
		173,34	2183,26	943,91	2848,02		4,93	64,20	23,34	82,88	
5	Жирні сири (включаючи бринзу)	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	3194,04	322,90	4350,02	2147,0	-0,85	270,50	58,09	389,70	181,2
		-677,12	3114,57	305,78	4567,69	2139,0	-0,45	286,73	85,87	436,81	198,7
		-977,49	3047,10	275,16	4798,86	2592,0	-0,96	303,86	112,53	485,03	113,5
		-1287,91	2989,69	233,24	5041,32	1867,0	-2,23	321,75	138,27	534,19	137,1
		-1606,71	2940,65	181,91	5293,20		-4,13	340,28	163,23	584,12	
7	Борошно	1270,73	2986,99	1519,44	3686,55	2948,0	16,59	91,95	14,67	119,90	78,1
		896,99	2713,30	1277,16	3570,61	2931,0	7,47	87,22	8,60	119,97	72,3
		517,49	2445,37	1027,62	3461,94	2655,0	-1,91	82,74	2,18	120,39	58,6
		133,17	2182,25	772,00	3359,36	2908,0	-11,50	78,47	-4,54	121,10	70,6
		-255,15	1923,14	511,31	3261,83		-21,27	74,38	-11,50	122,06	
8	Хліб і хлібобулочні вироби	984,07	2774,71	1298,13	3311,17	2307,0	25,90	59,02	32,86	66,17	48,7
		740,83	2635,88	1173,29	3303,69	2264,0	24,15	59,20	33,11	68,36	46,6
		491,60	2503,05	1041,71	3302,96	2151,0	22,28	59,48	33,25	70,67	46,5
		237,34	2375,24	904,47	3307,89	2034,0	20,32	59,86	33,30	73,07	47,1
		-21,10	2251,61	762,53	3317,51		18,28	60,32	33,27	75,55	
9	Кондитерські вироби	778,06	1081,22	709,64	1154,61	554,0	3,32	11,25	1,51	13,83	11,0
		847,17	1168,01	772,85	1243,77	568,0	3,41	11,81	1,66	14,69	8,5
		915,27	1255,81	834,57	1334,41	544,0	3,47	12,38	1,76	15,59	8,3
		982,51	1344,46	895,04	1426,31	585,0	3,51	12,98	1,83	16,53	8,8
		1049,05	1433,83	954,48	1519,24		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 і 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 відбулось збільшення виробництва за усіма 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, $290 * \left(\frac{102,60}{100}\right)^p$ для ковбасних виробів, $168 - 4,8t$ для тваринного масла, $1309 * \left(\frac{102,65}{100}\right)^p$ 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, $107,15 - 3,61p + \frac{1}{2} * 1,84p^2$ для макаронних виробів;

б) для Волині найбільш адекватними моделями виробництва продовольчої продукції є: $15,58 + 2,09p + \frac{1}{2} * 0,74p^2$ 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, поступаються оцінкам, отриманим іншими методами. Причому їхня точність з 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, бачимо, що він є нестабільним. Адже, з однієї сторони, залежить від попиту на продукцію, а з іншої, – від постачання різними видами ресурсів. У свою чергу, попит на продукти харчування формують ринок споживачів, державні контракти і 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, врожайності 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 та інші фактори.

3.3. Передбачення виробництва продукції у харчовій промисловості на основі нечітких множин

Для прогнозування виробництва продуктів харчування в Україні та Волинській області поряд з 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 та інтегралів для розв'язання слабко 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. Сявакко, В. М. Цицак та інші [99–100; 170–171; 174; 178–188]. Так, зокрема, їх застосовують для моделювання виробничої програми підприємства [99] та гнучких обмежень попиту на продукцію [100], попереднього аналізу емітента цінних паперів [170, 177–186], оцінки якості суспільного обслуговування [178], оцінки витрат на ремонт автошляхів [179], прийняття наближених рішень [182; 184], оцінки рівня фінансової стійкості підприємства [183], 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 у теорії нечітких множин вважається опублікована у 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 у 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 як нечіткі числа, так 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 з 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 у 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 (напр., 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 (напр., 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 (напр., 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 (напр., 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, але й їхньої кількості. Алгоритм обчислення меж оптимістичного інтервалу полягатиме у проходженні таких етапів:

- 1) розташування елементів часового ряду у 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 розрахунків спроектовано програму на алгоритмічній мові Turbo Pascal 7, яка автоматизує побудову трапецієподібних нечітких інтервалів для динамічних рядів (див. додаток У).

Визначення меж оптимістичного інтервалу для динамічного впорядкованого ряду з N елементів

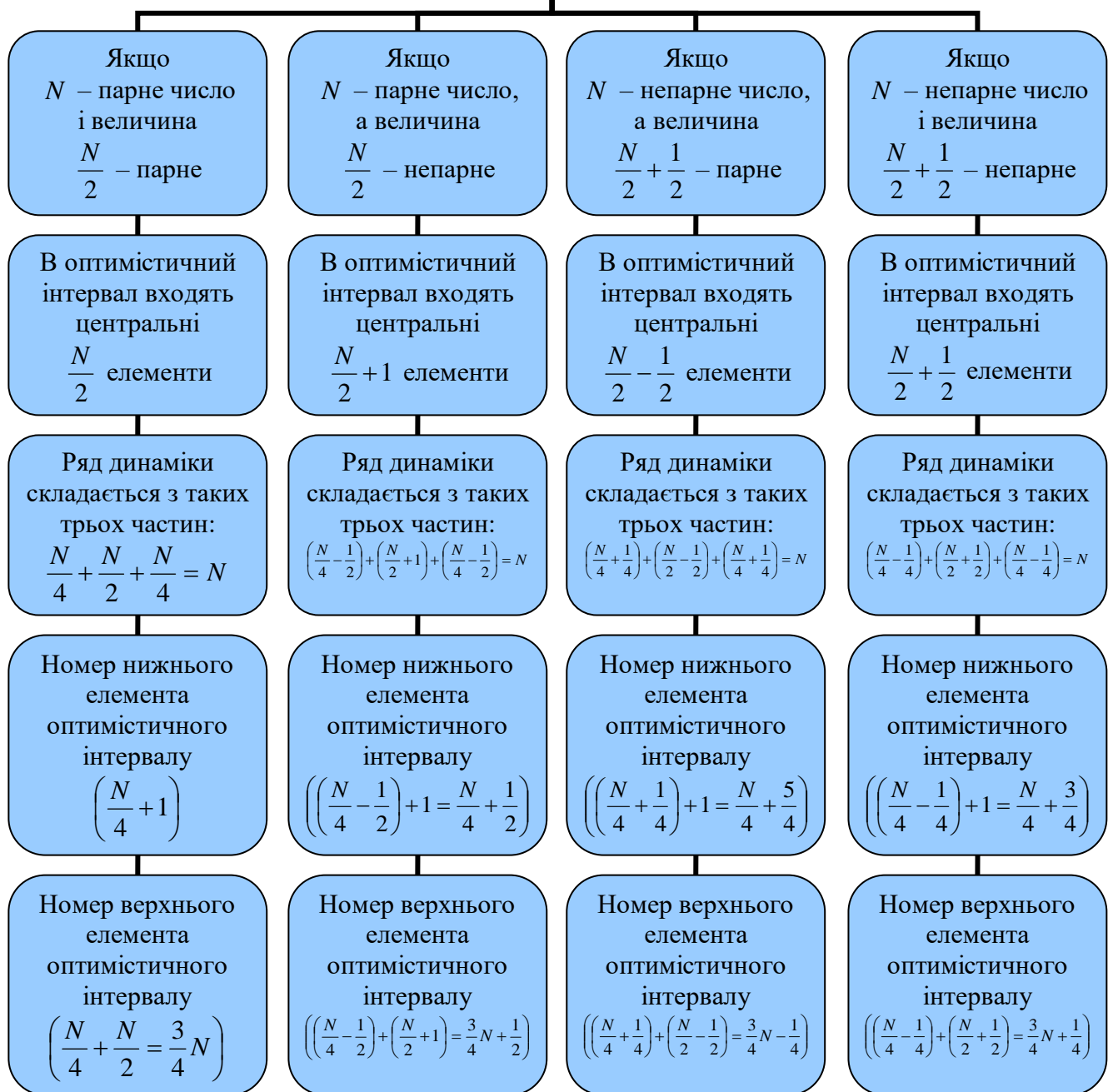


Рис. 3.3. Формули визначення меж оптимістичного інтервалу

До можливостей цієї мови відносять:

- 1) її універсальність;
- 2) полегшення створення великих програм, які розробляють декілька програмістів;
- 3) реалізацію декомпозиції завдань на незалежні (майже незалежні) підзавдання та підтримку надійного інтерфейсу між ними;
- 4) гнучку структурування даних за рахунок використання масивів, записів, множин, файлів, динамічної пам'яті;

- 5) чітку дисципліну використання типів;
- 6) створення нових типів даних у широкому діапазоні;
- 7) надійну передачу 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).



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 практично за всіма видами), а потім поетапно додаватимемо дані за 2004–2007 рр.

(див. табл. 1.1–1.2). Процес прогнозування полягатиме у перевірці попадання фактичних даних за кожен наступний рік в 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 в їхні межі зобразимо у 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	1621,0	2819,0	2358,0	283,0	107,0	–
396,0	160,0	113,0	691,0	52,0	1780,0	2984,0	2427,0	315,0	111,0	–
400,0	167,0	117,0	699,0	52,7	1858,0	2986,0	2450,0	328,0	115,0	–
420,0	175,0	131,0	700,0	59,0	1947,0	3076,0	2464,0	401,0	117,0	–
457,0	206,0	135,0	915,0	67,5	1984,0	3368,0	2510,0	515,0	142,0	–
553,0	209,0	148,0	1021,0	73,5	2034,0	3890,0	2676,0	668,0	155,0	–
568,0	213,0	158,0	1179,0	105,0	2486,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	–
760,0	277,0	163,0	1293,0	129,0	3296,0	4965,0	3452,0	757,0	172,0	–
946,0	290,0	222,0	1309,0	169,0	3894,0	5319,0	4114,0	860,0	223,0	–
2710,0	900,0	444,0	6432,0	184,0	6791,0	7671,0	6701,0	1111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2004 рік										
400,0	167,0	117,0	699,0	52,7	1858,0	2986,0	2450,0	328,0	115,0	9172,7
760,0	277,0	163,0	1293,0	129,0	3296,0	4965,0	3452,0	757,0	172,0	15264,0
68,0	12,0	8,0	37,0	6,4	237,0	167,0	92,0	45,0	8,0	680,4
1950,0	623,0	281,0	5139,0	55,0	3495,0	2706,0	3249,0	354,0	188,0	18040,0
Фактичні дані за 2004 рік та попадання в межі інтервалів										
527,7	332,0	116,0	1277,9	224,0	2147,0	2948,0	2307,0	554,0	99,7	10533,3
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	1621,0	2819,0	2307,0	283,0	99,7	–
396,0	160,0	113,0	691,0	52,0	1780,0	2948,0	2358,0	315,0	107,0	–
400,0	167,0	116,0	699,0	52,7	1858,0	2984,0	2427,0	328,0	111,0	–
420,0	175,0	117,0	700,0	59,0	1947,0	2986,0	2450,0	401,0	115,0	–
457,0	206,0	131,0	915,0	67,5	1984,0	3076,0	2464,0	515,0	117,0	–
527,7	209,0	135,0	1021,0	73,5	2034,0	3368,0	2510,0	554,0	142,0	–
553,0	213,0	148,0	1179,0	105,0	2147,0	3890,0	2676,0	668,0	155,0	–
568,0	277,0	158,0	1277,9	129,0	2486,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	–
760,0	290,0	163,0	1293,0	169,0	3296,0	4965,0	3452,0	757,0	172,0	–
946,0	332,0	222,0	1309,0	184,0	3894,0	5319,0	4114,0	860,0	223,0	–
2710,0	900,0	444,0	6432,0	224,0	6791,0	7671,0	6701,0	1111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2005 рік										
420,0	175,0	117,0	700,0	59,0	1947,0	2986,0	2450,0	401,0	115,0	9370,0
568,0	277,0	158,0	1277,9	129,0	2486,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	13172,9
88,0	20,0	8,0	38,0	12,7	326,0	167,0	143,0	118,0	15,3	936,0
2142,0	623,0	286,0	5154,1	95,0	4305,0	3351,0	3641,0	379,0	195,0	20171,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фактичні дані за 2005 рік та попадання в межі інтервалів										
621,8	309,0	120,0	1464,8	274,0	2139,0	2931,0	2264,0	568,0	104,0	10795,6
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	1621,0	2819,0	2264,0	283,0	99,7	–
396,0	160,0	113,0	691,0	52,0	1780,0	2931,0	2307,0	315,0	104,0	–
400,0	167,0	116,0	699,0	52,7	1858,0	2948,0	2358,0	328,0	107,0	–
420,0	175,0	117,0	700,0	59,0	1947,0	2984,0	2427,0	401,0	111,0	–
457,0	206,0	120,0	915,0	67,5	1984,0	2986,0	2450,0	515,0	115,0	–
527,7	209,0	131,0	1021,0	73,5	2034,0	3076,0	2464,0	554,0	117,0	–
553,0	213,0	135,0	1179,0	105,0	2139,0	3368,0	2510,0	568,0	142,0	–
568,0	277,0	148,0	1277,9	129,0	2147,0	3890,0	2676,0	668,0	155,0	–
621,8	290,0	158,0	1293,0	169,0	2486,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	–
760,0	309,0	163,0	1309,0	184,0	3296,0	4965,0	3452,0	757,0	172,0	–
946,0	332,0	222,0	1464,8	224,0	3894,0	5319,0	4114,0	860,0	223,0	–
2710,0	900,0	444,0	6432,0	274,0	6791,0	7671,0	6701,0	1111,0	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	1947,0	2984,0	2427,0	401,0	111,0	9341,0
621,8	290,0	158,0	1293,0	169,0	2486,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	13294,8
88,0	20,0	8,0	38,0	12,7	326,0	165,0	163,0	118,0	11,3	950,0
2088,2	610,0	286,0	5139,0	105,0	4305,0	3351,0	3641,0	379,0	195,0	20099,2
Фактичні дані за 2006 рік та попадання в межі інтервалів										
766,0	301,0	104,0	1447,7	217,0	2592,0	2655,0	2151,0	544,0	107,0	10884,7
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	1621,0	2655,0	2151,0	283,0	99,7	–
396,0	160,0	109,0	691,0	52,0	1780,0	2819,0	2264,0	315,0	104,0	–
400,0	167,0	113,0	699,0	52,7	1858,0	2931,0	2307,0	328,0	107,0	–
420,0	175,0	116,0	700,0	59,0	1947,0	2948,0	2358,0	401,0	107,0	–
457,0	206,0	117,0	915,0	67,5	1984,0	2984,0	2427,0	515,0	111,0	–
527,7	209,0	120,0	1021,0	73,5	2034,0	2986,0	2450,0	544,0	115,0	–
553,0	213,0	131,0	1179,0	105,0	2139,0	3076,0	2464,0	554,0	117,0	–
568,0	277,0	135,0	1277,9	129,0	2147,0	3368,0	2510,0	568,0	142,0	–
621,8	290,0	148,0	1293,0	169,0	2486,0	3890,0	2676,0	668,0	155,0	–
760,0	301,0	158,0	1309,0	184,0	2592,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	–
765,95	309,0	163,0	1447,7	217,0	3296,0	4965,0	3452,0	757,0	172,0	–
946,0	332,0	222,0	1464,8	224,0	3894,0	5319,0	4114,0	860,0	223,0	–
2710,0	900,0	444,0	6432,0	274,0	6791,0	7671,0	6701,0	1111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2007 рік										
420,0	175,0	116,0	700,0	59,0	1947,0	2948,0	2358,0	401,0	107,0	9231,0
760,0	301,0	158,0	1309,0	184,0	2592,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	13581,0
88,0	20,0	12,0	38,0	12,7	326,0	293,0	207,0	118,0	7,3	1122,0
1950,0	599,0	286,0	5123,0	90,0	4199,0	3351,0	3641,0	379,0	195,0	19813,0
Фактичні дані за 2007 рік та попадання в межі інтервалів										
972,11	330,0	100,0	1507,8	246,0	1867,0	2908,0	2034,0	585,0	107,0	10656,9
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	1621,0	2655,0	2034,0	283,0	99,7	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
396,0	160,0	104,0	691,0	52,0	1780,0	2819,0	2151,0	315,0	104,0	–
400,0	167,0	109,0	699,0	52,7	1858,0	2908,0	2264,0	328,0	107,0	–
420,0	175,0	113,0	700,0	59,0	1867,0	2931,0	2307,0	401,0	107,0	–
457,0	206,0	116,0	915,0	67,5	1947,0	2948,0	2358,0	515,0	107,0	–
527,7	209,0	117,0	1021,0	73,5	1984,0	2984,0	2427,0	544,0	111,0	–
553,0	213,0	120,0	1179,0	105,0	2034,0	2986,0	2450,0	554,0	115,0	–
568,0	277,0	131,0	1277,9	129,0	2139,0	3076,0	2464,0	568,0	117,0	–
621,8	290,0	135,0	1293,0	169,0	2147,0	3368,0	2510,0	585,0	142,0	–
760,0	301,0	148,0	1309,0	184,0	2486,0	3890,0	2676,0	668,0	155,0	–
765,95	309,0	158,0	1447,7	217,0	2592,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	–
946,0	330,0	163,0	1464,8	224,0	3296,0	4965,0	3452,0	757,0	172,0	–
972,11	332,0	222,0	1507,8	246,0	3894,0	5319,0	4114,0	860,0	223,0	–
2710,0	900,0	444,0	6432,0	274,0	6791,0	7671,0	6701,0	1111,0	360,0	–
Нечіткі інтервали на 2008 рік										
420,0	175,0	113,0	700,0	59,0	1867,0	2931,0	2307,0	401,0	107,0	9080,0
765,95	309,0	158,0	1447,7	217,0	2592,0	4320,0	3060,0	732,0	165,0	13766,65
88,0	20,0	13,0	38,0	12,7	246,0	276,0	273,0	118,0	7,3	1092,0
1944,1	591,0	286,0	4984,3	57,0	4199,0	3351,0	3641,0	379,0	195,0	19627,4

У ній: товар 1 – м'ясо (включаючи 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 (включаючи бринзу);

товар 6 – цукор-пісок;

товар 7 – борошно;

товар 8 – хліб і хлібобулочні вироби;

товар 9 – кондитерські вироби;

товар 10 – макаронні вироби.

Як бачимо, на першому етапі у шукані оптимістичні інтервали входять з 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 свідчать про те, що:

1) для країни у 2004 році у межі побудованих нечітких інтервалів потрапили 7 показників виробництва продовольчих товарів, причому 4 з них – у межі оптимістичних і 3 – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили 3

показники, що пов'язане з підвищенням випуску жирних сирів і зменшенням виробництва хліба і хлібобулочних та макаронних виробів; загальний показник випуску продовольства, який розраховується як сума нечітких інтервалів по усіх видах, потрапив у межі оптимістичного інтервалу;

2) у 2005 році у межі побудованих нечітких інтервалів потрапили 8 показників, причому 3 з них – у межі оптимістичних і 5 – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили 2 показники, що пов'язане з продовженням зростання виробництва жирних сирів і спадання випуску хліба і хлібобулочних виробів; загальний показник виробництва продуктів харчування потрапив у межі оптимістичного інтервалу;

3) у 2006 році у межі побудованих нечітких інтервалів потрапили 7 показників, причому 1 з них – у межі оптимістичного і 6 – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили 3 показники, що пов'язане зі зменшенням випуску тваринного масла, борошна, хліба і хлібобулочних виробів; загальний показник виробництва продовольчих товарів потрапив у межі оптимістичного інтервалу;

4) у 2007 році у межі побудованих нечітких інтервалів потрапили 8 показників, причому 2 з них – у межі оптимістичних і 6 – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили 2 показники, що пов'язане з продовженням спадання випуску тваринного масла, хліба і хлібобулочних виробів; загальний показник виробництва продовольства потрапив у межі оптимістичного інтервалу.

Відсортовані у порядку зростання вхідні дані для Волині, нечіткі інтервали $(\underline{m}_i; \overline{m}_i; a_i; b_i)$ та потрапляння фактичних даних в їхні межі зобразимо у 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	–
16,1	4,7	4,8	15,8	2,0	76,4	84,1	45,4	5,4	4,5	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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
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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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 свідчать про те, що:

1) для регіону у 2004 році у межі побудованих нечітких інтервалів потрапили 7 показників випуску продуктів харчування, причому 3 з них – у межі оптимістичних і 4 – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили 3 показники, що пов'язане 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 у межі побудованих нечітких інтервалів потрапили усі показники, причому 2 з них – у межі оптимістичних і 8 – песимістичних; загальний показник випуску продуктів харчування потрапив у межі песимістичного інтервалу;

3) у 2006 році у межі побудованих нечітких інтервалів потрапили 9 показників, причому 5 з них – у межі оптимістичних і 4 – песимістичних; за межі нечіткого інтервалу потрапив 1 показник, що пов'язане зі зменшенням виробництва борошна; загальний показник випуску продовольчих товарів потрапив у межі оптимістичного інтервалу;

4) у 2007 році у межі побудованих нечітких інтервалів потрапили 8 показників, причому 4 з них – у межі оптимістичних і 4 – песимістичних; за межі нечітких інтервалів потрапили 2 показники, що пов'язане зі зростанням виробництва ковбасних та макаронних виробів; загальний показник випуску продовольства потрапив у межі оптимістичного інтервалу.

Як бачимо, 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:

<i>товар</i> ₁	(420; 765,95; 88; 1944,1),	(13,6; 23,1; 1,3; 38,7),
<i>товар</i> ₂	(175; 309; 20; 591),	(4,7; 15,1; 1,7; 2,2),
<i>товар</i> ₃	(113; 158; 13; 286),	(4; 6,3; 0,3; 12),
<i>товар</i> ₄	(700; 1447,7; 38; 4984,3),	(12,4; 32,8; 4,2; 73,2),
<i>товар</i> ₅	(59; 217; 12,7; 57),	(1,7; 6,4; 0,4; 2,3),
<i>товар</i> 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),
$товар_9$	(401; 732; 118; 379),	(4,6; 8,5; 0,7; 7,2),
$товар_{10}$	(107; 165; 7,3; 195),	(2,8; 10,2; 1; 0,6).

Отримані дані свідчать про те, що найбільш імовірним у майбутньому є виробництво в країні від 420 до 765,95 тис. т м'яса (включаючи субпродукти 1-ї категорії); від 175 до 309 тис. т ковбасних виробів; від 113 до 158 тис. т тваринного масла; від 700 до 1447,7 тис. т продукції з незбираного молока (у перерахунку на молоко); від 59 до 217 тис. т жирних сирів (включаючи бринзу); від 1867 до 2592 тис. т цукру-піску; від 2931 до 4320 тис. т борошна; від 2307 до 3060 тис. т хліба і хлібобулочних виробів; від 401 до 732 тис. т кондитерських виробів; від 107 до 165 тис. т макаронних виробів. Загальний випуск продовольства в Україні є сумою попередніх десяти четвірок:

$$S = (420; 765,95; 88; 1944,1) \oplus (175; 309; 20; 591) \oplus (113; 158; 13; 286) \oplus (700; 1447,7; 38; 4984,3) \oplus (59; 217; 12,7; 57) \oplus (1867; 2592; 246; 4199) \oplus (2931; 4320; 276; 3351) \oplus (2307; 3060; 273; 3641) \oplus (401; 732; 118; 379) \oplus (107; 165; 7,3; 195) = (9080; 13766,65; 1092; 19627,4).$$

Графічно отриманий нечіткий інтервал зобразимо на рис. 3.5.

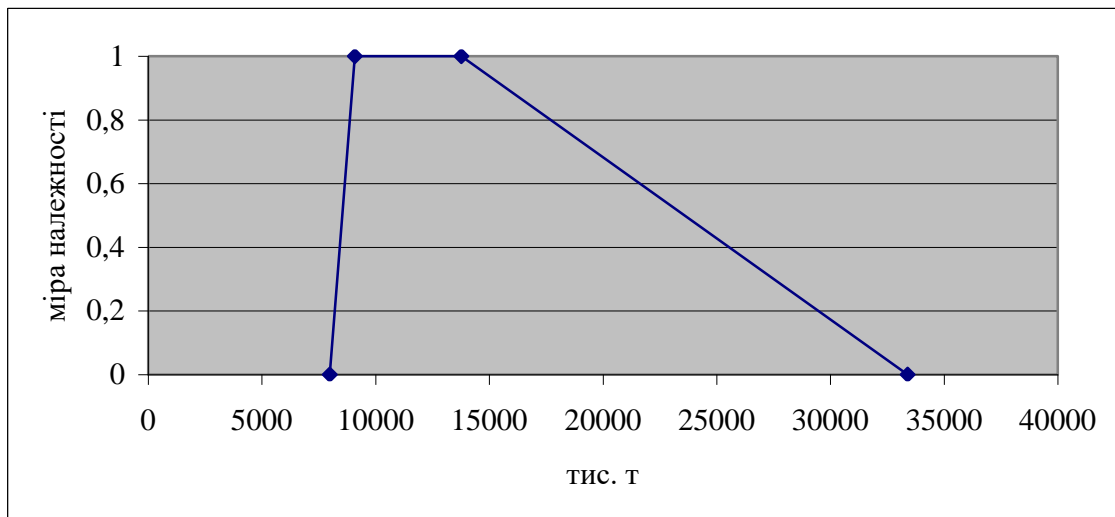


Рис. 3.5. Нечіткий інтервал загального виробництва продовольства в Україні

З нього видно, що найбільш імовірним у наступні роки є загальне виробництво основних продуктів харчування в межах від 9080 до 13766,65 тис. т. У будь-якому випадку воно не може опуститися нижче 7988 тис. т (9080–1092) чи піднятися вище 33394,05 тис. т (13766,65+19627,4).

Найімовірніший випуск у регіоні становитиме від 13,6 до 23,1 тис. т м'яса (включаючи субпродукти 1-ї категорії); від 4,7 до 15,1 тис. т ковбасних виробів; від 4 до 6,3 тис. т тваринного масла; від 12,4 до 32,8 тис. т продукції з незбираного молока (у перерахунку на молоко); від 1,7 до 6,4 тис. т жирних сирів (включаючи бринзу); від 71 до 181,2 тис. т цукру-піску; від 70,6 до 90,6 тис. т борошна; від 44,5 до 49,2 тис. т хліба і хлібобулочних виробів; від 4,6 до 8,5 тис. т кондитерських виробів; від 2,8 до 10,2 тис. т 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.

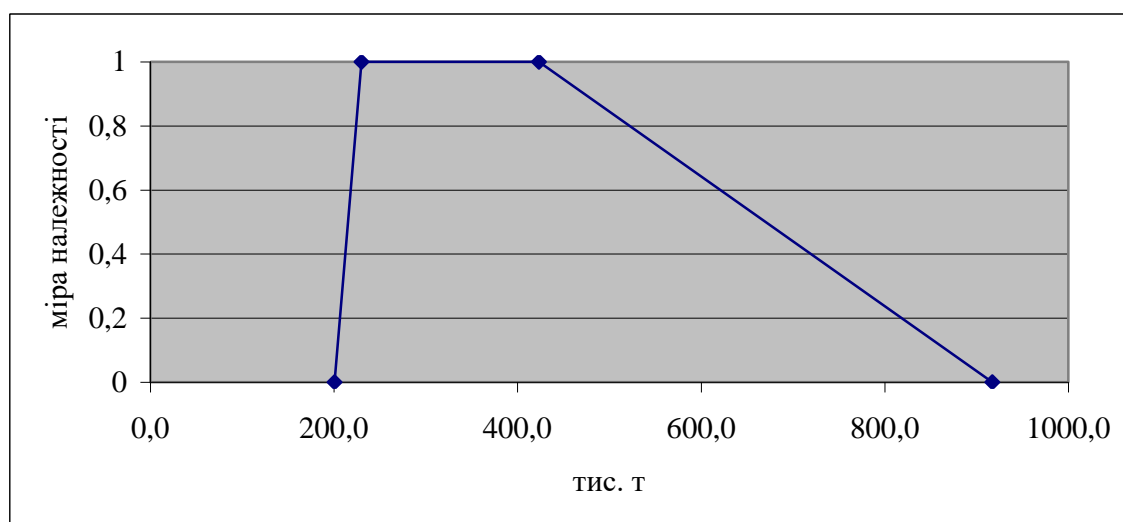


Рис. 3.6. Нечіткий інтервал загального виробництва продовольства на Волині

З нього видно, що найбільш імовірним у наступні роки є загальний випуск основних продуктів харчування в межах від 229,9 до 423,4 тис. т. У будь-якому випадку він не може опуститися нижче 200,5 тис. т $(229,9 - 29,4)$ чи піднятися вище 917,2 тис. т $(423,4 + 493,8)$.

Висновки до третього розділу

Одним із напрямків регуляторної політики держави у сфері виробництва продуктів харчування повинно бути введення сучасних механізмів спостереження і прогнозування у харчовій промисловості, зокрема прогнозування основних тенденцій розвитку, яке дозволить 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 усіх видів навіть імовірність того, що прогнозуючий рівень перевищуватиме рівень попереднього року;

2) для визначення тенденції у випуску продуктів харчування на короткостроковий період (1 рік) потрібно використовувати розроблений автором індексний метод прогнозування, який дає кращі результати, у порівнянні 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 у працях автора [190–195].

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення 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 область) рівнях, а також розробці економіко-математичних моделей випуску продукції підприємствами цього виду економічної діяльності. Використання створених моделей дозволить підвищити ефективність функціонування підприємств харчової промисловості.

Основні науково-практичні результати дисертаційного дослідження дозволяють зробити наступні 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 монокритеріального, 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 км² площі. Причому поділ у кожному випадку доцільно робити на 3 кластери: регіони з великим, середнім та малим виробництвом продовольчої продукції у всеукраїнському масштабі. Отримані результати свідчать, що лідерами за цими показниками є Дніпропетровська, Донецька, Київська, Вінницька, Харківська та Полтавська області. Західні ж регіони у переважній більшості потрапляють до останньої третьої групи.

3. Кластерний аналіз показників випуску продуктів харчування за 1995–2007 роки як для країни загалом, так і Волинської області показав доцільність їхнього поділу на дві групи – об'єкти з малим та великим виробництвом. Причому до першої слід відносити сім продовольчих товарів: м'ясо (включаючи субпродукти 1-ї

категорії), ковбасні вироби, тваринне масло, продукцію з незбираного молока, жирні сири (включаючи бринзу), кондитерські та макаронні вироби. Їхні значення для України не перевищували 1600 тис. т, а для Волинської області – 41 тис. т. До другої 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 в цілому 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, в залежності від того, скільки видів продукції потрапляє під їхній вплив. Відповідно, продовольчі товари, які сильно підпадають під вплив одного й того ж фактора, мають однакові тенденції випуску та подібні середні індекси виробництва.

5. Проведений аналіз наукової літератури свідчить про те, що найбільш популярними серед моделей, які використовують в дослідженнях випуску продукції, є оптимізаційні та імітаційні. Основними критеріями ефективності, які застосовують для вирішення 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 дозволить 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 імовірно-автоматної моделі, яка дозволяє 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 у 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 найбільш точно 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.: КНЕУ, 2003.– 380 с.
6. Основи інформаційних систем: Навч. посіб. / В. Ф. Ситник, Т. А. Писаревська, Н. В. Єрьоміна, О. С. Краєва / За ред. В. Ф. Ситника.– 2-ге вид., перероб. і доп.– К.: 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., Гаврилук 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. ден. та заоч. форм навчання.– К.: 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: Учеб. / 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.: Высшая школа, 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.: 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. академіка НАН України І. Р. Юхновського.– К.: ФАДА, ЛТД, 2001.– 32 с.
21. Статистичний щорічник України за 2006 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Вид-во “Консультант”, 2007.– 552 с.
22. Статистичний щорічник України за 2007 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Вид-во “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 // Регіональна економіка.– 2002.– № 2.– С. 124–133.
30. Півень М. П., Соколик М. П. Фактори розвитку ринку продовольчих товарів в Україні // Вісн. ін-ту економічного прогнозування.– 2002.– № 2.– С. 24–31.
31. Статистичний щорічник України за 2003 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Вид-во “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.: Вид-во “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. Серія економічна.– Львів: ЛНУ ім. Івана Франка.– 2007.– Вип. 37 (2).– С. 42–45.
42. Монахов А. В. Математические методы анализа экономики.– СПб.: Питер, 2002.– 176 с.: ил.– (Серия “Краткий 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.: Вид-во “Консультант”, 2003.– 664 с.
46. Статистичний щорічник України за 2004 рік / За ред. О. Г. Осауленка.– К.: Вид-во “Консультант”, 2005.– 592 с.
47. Україна за роки незалежності, 1991–2003.– 5-е вид., переробл. та допов.– К.: Нора-Друк, 2003.– 560 с.
48. Толковый словарь по основам информационной деятельности.– К.: УкрИНТЭИ, 1995.– 252 с.
49. Слейко В. І. Основи економетрії.– Львів: Марка Лтд, 1995.– 192 с.
50. Голиков А. П. Экономико-математическое моделирование мирохозяйственных процессов: Учеб. пособ.– Харьков: 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. Єлейко Я. І., Грищук Р. Т. Класифікація споживачів електроенергії у Львівській області за 2000 рік за допомогою кластерного аналізу // Регіональна 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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) // Регіональна 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) // Регіональна економіка.– 2005.– № 2.– С. 103–114.
59. Подольчак Н. Ю. Оцінка економічного ризику підприємства на основі кластерного аналізу // Регіональна 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 // Регіональна 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 // Наукові записки нац. ун-ту “Острозька акад.”: Серія “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.– (Математико-статистические методы за рубежом).
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.– (Зарубежные статистические исследования).
72. Артеменко В. Б. Комплексне оцінювання ефективності соціально-економічного розвитку регіонів на основі критеріїв якості життя населення // Регіональна 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 // Регіональна 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.: “МІВВІЦ”, 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 по практичній 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: 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.: 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 эк. спец. / М. В. Пинегина.– М.: Изд-во “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: ТюмГНГУ, 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.– К.– 2004.– № 9.– С. 68–69.
93. Орлов О. О. Планування діяльності промислового підприємства: Підруч.– 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2006.– С. 252–253.
99. Цицак В. Моделювання виробничої програми підприємства за умов нечіткого попиту на продукцію // Вісн. Львів. ун-ту. Серія економічна.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.: 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: Підруч. для студ. вузів / Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва.– Харків: 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 економіки АН УРСР.– К., 1976.– 67 с.
112. Кононенко О. Г. Економіко-математичне моделювання діяльності багатoproфільних фірм: Автореф. дис. ... к-та 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. праць.– К.: Міжнар. наук.-навч. центр ЮНЕСКО інформаційних 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: Нац. акад. держ. податкової 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 // Банківська 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– (Математико-статистические методы за рубежом).
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., Хандецький В. С., Шрюфер Е. Обробка сигналів: Підруч.– 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.– Луцьк: РВВ “Вежа”.– 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Луцьк: РВВ “Вежа”.– 2003.– № 12.– С. 206–209.
141. Столяров Г. С., Ємшанов Д. Г., Ковтун Н. В. АРМ статистика: Навч. посіб.– К.: КНЕУ, 1999.– 268 с.
142. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посіб.– К.: КНЕУ, 2001.– 170 с.
143. Калініна І. О., Фордуй С. Г. Обробка економічної інформації в MS Excel: Навч. посіб.– Частина 1. Механізми Excel для вирішення складних економічних задач.– Миколаїв: 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.*– Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2005.– С. 372–373.
150. Тоцька О. Л. Імовірно-автоматне моделювання діяльності хлібопекарського підприємства // *Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.*– Луцьк: РВВ “Вежа”.– 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.*– Луцьк: РВВ “Вежа”.– 2005.– № 1.– С. 304–308.
152. Тоцька О. Л. Кластерний аналіз областей України за випуском продуктів харчування // *Регіональна економіка.*– 2005.– № 3 (37).– С. 67–76.
153. Тоцька О. Л. Кластерний аналіз основних продовольчих товарів // *Регіональна економіка.*– 2007.– № 2 (44).– С. 260–270.
154. Тоцька О. Л. Прийняття компромісного рішення при багатокритеріальній оптимізації випуску продукції // *Вісн. Львів. ун-ту. Серія економічна.*– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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: Саратов. гос. техн. ун-т, 2001.– 52 с.
160. Статистика: Підруч. / С. С. Герасименко та ін.– К.: 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 інші / За наук. ред. Р. В. Фещура.– 2-е вид., онов. і доп.– Львів: “Інтелект-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., Бодянский Є. В. Штучні нейронні мережі: Навч. посіб.– Харків: 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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. эк. спец. высшей школы.– 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 “Українські 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. Ararova I., Ararov 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2007.– С. 33–34.
181. Вовк В. М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах: Монографія.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2007.– С. 47–49.
184. Зайченко Ю.П. Исследование операций.– 3-е изд., перераб. и доп.– К.: Вища школа, 1988.– 552 с.
185. Мица Н. В. Прогнозування прибутку підприємств грального бізнесу на основі нечіткої логіки // Наук. записки Острозької академії. Серія “Економіка”.– Острог: Вид-во “Острозька акад.”.– 2003.– Вип. 5.– С. 179–184.
186. Приймак В. І. Моніторинг регіонального ринку праці за умов неповноти первинної інформації // Регіональна 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2007.– С. 242–243.
188. Сявавко М. Застосування нечітких мір та інтегралів для розв’язання слабо структурованих задач економіки // Вісн. Львів. ун-ту. Серія економічна.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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 посткомуністичних країн в умовах глобалізації: Матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф. Львів, 23–24 квіт. 2004 р.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана 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.– Луцьк: РВВ “Вежа”.– 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.– Луцьк: РВВ “Вежа”.– 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.– Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2006.– С. 235.

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

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 (включаючи субпродукти 1-ї категорії)	1. Яловичина і телятина, свіжі (парні) чи охолоджені. 2. Яловичина і 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 (включаючи бринзу)	Сири жирні
6	Цукор-пісок	Цукор-пісок
7	Борошно	Борошно
8	Хліб і хлібобулочні вироби	Вироби хлібобулочні
9	Кондитерські вироби	1. Шоколад та інші продукти харчові з вмістом какао, в брикетах, пластинах чи плитках. 2. Вироби кондитерські з цукру (включаючи білий шоколад), без вмісту какао.
10	Макаронні вироби	Вироби макаронні без начинки, не піддані тепловому обробленню

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 (включаючи субпродукти 1-ї категорії)	М'ясо (включаючи субпродукти 1-ї категорії)	М'ясо (включаючи 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 і харчовий лід.
5	Жирні сири (включаючи бринзу)	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, в брикетах, пластинах чи плитках. 2. Вироби кондитерські з цукру, включаючи білий шоколад, без вмісту какао.
10	Макаронні вироби	Вироби макаронні	Вироби макаронні без начинки, не піддані тепловому обробленню

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, літрів	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 з 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

**Набори продуктів харчування з 14 квітня 2002 р.
(у розрахунку на одну особу кг/рік)**

Найменування продукту	Діти 0-6 років	Діти 6-18 років	Дорослі працездатні	Дорослі 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, шт.	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 та 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 та 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

Продовж. табл. Б.2

1	2	3	4	5
Манна крупа	0,9	1,2	–	0,9
Пшоняна крупа	1,7	2,3	1	0,9
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 підготовлено автором на основі [43]

Додаток В

Алгоритм реалізації методу деревоподібної кластеризації кластерного аналізу за допомогою програмного пакета 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 з даними:

File (Файл) → New (Новий) → у рядку “Number of variables” ввести кількість змінних → у рядку “Number of cases” ввести кількість спостережень (випадків) → ОК → заповнити створений файл даними;

3) провести стандартизацію даних, тобто так зване z-перетворення:

виділити всі комірки з введеними даними → Data (Дані) → Standardize (Стандартизувати) → ОК;

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 з трьох методів кластерного аналізу (у нашому випадку – Joining (tree clustering)): Joining (tree clustering) – об’єднання (деревоподібна кластеризація), K-means clustering – К-середніх, Two-way joining – двохходове об’єднання → ОК;

5) вказати початкові параметри:

на вкладці “Advanced” заповнити вказані нижче рядки і натиснути “ОК”:

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) вказати, що буде класифікуватись (у нашому випадку – Cases (rows)):

Продовження додатка В

- 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),
- 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 з 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 з двох опцій (у нашому випадку – Casewise):

- Casewise – мудрий реєстр (видаляє рядки чи стовпці з відсутніми даними),
- Mean substitution – заміна середнім;

Продовження додатка В

у рядку “Batch processing and reporting” (Обробка пакету даних і повідомлення) поставити при потребі прапорець;

б) ознайомитись з результатами:

Horizontal hierarchical tree plot – горизонтальний ієрархічний деревовидний графік,

Vertical icicle plot – вертикальний бурульковидний графік,

Rectangular branches – прямокутні гілки,

Scale tree to $dlink/dmax * 100$ – дерево розмірності (у процентному співвідношенні),

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 К-середніх кластерного аналізу за допомогою програмного пакета StatSoft Statistica 6.0

Для автоматизації методу К-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 з даними:

File (Файл) → New (Новий) → у рядку “Number of variables” ввести кількість змінних → у рядку “Number of cases” ввести кількість спостережень (випадків) → ОК → заповнити створений файл даними;

3) провести стандартизацію даних, тобто так зване z-перетворення:

виділити всі комірки з введеними даними → Data (Дані) → Standardize (Стандартизувати) → ОК;

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 з трьох методів кластерного аналізу (у нашому випадку – K-means clustering): Joining (tree clustering) – об’єднання (деревоподібна кластеризація), K-means clustering – К-середніх, Two-way joining – двохходове об’єднання → ОК;

5) вказати початкові параметри:

на вкладці “Advanced” заповнити вказані нижче рядки і натиснути “ОК”:

у рядку “Cluster” (Кластер) вказати, що буде класифікуватись (у нашому випадку – Cases (rows)):

- Variables (columns) – змінні (колонки),
- Cases (rows) – спостереження (рядки);

у рядку “Number of clusters” ввести кількість кластерів (за замовчуванням – 2, у нашому випадку – 3);

Продовження додатка Г

у рядку “Number of iterations” ввести кількість ітерацій (за замовчуванням – 10);
у блоці “Initial cluster centers” (Центри початкового кластера) поставити перемикач на одній з трьох опцій (у нашому випадку – Choose observations...):

- Choose observations to maximize initial between-cluster distances – вибрати спостереження для максимізації початкових міжгрупових дистанцій,
- Sort distances and take observations at constant intervals – відсортувати відстані і взяти 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 з 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 пакету даних і повідомлення) поставити при потребі прапорець;

б) ознайомитись з 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 і відстані,

Save classifications and distances – зберегти класифікації і відстані;

7) зберегти результати:

File (Файл) → Save (Зберегти) → у рядку “Ім’я файла” ввести назву → Зберегти.

Додаток Д

Вхідні, проміжні та результуючі 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

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

Продовж. 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

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

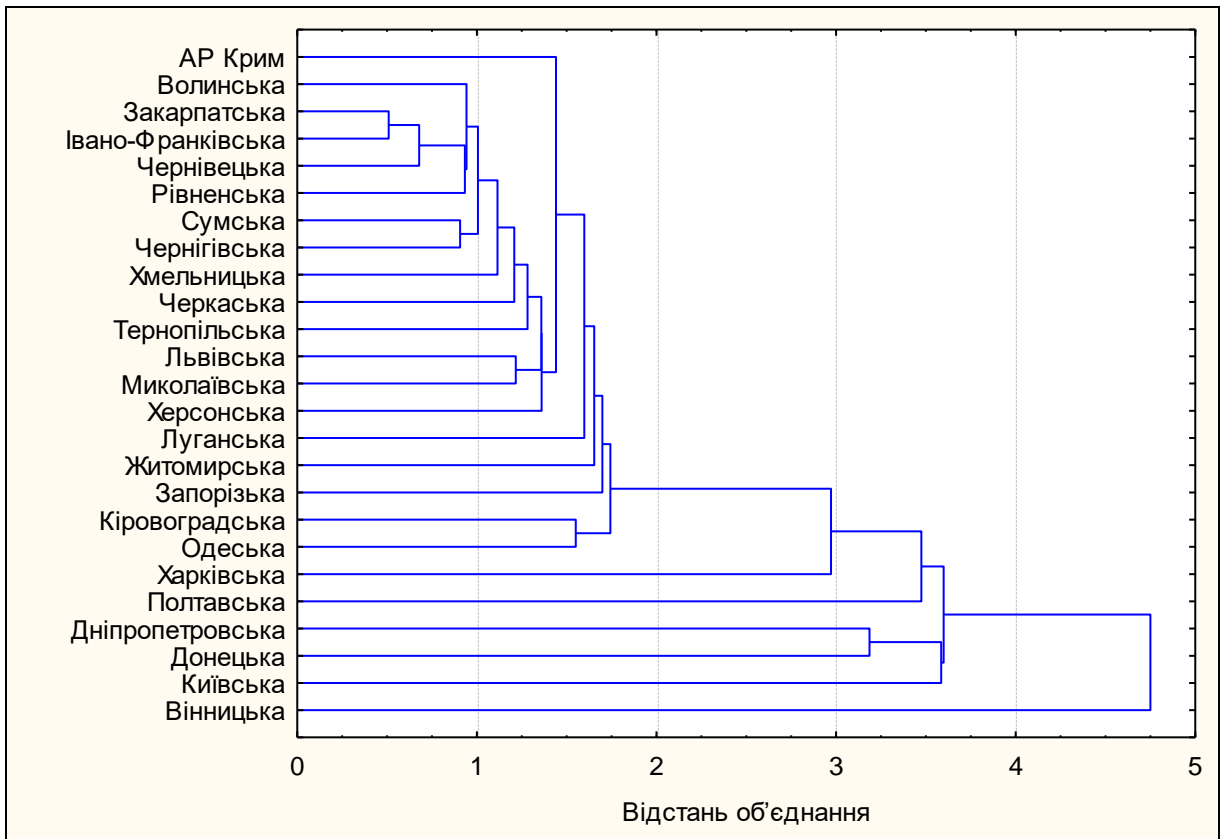


Рис. Д.1. Дендрограма результатів кластерного аналізу (показники p_{ij}^1)

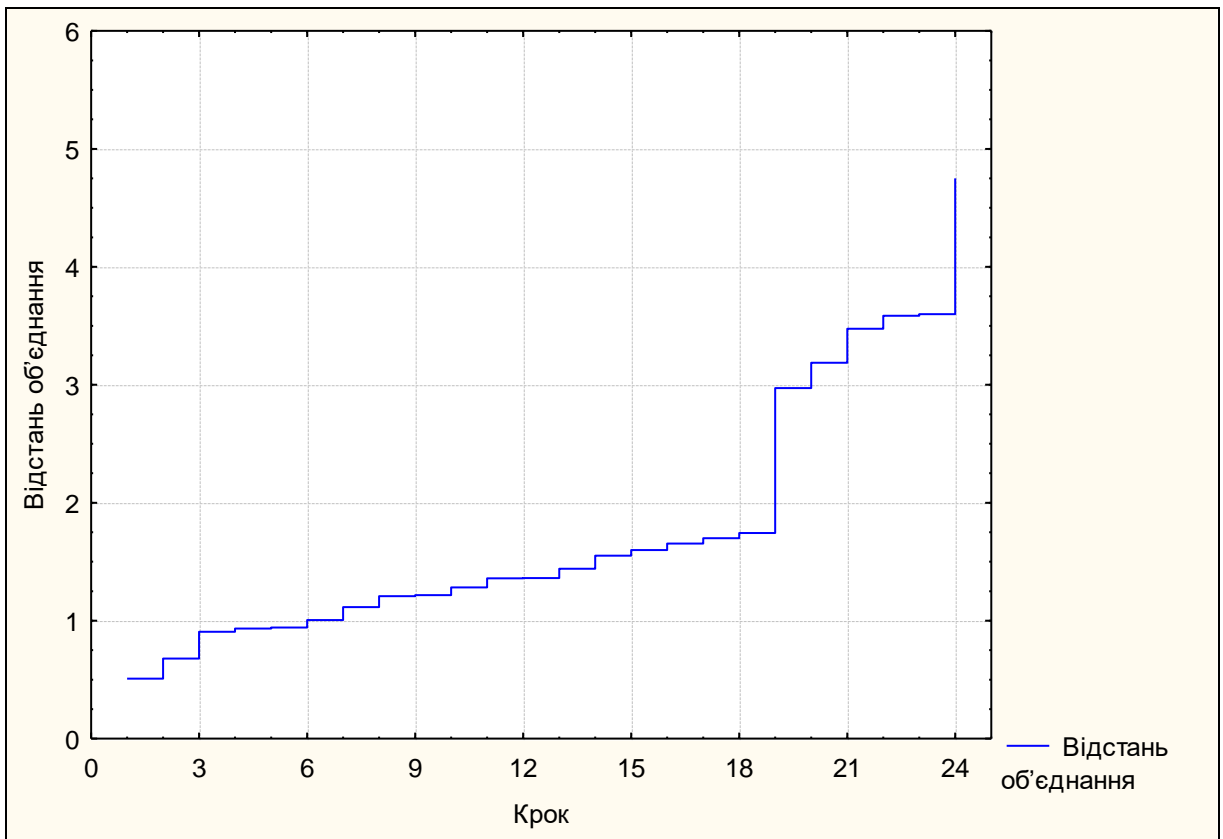


Рис. Д.2. Графік списку об'єднання (показники p_{ij}^1)



Рис. Д.3. Територіальне розміщення кластерів (показники p_{ij}^1)

Додаток Е

Вхідні, проміжні та результуючі 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

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

Продовж. 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

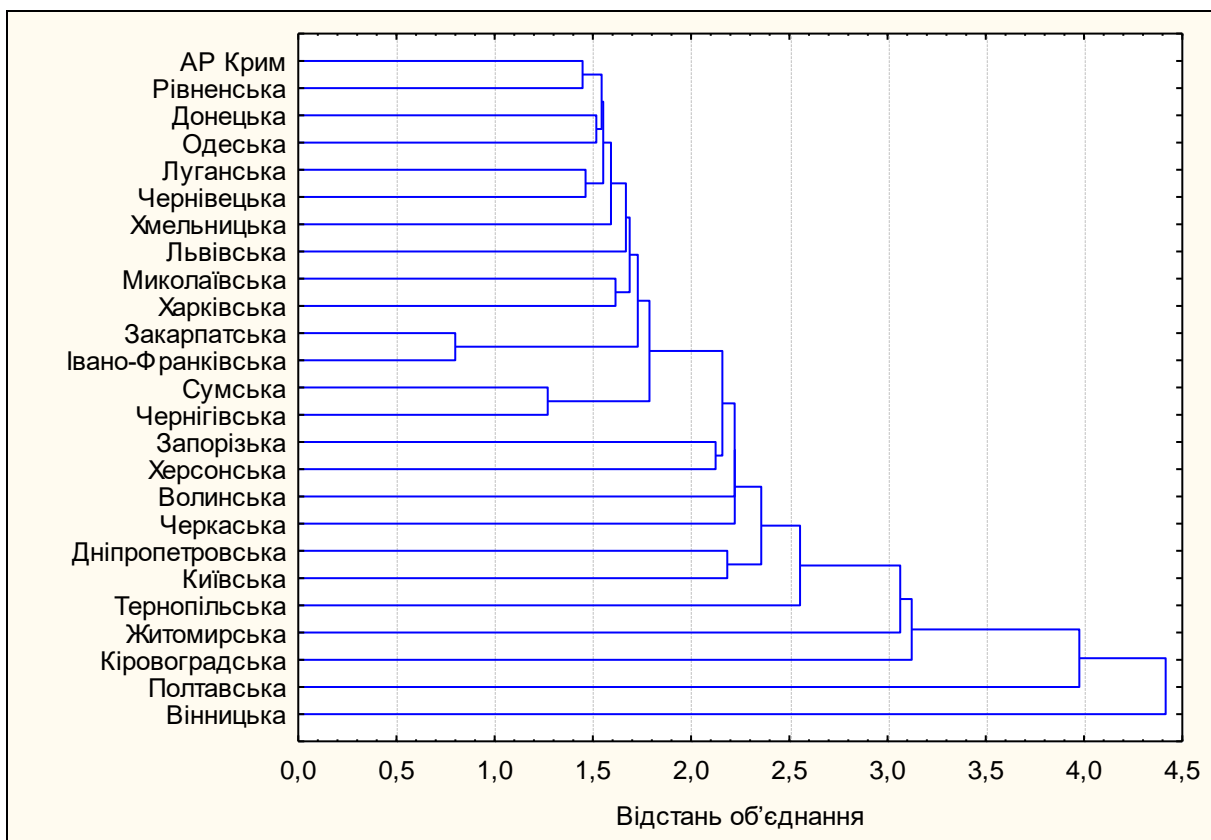


Рис. Е.1. Дендрограма результатів кластерного аналізу (показники p_{ij}^2)

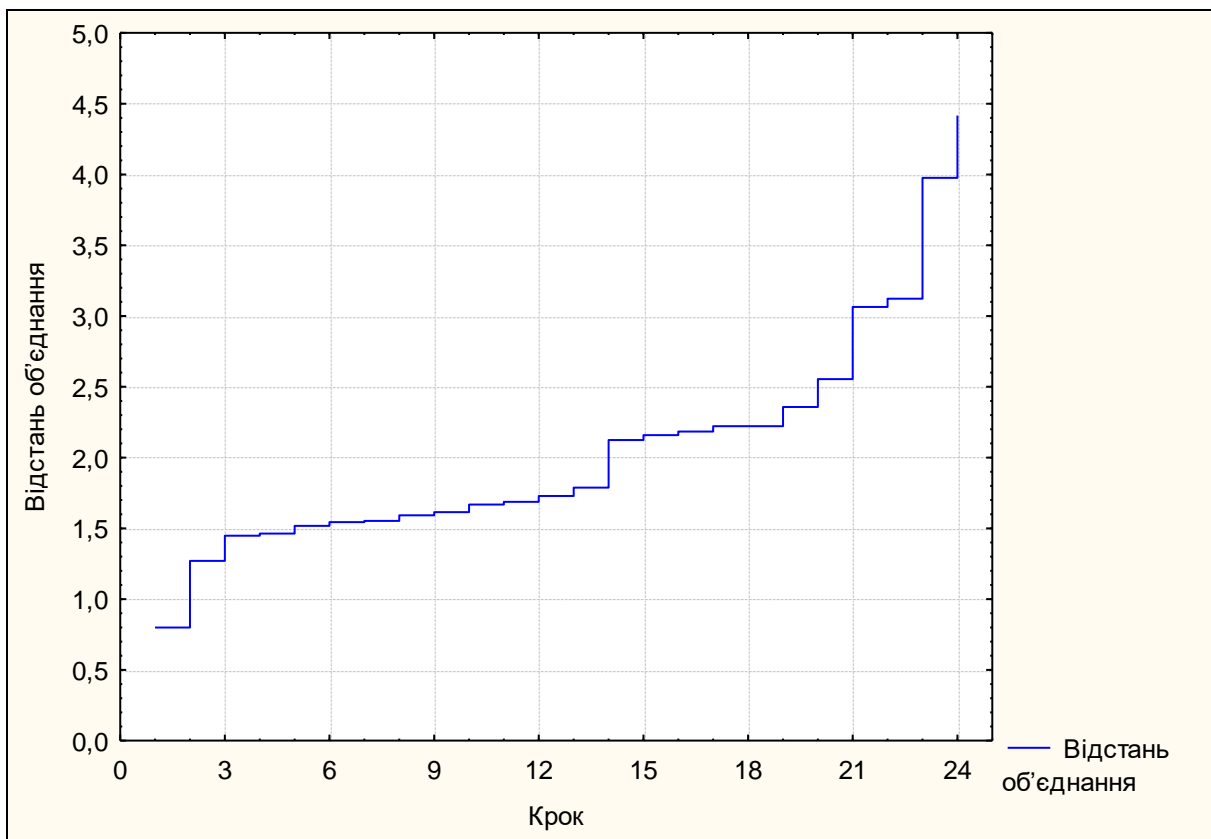


Рис. Е.2. Графік списку об'єднання (показники p_{ij}^2)

Додаток Ж

Вхідні, проміжні та результуючі 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	4818,5	3392,6	0,0
2	Вінницька	298,1	2501,9	9558,5	528,3	558,5	5181,1	3181,1	13011,3
3	Волинська	751,2	0,0	492,5	273,6	0,0	2915,4	2313,4	5646,8
4	Дніпропетровська	1658,3	5423,2	1206,9	69,0	1783,7	5354,2	7617,6	0,0
5	Донецька	1181,1	14030,2	1475,5	52,8	2162,3	10679,2	8577,4	0,0
6	Житомирська	171,1	3,4	191,3	560,4	463,1	0,0	2345,6	3164,4
7	Закарпатська	62,5	0,0	234,4	0,0	78,1	2593,8	1257,8	0,0
8	Запорізька	294,1	11147,1	503,7	610,3	301,5	4544,1	2790,4	0,0
9	Івано-Франківська	280,6	0,0	618,7	237,4	237,4	2554,0	1935,3	0,0
10	Київська	1235,3	2467,1	3692,0	138,4	3010,4	5162,6	10245,7	9328,7
11	Кіровоградська	666,7	8784,6	0,0	195,1	0,0	2902,4	1317,1	4174,8
12	Луганська	827,7	2831,5	1831,5	119,9	221,0	3996,3	3752,8	0,0
13	Львівська	165,1	0,0	1564,2	133,0	1683,5	4302,8	3862,4	0,0
14	Миколаївська	126,0	2426,8	613,8	357,7	1048,8	3300,8	1918,7	0,0
15	Одеська	312,3	5792,8	558,6	81,1	252,3	3678,7	3096,1	2429,4
16	Полтавська	756,9	2604,2	1107,6	1319,4	1312,5	2555,6	2604,2	11090,3
17	Рівненська	213,9	14,9	283,6	318,4	268,7	2806,0	1910,4	4169,2
18	Сумська	176,5	159,7	2046,2	693,3	470,6	3777,3	2937,0	3508,4
19	Тернопільська	224,6	0,0	1565,2	217,4	492,8	5833,3	1282,6	16644,9
20	Харківська	614,6	6111,5	1047,8	318,5	1971,3	5738,9	4124,2	6388,5
21	Херсонська	7,0	5905,3	463,2	554,4	687,7	2929,8	1607,0	0,0
22	Хмельницька	310,7	0,0	1451,5	568,0	223,3	3912,6	2975,7	9451,5
23	Черкаська	244,0	205,7	770,3	669,9	1277,5	5502,4	3588,5	9976,1
24	Чернівецька	987,7	4728,4	0,0	0,0	0,0	3234,6	3209,9	0,0
25	Чернігівська	94,0	103,4	357,4	388,7	194,4	2786,8	2125,4	2623,8

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

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

Продовж. 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

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	

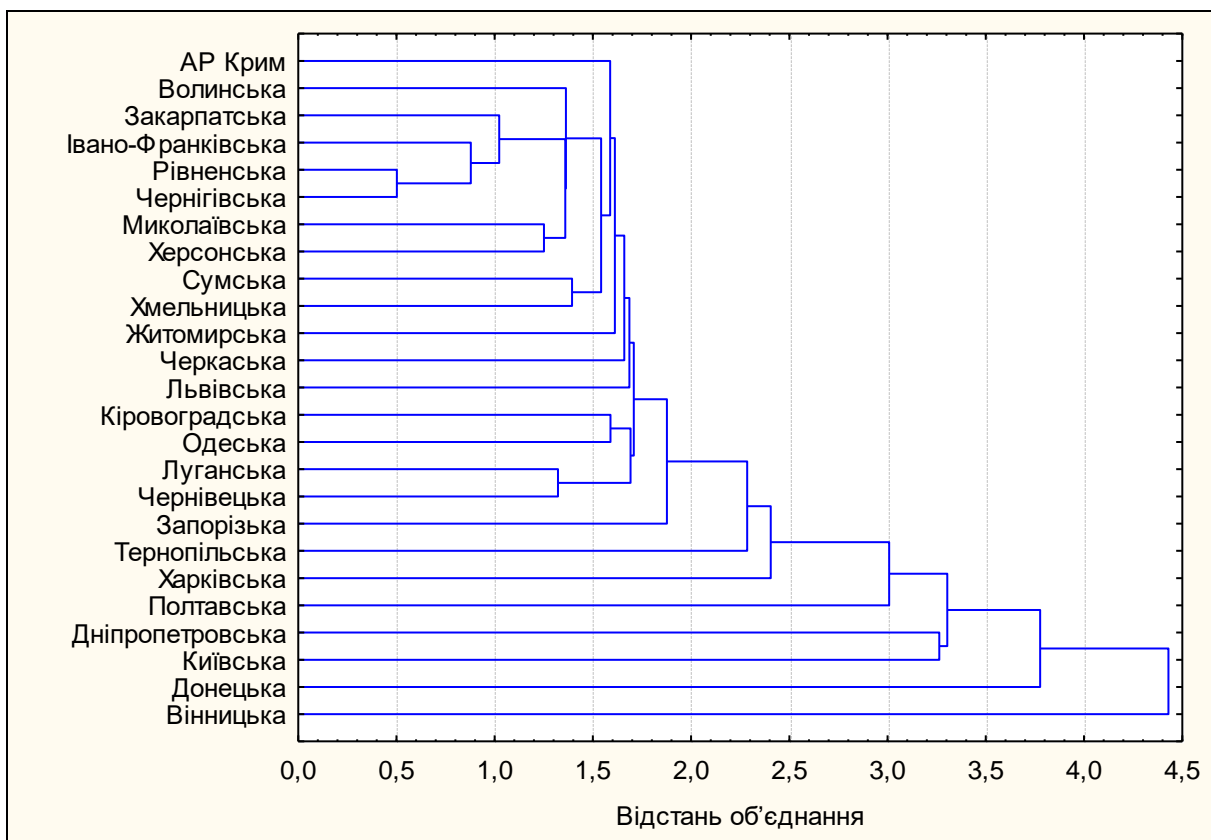


Рис. Ж.1. Дендрограма результатів кластерного аналізу (показники r_{ij}^3)

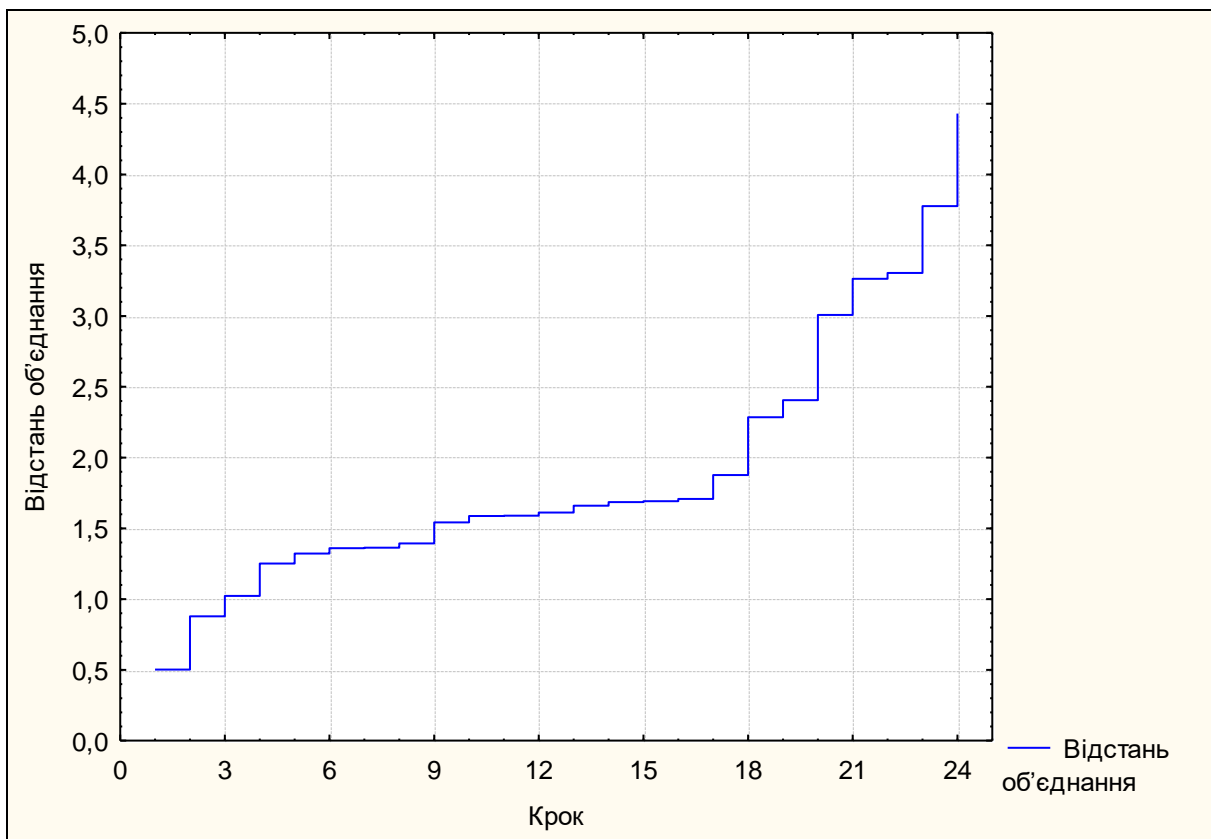


Рис. Ж.2. Графік списку об'єднання (показники r_{ij}^3)

Додаток 3

Алгоритм реалізації кластерного аналізу у 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 B3:P15 матрицю вхідних даних розмірністю 10×13 (див. рис. 3.1);

2) ввести формули обчислення середнього значення та стандартного відхилення у комірки D14:D15:

$$D14=CPЗНАЧ(D4:D13),$$

$$D15=СТАНДОТКЛОН(D4:D13);$$

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) ввести формули у комірки T4:AF4:

$$T4=(D4-\$D\$14)/\$D\$15,$$

$$U4=(E4-\$E\$14)/\$E\$15,$$

$$V4=(F4-\$F\$14)/\$F\$15,$$

$$W4=(G4-\$G\$14)/\$G\$15,$$

$$X4=(H4-\$H\$14)/\$H\$15,$$

$$V4=(I4-\$I\$14)/\$I\$15,$$

$$Z4=(J4-\$J\$14)/\$J\$15,$$

$$AA4=(K4-\$K\$14)/\$K\$15,$$

$$AB4=(L4-\$L\$14)/\$L\$15,$$

$$AC4=(M4-\$M\$14)/\$M\$15,$$

$$AD4=(N4-\$N\$14)/\$N\$15,$$

$$AE4=(O4-\$O\$14)/\$O\$15,$$

$$AF4=(P4-\$P\$14)/\$P\$15;$$

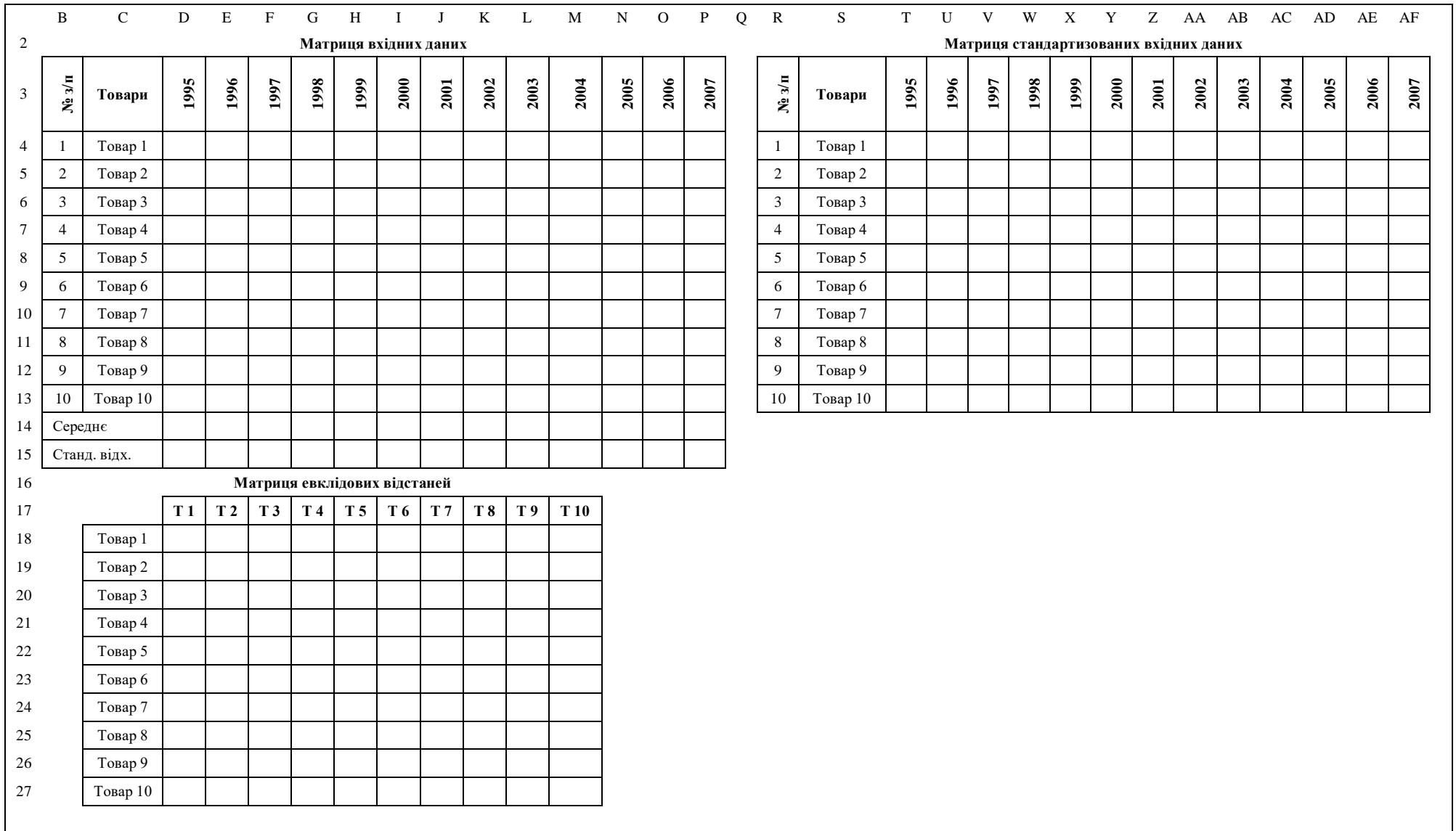


Рис. 3.1. Матриці для кластерного аналізу на аркуші Microsoft Excel

б) 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:AF13 відповідно;

7) побудувати на тому ж аркуші Microsoft Excel у комірках C17:M27 матрицю евклідових відстаней (див. рис. 3.1);

8) ввести формули у 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)+
+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.

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	Q
2	Матриця вхідних даних															
3	№ з/п	Товари	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	1293,0	915,0	662,0	691,0	700,0	699,0	1021,0	1179,0	1309,0	1277,9	1464,8	1447,7	1507,8	
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	3894,0	3296,0	2034,0	1984,0	1858,0	1780,0	1947,0	1621,0	2486,0	2147,0	2139,0	2592,0	1867,0	
10	7	Товар 7	5319,0	4965,0	4320,0	3890,0	3368,0	3076,0	2984,0	2986,0	2819,0	2948,0	2931,0	2655,0	2908,0	
11	8	Товар 8	4114,0	3452,0	3060,0	2676,0	2510,0	2464,0	2450,0	2358,0	2427,0	2307,0	2264,0	2151,0	2034,0	
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		1667,7	1427,8	1146,8	1052,3	984,8	958,2	1000,7	994,2	1118,3	1053,3	1079,6	1088,5	1065,7	
15	Станд. відх.		1983,7	1784,0	1488,5	1334,1	1173,5	1089,5	1077,5	1026,4	1076,7	1050,4	1037,5	1037,4	970,3	

Рис. 3.2. Матриця вхідних даних для України

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	Q
2	Матриця вхідних даних															
3	№ з/п	Товари	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	Товари	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	Товари	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 пакета 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 з даними:

File (Файл) → New (Новий) → у рядку “Number of variables” ввести кількість змінних → у рядку “Number of cases” ввести кількість об’єктів → ОК → заповнити створений файл даними;

3) провести стандартизацію даних, тобто так зване z-перетворення:

виділити всі комірки з введеними даними → Data (Дані) → Standardize (Стандартизувати) → ОК;

4) вибрати метод факторного аналізу:

виділити всі комірки з даними → Statistics (Статистичні обчислення) → Multivariate Exploratory Techniques (Багатовимірні дослідницькі методи) → Factor Analysis (Факторний аналіз);

5) вказати 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 → ОК;

б) переглянути кореляційну матрицю:

Descriptives (Описові) → Review correlations, means, standard deviations (Перегляд кореляцій, середніх, стандартних відхилень) → Advanced (Поглиблений) → Correlations (Кореляції) → Cancel (Скасувати);

Продовження додатка И

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” ввести максимальну кількість факторів, яка відповідає кількості змінних (у нашому випадку – 10) → у рядку “Mini. eigenvalue” ввести мінімальне власне значення, яке рівне нулю → ОК;

8) переглянути власні значення та їхню діаграму:

Explained variance (Пояснена розбіжність) → Eigenvalues (Власні значення) → підрахувати кількість власних значень більших за одиницю (у нашому випадку – 2) → Scree plot (Діаграма кам’янистого осипу) → Cancel (Скасувати);

9) провести обертання факторів:

Advanced (Поглиблений) → у рядку “Max. no. of factors” ввести максимальну кількість факторів, яка відповідає кількості власних значень більших за одиницю (у нашому випадку – 2) → у рядку “Mini. eigenvalue” ввести мінімальне власне значення, яке рівне нулю → ОК → Loadings (Навантаження) → у рядку “Factor rotation” (Факторне обертання) вказати “Varimax raw” (Варімакс необроблений) → у рядку “Highlight factor loadings greater than” ввести значення факторних навантажень, більше якого потрібно висвітлити в таблиці іншим кольором (напр., 0,60);

10) ознайомитись з результатами:

Summary: Factor loadings – зведення факторних навантажень,

Plot of loadings, 3D – 3-х вимірна діаграма навантажень;

11) зберегти результати:

File (Файл) → Save (Зберегти) → у рядку “Ім’я файла” ввести 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	1293,0	73,5	3894,0	5319,0	4114,0	315,0	223,0
1996	760,0	213,0	163,0	915,0	59,0	3296,0	4965,0	3452,0	283,0	172,0
1997	553,0	206,0	117,0	662,0	46,3	2034,0	4320,0	3060,0	328,0	142,0
1998	396,0	155,0	113,0	691,0	52,0	1984,0	3890,0	2676,0	401,0	165,0
1999	420,0	160,0	109,0	700,0	52,7	1858,0	3368,0	2510,0	515,0	155,0
2000	400,0	175,0	135,0	699,0	67,5	1780,0	3076,0	2464,0	668,0	117,0
2001	332,0	167,0	158,0	1021,0	105,0	1947,0	2984,0	2450,0	732,0	111,0
2002	457,0	209,0	131,0	1179,0	129,0	1621,0	2986,0	2358,0	757,0	115,0
2003	568,0	290,0	148,0	1309,0	169,0	2486,0	2819,0	2427,0	860,0	107,0
2004	527,7	332,0	116,0	1277,9	224,0	2147,0	2948,0	2307,0	554,0	99,7
2005	621,8	309,0	120,0	1464,8	274,0	2139,0	2931,0	2264,0	568,0	104,0
2006	765,95	301,0	104,0	1447,7	217,0	2592,0	2655,0	2151,0	544,0	107,0
2007	972,11	330,0	100,0	1507,8	246,0	1867,0	2908,0	2034,0	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

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*”) у 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) ввести 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),

$$S4=D4*SD\$18+E4*SE\$18+F4*SF\$18+G4*SG\$18+H4*SH\$18+I4*SI\$18+J4*SJ\$18+K4*SK\$18+L4*SL\$18+M4*SM\$18+N4*SN\$18+O4*SO\$18+P4*SP\$18+Q4*SQ\$18+R4*SR\$18;$$

3) скопіювати їх у комірки E11:R11, E14:R14, E15:R15 та S5:S8, S12:S14 відповідно;

4) ввести також формули:

$$D24=S17=S14-S15,$$

$$D25=S13=D13*D18+E13*E18+F13*F18+G13*G18+H13*H18+I13*I18+J13*J18+K13*K18+L13*L18+M13*M18+N13*N18+O13*O18+P13*P18+Q13*Q18+R13*R18,$$

$$D26=S16=S12+S15,$$

$$D27=S18=СУММ(D18:R18),$$

$$D28=СУММ(S4:S8),$$

$$D29=S9=D9*D11+E9*E11+F9*F11+G9*G11+H9*H11+I9*I11+J9*J11+K9*K11+L9*L11+M9*M11+N9*N11+O9*O11+P9*P11+Q9*Q11+R9*R11;$$

	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 по всьому обсягу 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	по виготовленню продукції	$X_j^{\min}; X^{\min}$																		
21		$X_j^{\max}; X^{\max}$																		
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

5) створити на цьому ж аркуші Microsoft Excel у комірках B31:C36 допоміжну таблицю розподілу величин поступок, необхідних для перетворення в екстремум кожного наступного критерію ефективності (див. рис. Л.2). Їхні випадкові значення підпадатимуть під дискретний закон розподілу і будуть в межах від 1 до 5 %, а імовірність їх вибору буде однаковою для всіх варіантів ($\frac{1}{5} = 0,2$);

	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 “мак прибутку” на другий аркуш Microsoft Excel, який назвемо “мак чистого доходу”;

7) ввести на ньому у комірках D4:R10, D12:R13, D20:S21, S15, T4:T9 і T12 формули, які копіюватимуть початкові дані, внесені на аркуші “мак прибутку”:

D4='мак прибутку'!D4,

D5='мак прибутку'!D5,

D6='мак прибутку'!D6 і т.д.;

8) ввести також формулу, яка зменшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_1 :

T24='мак прибутку'!D24*(1-S24);

9) скопіювати аркуш “мак чистого доходу” на третій аркуш Microsoft Excel, який назвемо “min повної собівартості”;

10) ввести на ньому формулу, яка копіюватиме величину поступки Δk_1 з попереднього аркуша:

S24='мак чистого доходу'!S24;

11) ввести на ньому формулу, яка зменшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_2 :

T25='мак чистого доходу'!D25*(1-S25);

12) скопіювати аркуш “min повної собівартості” на четвертий аркуш

Microsoft Excel, який назвемо “*max випуску*”;

13) ввести на ньому формулу, яка копіюватиме величину поступки Δk_2 з попереднього аркуша:

S25='min повної собівартості'!S25;

14) ввести на ньому формулу, яка збільшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_3 :

T26='min повної собівартості'!D26*(1+S26);

15) скопіювати аркуш “*max випуску*” на п’ятий аркуш Microsoft Excel, який назвемо “*min сировини*”;

16) ввести на ньому формулу, яка копіюватиме величину поступки Δk_3 з попереднього аркуша:

S26='max випуску'!S26;

17) ввести на ньому формулу, яка зменшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_4 :

T27='max випуску'!D27*(1-S27);

18) скопіювати аркуш “*min сировини*” на шостий аркуш Microsoft Excel, який назвемо “*min часу*”;

19) ввести на ньому формулу, яка копіюватиме величину поступки Δk_4 з попереднього аркуша:

S27='min сировини'!S27;

20) ввести на ньому формулу, яка збільшуватиме отриману на попередньому аркуші величину цільової функції на величину поступки Δk_5 :

T28='min сировини'!D28*(1+S28);

21) внести вхідні дані по якомусь конкретному підприємству, 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 по 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 по цьому 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 по виготовленню продукції j -го виду,
 $S20$ і $S21$ – нижні та верхні межі по всій 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 з найбільш ефективних для вирішення систем рівнянь і оптимізаційних задач, які, як правило, 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 у комірках $D18:R18$ обсяги продукції скопіювати у комірки з такою ж адресою на другий аркуш;

24) згенерувати на другому аркуші за допомогою інструмента “Генерація випадкових чисел” пакета “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 у комірках $D18:R18$ обсяги продукції скопіювати у комірки з такою ж адресою на третій аркуш;

27) згенерувати на третьому аркуші у 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 у комірках D18:R18 обсяги продукції скопіювати у комірки з такою ж адресою на четвертий аркуш;

30) згенерувати на четвертому аркуші у 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 у комірках D18:R18 обсяги продукції скопіювати у комірки з такою ж адресою на п'ятий аркуш;

33) згенерувати на п'ятому аркуші у 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 у комірках D18:R18 обсяги продукції скопіювати у комірки з такою ж адресою на шостий аркуш;

36) згенерувати на шостому аркуші у 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).

Встановити цільову комірку: D24						
Рівною:	<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 рішення для досягнення максимуму прибутку

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень та 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 Δ_k

Встановити цільову комірку: D25						
Рівною:	<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	
\bar{k}_1						
D24>=T24						

Рис. Л.5. Діалогове вікно пошуку рішення для досягнення максимуму чистого доходу

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень та імовірностей:	\$B\$32:\$C\$36
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$\$S\$25
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Л.6. Діалогове вікно пошуку величини поступки Δk_2

Встановити цільову комірку: D26					
Рівною:		<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				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
\bar{k}_1	\bar{k}_2				
D24>=T24	D25>=T25				

Рис. Л.7. Діалогове вікно пошуку рішення для досягнення мінімуму повної собівартості продукції

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень та імовірностей:	\$B\$32:\$C\$36
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$\$S\$26
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Л.8. Діалогове вікно пошуку величини поступки Δk_3

Встановити цільову комірку: D27					
Рівною:	<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
\bar{k}_1	\bar{k}_2	\bar{k}_3			
D24>=T24	D25>=T25	D26<=T26			

Рис. Л.9. *Діалогове вікно пошуку рішення для досягнення максимуму випуску продукції*

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень та імовірностей:	\$B\$32:\$C\$36
Випадкове розсіювання:	
Параметри виводу	
<input checked="" type="checkbox"/> Вихідний інтервал:	\$\$S\$27
<input type="checkbox"/> Новий робочий аркуш:	
<input type="checkbox"/> Нова робоча книга	

Рис. Л.10. *Діалогове вікно пошуку величини поступки Δk_4*

Встановити цільову комірку: D28					
Рівною:		<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				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
\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 рішення для досягнення мінімуму витрат основної сировини

Кількість змінних:	1
Кількість випадкових чисел:	1
Розподіл:	Дискретний
Параметри	
Вхідний інтервал значень та 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

Встановити цільову комірку: D29					
Рівною:		<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				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
\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 рішення для досягнення мінімуму затрат часу*

Додаток М

**Макрос пошуку рішення у багатокритеріальній оптимізаційній моделі виробництва продуктів харчування
(на мові Visual Basic for Applications)**

```
Sub Модель()  
' Модель Макрос  
' Макрос записан 20.02.2007 (r)  
  Sheets("маx прибутку").Select  
  SolverOk SetCell:="$D$24", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"  
  SolverSolve  
  Range("D18:R18").Select  
  Selection.Copy  
  Sheets("маx чистого доходу").Select  
  Range("D18:R18").Select  
  ActiveSheet.Paste  
  Application.Run "ATPVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$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
```

Продовження додатка М

```
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
```

```
Range("D18:R18").Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Sheets("max випуску").Select
```

```
Range("D18:R18").Select
```

```
ActiveSheet.Paste
```

```
Application.Run "ATPVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$S$26"), 1, 1, 7, , ActiveSheet.Range("$B$32:$C$36")
```

```
SolverOk SetCell:="$D$27", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"
```

```
SolverSolve
```

```
Range("D18:R18").Select
```

```
Selection.Copy
```

Продовження додатка М

```
Sheets("min сировини").Select
Range("D18:R18").Select
ActiveSheet.Paste
Application.Run "ATPVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$S$27"), 1, 1, 7, , ActiveSheet.Range("$B$32:$C$36")
SolverOk SetCell:="$D$28", MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$D$18:$R$18"
SolverSolve
Range("D18:R18").Select
Selection.Copy
Sheets("min часу").Select
Range("D18:R18").Select
ActiveSheet.Paste
Application.Run "ATPVBAEN.XLA!Random", ActiveSheet.Range("$S$28"), 1, 1, 7, , ActiveSheet.Range("$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”) у комірках В2:У24 таблицю, яка буде розрахована на проведення 20 ітерацій (див. рис. Н.1);

2) ввести в неї формули

$$P4=(D3*0,7+E3*0,6+F3*0,7+G3*0,5+H3*0,6+I3*0,4+J3*0,4+K3*0,4+L3*0,3+M3*0,4+N3*0,2+O3*0,1)/1000,$$

$$Q4=D3*0,7/1000*'ма\text{х прибутку}'!D\$4+E3*0,6/1000*'ма\text{х прибутку}'!E\$4+F3*0,7/1000*'ма\text{х прибутку}'!F\$4+G3*0,5/1000*'ма\text{х прибутку}'!G\$4+H3*0,6/1000*'ма\text{х прибутку}'!H\$4+I3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!I\$4+J3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!J\$4+K3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!K\$4+L3*0,3/1000*'ма\text{х прибутку}'!L\$4+M3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!M\$4+N3*0,2/1000*'ма\text{х прибутку}'!N\$4+O3*0,1/1000*'ма\text{х прибутку}'!O\$4,$$

$$R4=D3*0,7/1000*'ма\text{х прибутку}'!D\$5+E3*0,6/1000*'ма\text{х прибутку}'!E\$5+F3*0,7/1000*'ма\text{х прибутку}'!F\$5+G3*0,5/1000*'ма\text{х прибутку}'!G\$5+H3*0,6/1000*'ма\text{х прибутку}'!H\$5+I3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!I\$5+J3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!J\$5+K3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!K\$5+L3*0,3/1000*'ма\text{х прибутку}'!L\$5+M3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!M\$5+N3*0,2/1000*'ма\text{х прибутку}'!N\$5+O3*0,1/1000*'ма\text{х прибутку}'!O\$5,$$

$$S4=D3*0,7/1000*'ма\text{х прибутку}'!D\$6+E3*0,6/1000*'ма\text{х прибутку}'!E\$6+F3*0,7/1000*'ма\text{х прибутку}'!F\$6+G3*0,5/1000*'ма\text{х прибутку}'!G\$6+H3*0,6/1000*'ма\text{х прибутку}'!H\$6+I3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!I\$6+J3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!J\$6+K3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!K\$6+L3*0,3/1000*'ма\text{х прибутку}'!L\$6+M3*0,4/1000*'ма\text{х прибутку}'!M\$6+N3*0,2/1000*'ма\text{х прибутку}'!N\$6+O3*0,1/1000*'ма\text{х прибутку}'!O\$6,$$

$$W4=W3-Q4+T4,$$

$$X4=X3-R4+U4,$$

$$Y4=Y3-S4+V4,$$

$$P24=CP3НАЧ(P3:P23);$$

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 у 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 С4 – 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. Імовірно-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=	27000
Стандартне відхилення=	1000
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=	50000
Стандартне відхилення=	2000
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=	20000
Стандартне відхилення=	7000
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 пакета 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 і описова статистика):

- E. Plotting Functions (функції побудови графіків),
- F. Descriptive Methods (описові методи),
- G. Estimation and Testing (оцінка і 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):

Продовження додатка П

- 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).

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: вказується 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: вказується процент часових рядів, що буде використовуватись для отримання прогнозів (якщо число менше 100 %, то результат базуватиметься на останніх значеннях ряду),

Продовження додатка II

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),

Summary percentage: вказується 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),

Smoothing constant gamma: вводиться третя константа згладжування (число від 0 до 1; чим воно менше, тим більше ваги надається раннім спостереженням),

Length of seasonality: вказується кількість періодів в 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: вводиться число періодів прогнозу (за замовчуванням – 12),

Summary percentage: вказується процент часових рядів, що буде використовуватись для отримання прогнозів (якщо число менше 100 %, то результат базуватиметься на останніх значеннях ряду);

- L.5. SEASONAL DECOMPOSITION (сезонна декомпозиція):

Time series: вводяться часові ряди (числовий вектор),

Продовження додатка П

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);
- H – Rename (Перейменувати);
- I – Split (Розщепити);
- J – Update (Поновити – всі зміни зберезуться 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 пакета 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 з 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 з 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” ввести 5 → ENTER,

у рядку “Summary percentage” вказати 100 → F6,

Display summary stats (Показати сумарні статистики) → ENTER → переглянути прогнозні значення → ESC,

Plot forecasts (Графічні прогнози) → ENTER → переглянути графік з первинними даними та прогнозними значеннями → ESC,

Save forecasts (Зберегти прогнози) → ENTER,

у рядку “Disc” (Диск) ввести C,

Продовження додатка Р

у рядку “File” (Файл) ввести prognos → ENTER,

у рядку “Variable” (Змінна) ввести 1 → F6 → ESC,

повторити ці дії для інших змінних, змінивши тільки C:PROGNOS.VAR1 на C:PROGNOS.VAR2, 1 на 2 і т.д.;

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” ввести 5 → ENTER,

у рядку “Summary percentage” вказати 100 → ENTER,

у рядку “Smoothing constant alpha” ввести 0,5 → F6,

Display summary stats (Показати сумарні статистики) → ENTER → переглянути прогнозні значення → ESC,

Plot forecasts (Графічні прогнози) → ENTER → переглянути графік з первинними даними та прогнозними значеннями → ESC,

Save forecasts (Зберегти прогнози) → ENTER,

у рядку “Disc” (Диск) ввести C,

у рядку “File” (Файл) ввести prognos → ENTER,

у рядку “Variable” (Змінна) ввести 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) ввести C → F6,

Продовження додатка Р

ввести А (All) → переглянути файл з 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 пакета 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 з 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 з шести типів мережі: Multilayer Perceptron – багатошаровий персептрон, 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” вказати кроки, рівні 1 (лаг сезонної складової) → у рядку “Lookahead” ввести горизонт, рівний 1 → у рядку “Inputs” ввести кількість вхідних змінних (1) → у рядку “Outputs” ввести кількість вихідних змінних (1) → у рядку “No Layers” ввести 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 персептрона:

у рядку “Cases” ввести кількість навчаючих спостережень, рівну 7 (перше

Продовження додатка С

спостереження резервується для побудови прогнозу на першому кроці, а останнє буде контрольним) → вибрати у пункті меню “Statistics” (Статистики) опції Training Error Graph (Графік 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 з 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 (напр., 10) для отримання різних результатів навчання;

б) обрати найкращу мережу:

Train (Навчати) → Auxiliary (Помічник) → Best Network (Найкраща мережа) → Restore (Відновити) → Run (Запуск) у вікні Regression Statistics;

7) отримати прогнозні 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 у 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.

У підсумку, у комірках H4:H8 будуть обчислені точкові, а у комірках L4:M8 – інтервальні прогнозні значення.

Щоб розрахувати 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 у 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, у комірках M4:M8 будуть обчислені точкові, а у 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{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

Адреси комірок	Формули	Адреси комірок	Формули
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}	$y - \hat{y}$	$(y - \hat{y})^2$	$< t$	Інтервали довіри	
3																	min	max
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	Формули	Комірка	Формули
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 (на мові 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;
```

Продовження додатка У

```
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
    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]);
```

Продовження додатка У

```
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;  
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
```

Продовження додатка У

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.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF UKRAINE

ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

LESYA UKRAINKA
VOLYN NATIONAL UNIVERSITY

Україна, 43025 м. Луцьк, пр. Волі, 13
Тел.: +38(03322) 4-10-07
Факс: +38(0332) 72-01-23
Ел. пошта: post@univer.lutsk.ua
www.vdu.edu.ua

Prosp.Voli, 13, Lutsk 43025, Ukraine
Tel.: +38(03322) 4-10-07
Fax: +38(0332) 72-01-23
E-mail: post@univer.lutsk.ua
www.vdu.edu.ua

17.02.2008р. № 2/632

№ _____ від _____

Довідка

про використання у навчальному процесі результатів наукових досліджень
Тоцької Олесі Леонтіївни, старшого викладача кафедри фінансів підприємств і
кредиту Волинського національного університету імені Лесі Українки

Результати дисертаційної роботи Тоцької Олесі Леонтіївни “Економіко-математичне моделювання випуску продукції в харчовій промисловості України” з питань застосування математичних методів, моделей та інформаційних технологій у виробничій діяльності підприємств використовуються в навчальному процесі кафедри фінансів підприємств і кредиту економічного факультету Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Наукові розробки Тоцької О. Л., зокрема моделі планування та прогнозування виробництва продовольства включені в програми курсів “Система обробки економічної інформації”, “АРМ економіста-фінансиста”, “Стратегічний аналіз” для студентів спеціальностей “Фінанси” та “Облік і аудит”.

Проректор з навчальних работи



професор С. В. Гаврилюк

Завідувач кафедри фінансів
підприємств і кредиту

доцент І. Т. Грудзевич

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF UKRAINE

ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

LESYA UKRAINKA
VOLYN NATIONAL UNIVERSITY

Україна, 43025 м. Луцьк, пр. Волі, 13
Тел.: +38(03322) 4-10-07
Факс: +38(0332) 72-01-23
Ел. пошта: post@univer.lutsk.ua
www.vdu.edu.ua

Prosp.Voli, 13, Lutsk 43025, Ukraine
Tel.: +38(03322) 4-10-07
Fax: +38(0332) 72-01-23
E-mail: post@univer.lutsk.ua
www.vdu.edu.ua

27.02.2008р. № 3/631

№ _____ від _____

Довідка

Результати проведення кластерного та факторного аналізу показників виробництва продуктів харчування по Україні, оптимізаційно-імітаційна модель випуску продовольства та імовірісно-автоматна модель діяльності хлібопекарського підприємства, а також прогностні моделі виробництва продовольчих товарів, отримані у процесі написання дисертаційного дослідження Тоцькою О. Л. за темою “Економіко-математичне моделювання випуску продукції в харчовій промисловості України”, були використані під час виконання держбюджетної теми за номером державної реєстрації 0106U000273 “Вартісні чинники регулювання реального сектору економіки України”.

Проректор з наукової роботи



Керівник держбюджетної теми

професор А. В. Цьось

доцент І. Т. Грудзевич

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF UKRAINE

ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

LESYA UKRAINKA
VOLYN NATIONAL UNIVERSITY

Україна, 43025 м. Луцьк, пр. Волі, 13
Тел.: +38(03322) 4-10-07
Факс: +38(0332) 72-01-23
Ел. пошта: post@univer.lutsk.ua
www.vdu.edu.ua

Prosp.Voli, 13, Lutsk 43025, Ukraine
Tel.: +38(03322) 4-10-07
Fax: +38(0332) 72-01-23
E-mail: post@univer.lutsk.ua
www.vdu.edu.ua

27.02.2008р. № 3/633

на № _____ від _____

Довідка

Методика практичної реалізації кластерного аналізу за допомогою електронної таблиці Microsoft Excel (а саме опис побудови у цьому табличному процесорі матриць вхідних та стандартизованих вхідних даних, а також евклідових відстаней), розроблена у процесі написання дисертаційного дослідження соцькою О. Л. за темою “Економіко-математичне моделювання випуску продукції в харчовій промисловості України”, була використана під час виконання держбюджетної теми за номером державної реєстрації 0102U000229 “Фінансове і кредитне стимулювання економічного зростання в Україні”.

Проректор з наукової роботи



професор А. В. Цьось

ТЗОВ "ВОЛИНЬЗОВНІШТОРГ ХЛІБ"



ТЗОВ фірма «Волиньзовнішторгхліб»
43023 Україна, Волинська обл.
м.Луцьк, вул. Карбишева, 1

тел./факс: (0332) 78-01-40, 78-01-41
(0332)78-01-42
E-mail: Hlib@fk.lutsk.ua



25.02.08 № 3
№ _____ від _____

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Тоцької О. Л.
“Економіко-математичне моделювання випуску продукції
в харчовій промисловості України”

На підприємство ТЗОВ “Волиньзовнішторгхліб” поступили пропозиції старшого викладача кафедри фінансів підприємств і кредиту Волинського національного університету ім. Лесі Українки Тоцької О. Л. “Економіко-математичне моделювання випуску продукції в харчовій промисловості України”, основні з яких відображені в її дисертації, а саме:

1) визначено шість критеріїв ефективності для вирішення оптимізаційної задачі виробництва продукції: максимум прибутку, максимум чистого доходу, мінімум повної собівартості продукції, максимум випуску продукції, мінімум витрат основної сировини, мінімум затрат часу;

2) побудована блок-схема досягнення компромісу для моделювання процесу виробництва, в якій критерії оптимальності розташовуються у порядку спадання важливості;

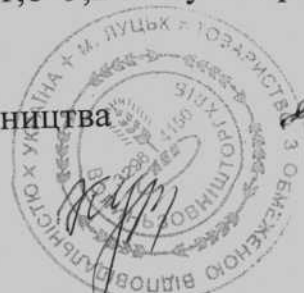
3) створена економіко-математична модель оптимального випуску продукції, яка включає перераховані вище критерії ефективності;

4) розроблена імовірно-автоматна модель діяльності хлібопекарського підприємства, яка складається з 23 автоматів та відображає в динаміці характеристики такого ланцюжка: замовлення продукції → витрати основної сировини → виробництво продукції → поповнення основної сировини → рівень запасів основної сировини.

Керівництво прийшло до висновку, що доцільно використовувати багатокритеріальну оптимізаційно-імітаційну модель випуску продукції при плануванні та імовірно-автоматну модель при прогнозуванні виробництва. Це дозволить досягнути за місяць підвищення прибутку на 6,1–10,6 % та збільшення чистого доходу на 1,8–5,2 % у порівнянні з запланованими показниками підприємства.

Заст. директора з виробництва

Гол. бухгалтер



Яцюра М.А.

Т. Г. Кузнєцова