

Держава може суттєво впливати на кон'юнктуру ринку за допомогою нецінових методів: запровадження обмежень на імпорт сільськогосподарської сировини та продуктів харчування, зменшення податкового тиску на сільгоспвиробників порівняно з іншими галузями, надання їм пільгових кредитів, компенсація транспортних витрат із доставки сільськогосподарської продукції до заготівельних організацій, запровадження прямого бюджетного фінансування певних програм розвитку АПК. Для врахування цінових та нецінових заходів державного регулювання розраховується реальний показник допомоги, який, за методикою ГАТТ, має назву еквівалента дотації виробникові (PSE).

5.3. Моделювання впливу вартісних чинників на розвиток підприємств харчової промисловості

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 ймовірно-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 ймовірно-автоматного моделювання є:

- гнучким, бо дає змогу модифікувати модель при зміні у формулюванні завдання, 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 [10, 36].

Будь-яка ймовірно-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 набувати 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 [11, 130].

Вважається, що ймовірно-автоматна модель задана, якщо визначені всі її автомати і вказано наявність або відсутність зв'язків для кожної впорядкованої пари автоматів системи. При цьому ймовірнісним автоматом вважається об'єкт, який володіє внутрішнім станом, здатний сприймати вхідний сигнал і видавати вихідний. Цей автомат є дискретним ініціальним ймовірнісним автоматом Мура з детермінованими виходами. Зміна станів автоматів і видача вихідних сигналів виконується лише в цілі моменти часу, ймовірнісний 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 [12, 253].

Для зображення автоматної моделі найзручніше скласти таблицю умовних функціоналів переходів, яка будується на підставі змістового опису економічної системи та її статистичного дослідження [13, 18].

Отже, побудуємо ймовірно-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 в часі. Практичну реалізацію моделі проведемо за допомогою табличного процесора Microsoft Excel.

Припустимо, що хлібопекарське підприємство щодня 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-го гатунку (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 гатунку, 2 – пшеничне борошно першого гатунку, 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 гатунку на сумарне виготовлення продукції згідно із замовленнями на момент часу t , кг;

$v_2(t)$ – витрати пшеничного борошна першого гатунку 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 гатунку на момент часу t , кг;

$p_2(t)$ – поповнення запасів пшеничного борошна першого гатунку 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. 5.5.

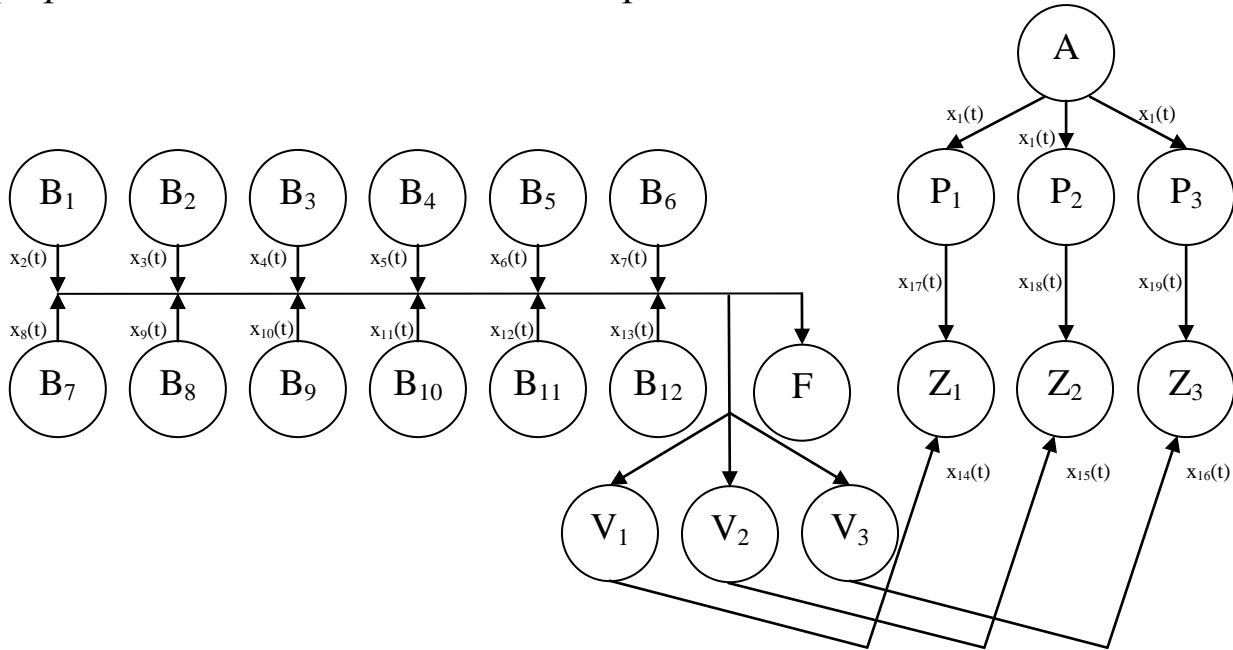


Рис. 5.5. Граф міжавтоматних зв'язків:

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 [14, 65]. У ній внутрішній алфавіт автомата міститься на діагоналі, вхідний – у стовпці, а вихідний – у рядку з іменем автомата.

Структуру матриці алфавітів описаної вище системи зобразимо на рис. 5.6.

	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	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
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. 5.6. Матриця алфавітів

На цьому рисунку P – множина всіх додатних цілих чисел, P₀ – множина всіх додатних цілих чисел із 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:

$$x_1(t) = \begin{cases} 1 \text{ при } a(t) = 1 \\ 0 \text{ при } a(t) > 1 \end{cases} - \text{сигнал набуває одиничного значення, коли у}$$

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

$$x_2(t) = b_1(t);$$

$$x_3(t) = b_2(t);$$

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

Умовні функціонали переходів зобразимо у табл. 5.11.

Таблиця 5.11

Умовні функціонали переходів

№	Автомат	Стан	
		1	2
1	A	$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
		$a(t) - 1$	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}	

1	2	3	
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 подано 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 в 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 в наступний момент часу воно буде реалізацією деякої випадкової величини η .

Якщо правило не містить рядка умови зміни стану, то це означає, що умова виконується завжди. У нашому випадку: значення внутрішнього стану автомата 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 р.): $a(0)=1$, $b_1(0)=4555$, $b_2(0)=3232$, $b_3(0)=2983$, $b_4(0)=463$, $b_5(0)=91$, $b_6(0)=506$, $b_7(0)=353$, $b_8(0)=370$, $b_9(0)=574$, $b_{10}(0)=30$, $b_{11}(0)=146$, $b_{12}(0)=295$, $f(0)=8,237$, $v_1(0)=1632,61$, $v_2(0)=3319,83$, $v_3(0)=1194,35$, $p_1(0)=0$, $p_2(0)=0$, $p_3(0)=0$, $z_1(0)=50310$, $z_2(0)=62134$, $z_3(0)=21778,4$.

Систему розподілених за нормальним законом незалежних випадкових величин подано у табл. 5.12 (на основі аналізу оборотно-сальдових відомостей із рахунків 201 “Сировина й матеріали” та 26 “Готова продукція” за 2006 р.).

Динаміку загального виробництва основної продукції відображено на рис. 5.7, витрат основної сировини – на рис. 5.8, а рівня її запасів – на рис. 5.9. На цих рисунках за одиницю автоматного часу прийнято один день.

Таблиця 5.12

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
ξ_3	2920	35
ξ_4	480	20
ξ_5	90	5
ξ_6	500	10

1	2	3
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



Рис. 5.7. 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 3 270,95 кг), менше – пшеничного борошна вищого ґатунку (у середньому 1 603,48 кг), найменше – житнього борошна (у середньому 1 177,96 кг).

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

Отже, створена ймовірно-автоматна модель дозволяє імітувати динаміку замовлень на продукцію, її виробництва, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини. Її можна автоматизувати за допомогою табличного процесора Microsoft Excel. Отримавши результати проведення ітерацій моделі, фахівці з управління вироб-

ництвом можуть прогнозувати і планувати випуск продукції на певний період часу й обсяги поповнення запасів основної сировини.

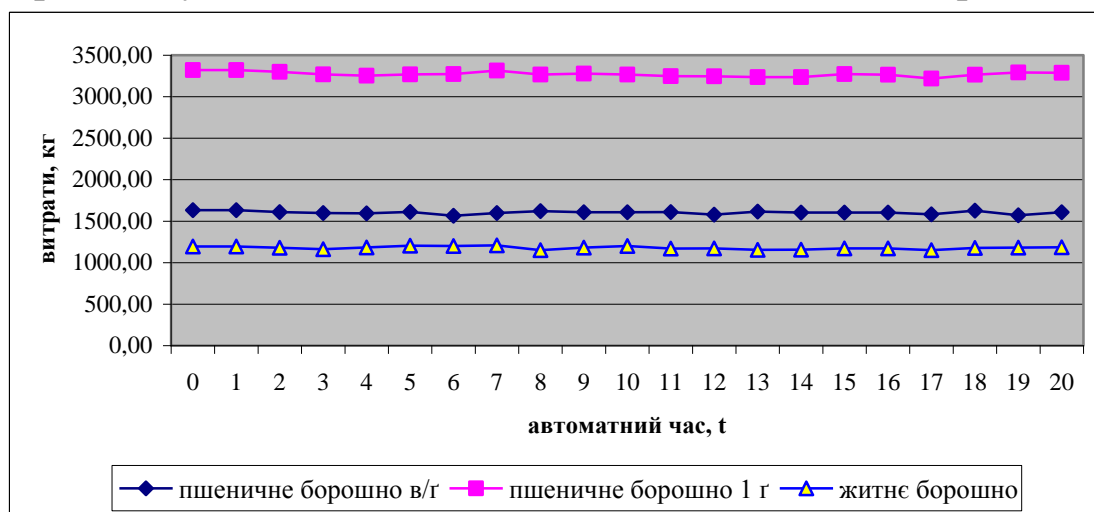


Рис. 5.8. Динаміка витрат основної сировини

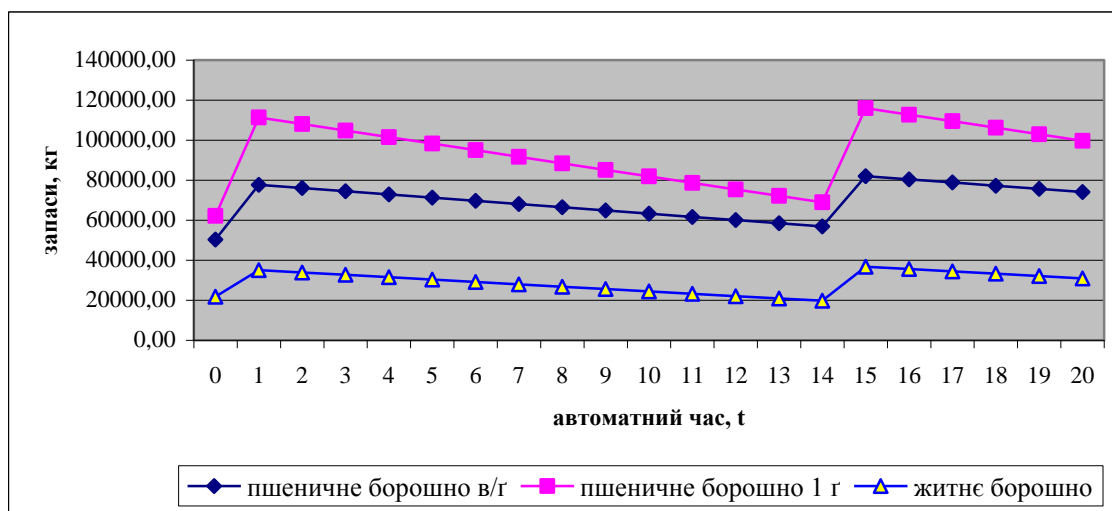


Рис. 5.9. Динаміка рівня запасів основної сировини

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.

Одним із напрямів регуляторної політики держави у сфері виробництва продуктів харчування має бути введення сучасних механізмів спостереження і прогнозування у харчовій промисловості, що дасть змогу оперативно управляти продовольчою безпекою регіонів. А для формування бази даних моніторингових прогнозів потрібно створити табличну базу даних з оцінками якості соціально-економічних прогнозів на підставі наявних моніторингових ефективності прогнозування [15, 247].

Прогнозування випуску основних продовольчих товарів проведемо на загальнодержавному і регіональному рівнях на п'ять років (з 2004-го по 2008-й) на підставі аналізу динамічних рядів за 1995–2003 рр. 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 О. Л. Тоцькою індексного методу;

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.;

б) побудова математичних моделей для найточніших прогнозних значень.

Дані для обчислень візьмемо з офіційних статистичних щорічників.

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 порівняно невеликого масиву інформації [16, 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 [17, 24].

Перед застосуванням цих методів потрібно виявити основну тенденцію динамічних рядів з метою отримання більш-менш рівномірної траєкторії. Одним із 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) [18, 140].

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

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

Аналіз динаміки показників випуску основних продовольчих товарів за 1995–2003 рр. не дає змоги однозначно виявити їхні залежності. Тому ми побудуємо для кожного продукту харчування по чотири вищенаведені 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	$\hat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = a_0 + a_1 t_{n+p} + a_2 t_{n+p}^2,$
експоненційну	$\hat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = e^{a_0 + a_1 t_{n+p}},$
S-криву	$\hat{y}_{n+p} = f(t_{n+p}) = e^{a_0 + a_1 / t_{n+p}},$

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

Щоб знайти a_0, a_1 будемо використовувати метод найменших квадратів, тобто будувати функцію $Q = \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 \rightarrow \min$, яка має таку

економічну інтерпретацію: сума квадратів відхилень фактичних рівнів часового ряду Y_t від відповідних розрахункових значень \hat{Y}_t

(обчислених за формулами $\hat{y}_t = a_0 + a_1 t$, $\hat{y} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$, $\hat{y} = e^{a_0 + a_1 t}$ та $\hat{y} = e^{a_0 + a_1 / t}$ відповідно) має прямувати до мінімуму.

При застосуванні цього методу кожному рівню часового ряду ставиться відповідно одна й 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 $S_1^{[k]}(y) = y_1$ [19, 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 [19, 127]. Оскільки у нашому випадку наявні дев'ять спостережень, то $\alpha = \frac{2}{9 + 1} = 0,2$. Ми ж оберемо 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 згадуваного програмного пакета Statgraphics 2.1.

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. 5.13.

Таблиця 5.13

**Прогнози, отримані
за допомогою екстраполяції тенденції**

№	Товари	Фактичні та прогнозні значення, тис. т					Похибки прогнозів, %					Точність прогнозів	
		2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	Середня		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
в Україні													
1	М'ясо	527,7	621,8	765,95	972,11								
		298,64	250,99	203,34	155,69	108,04	43,41	59,63	73,45	83,98	65,12	незадовільна	
		733,14	946,20	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 ви- роби	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 ма- сло	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	

Продовження табл. 5.13

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

Закінчення табл. 5.13

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

У табл. 5.13 навпроти кожного продукту харчування послідовно у п'яти рядках подамо фактичні, а також прогнольні значення, отримані за допомогою лінійного і квадратичного типів тренду, експоненційної та S-кривої. Зобразимо у ній абсолютні похибки прогнозів, обчислені

за формулою $\frac{y_{n+p} - \hat{y}_{n+p}}{y_{n+p}} \times 100$ (у відсотках фактичних значень за

2004–2007 рр.), та середні абсолютні похибки, обчислені за форму-

лою $\frac{\sum_{p=1}^4 |y_{n+p} - \hat{y}_{n+p}|}{4} \times 100$ (у відсотках фактичних значень за чотири пе-ріоди).

Точність отриманих прогнозних показників визначимо за допомогою ранжування їхніх середніх абсолютних похибок за спеціальною шкалою [20, 10], відображеною на рис. 5.10.

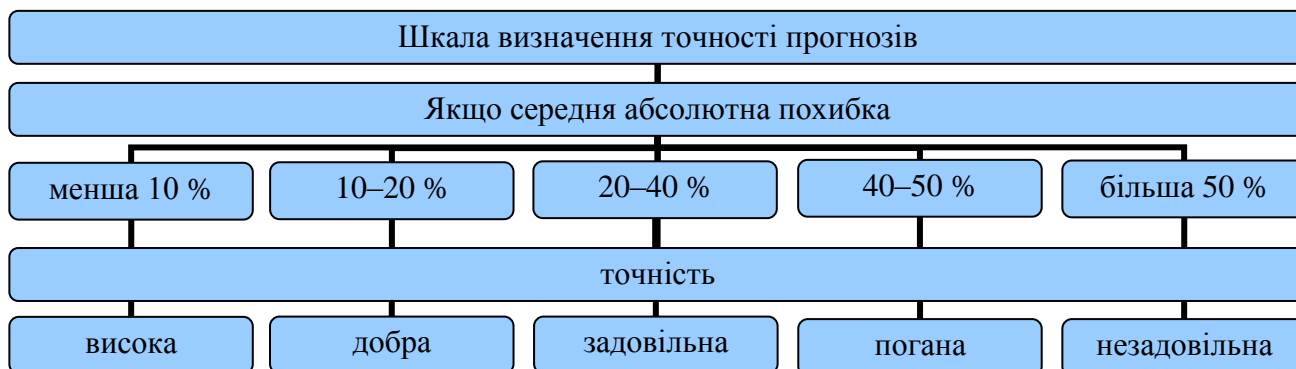


Рис. 5.10. Шкала визначення точності прогнозів

Проаналізувавши табл. 5.13, бачимо:

1) в Україні у 2004 р. лінійний тренд був точнішим, порівняно з іншими залежностями, для двох продовольчих товарів, квадратичний – для трьох, експоненційна крива – для одного, S-крива – для чотирьох; у 2005 р. знову лінійний тренд був більш адекватним для двох продуктів харчування, квадратичний – для трьох, експоненційна крива – для одного, S-крива – для чотирьох;

2) у 2006 р. лінійний тренд був точнішим для трьох видів продукції, квадратичний – для жодного, експоненційна крива – для одного, S-крива – для шести; у 2007 р. лінійний тренд був більш адекватним для трьох харчових продуктів, квадратичний – для одного, експоненційна крива – для двох, S-крива – для чотирьох;

3) загалом лінійний тренд найбільш точний для ковбасних виробів (середня абсолютна похибка – 35,79), тваринного масла (4,80), продукції з незбираного молока (21,71); квадратичний тренд найбільш адекватний для макаронних виробів (12,52);

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

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

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

7) у 2006 р. 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);

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

9) 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;

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

11) експоненційна крива найбільш точна для тваринного масла (11,34) та цукру-піску (22,81); S-крива найбільш адекватна для борошна (8,57) та хліба і хлібобулочних виробів (9,24).

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

м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	$e^{5,92+0,99/t}$,
ковбасні вироби	$207,28 - 0,3t$,
тваринне масло	$168 - 4,8t$,
продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	$809,17 + 26,37t$,
жирні сири (у т. ч. бринза)	$e^{3,70+0,13t}$,
цукор-пісок	$e^{7,43+0,89/t}$,
борошно	$e^{7,97+0,73/t}$,
хліб і хлібобулочні вироби	$e^{7,23+0,65/t}$,
кондитерські вироби	$e^{6,56-1,10/t}$,
макаронні вироби	$233,71 - 26,82t + 1,44t^2$.

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

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

кондитерські вироби

4,09 + 0,32t ,

макаронні вироби

0,57 + 0,84t .

У табл. 5.14 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 5.14

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	
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	

Закінчення табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
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	Хлібі хлібобул. вироби	48,7	46,6	46,5	47,1							
		47,06	47,06	47,06	47,06	47,06	3,37	-0,99	-1,20	0,08	1,41	висока
		49,51	50,74	51,96	53,19	54,41	-1,66	-8,88	-11,74	-12,93	8,80	висока
		52,91	57,52	62,99	69,31	76,47	-8,64	-23,43	-35,46	-47,15	28,67	задовільна
9	Кондитерські вироби	11,0	8,5	8,3	8,8							
		6,66	6,66	6,66	6,66	6,66	39,45	21,65	19,76	24,32	26,29	задовільна
		7,67	8,17	8,68	9,18	9,68	30,27	3,88	-4,58	-4,32	10,76	добра
		8,85	10,53	12,50	14,77	17,33	19,55	-23,88	-50,60	-67,84	40,47	погана
10	Макаронні вироби	9,9	10,2	10,2	10,8							
		7,77	7,77	7,77	7,77	7,77	21,52	23,82	23,82	28,06	24,30	задовільна
		10,58	11,99	13,39	14,80	16,20	-6,87	-17,55	-31,27	-37,04	23,18	задовільна
		12,64	16,10	20,07	24,56	29,57	-27,68	-57,84	-96,76	-127,41	77,42	незадовільна

Проаналізувавши табл. 5.14, бачимо:

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

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

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

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

5) загалом просте експоненційне згладжування найбільш точно 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 точно для макаронних виробів (1,95);

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

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

10) у 2006 р. просте експоненційне згладжування було точнішим для семи видів продукції, лінійне – для двох, квадратичне – для одного; у 2007 р. просте експоненційне згладжування було більш адекватним для шести харчових продуктів, лінійне – для двох, квадратичне – для двох;

11) 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);

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

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

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

м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	$524,75 + 29,70p$,
ковбасні вироби	$267,94 + 27,93p$,
тваринне масло	142,53,
продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	$1288,52 + 121,49p$,
жирні сири (у т. ч. бринза)	$162,06 + 24,63p$,
цукор-пісок	2135,91,
борошно	2961,20,
хліб і хлібобулочні вироби	$2370,80 - 66,16p$,
кондитерські вироби	779,76,
макаронні вироби	$107,15 - 3,61p + \frac{1}{2} \times 1,84p^2$.

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

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

Отже, 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 О. Л. Тоцькою індексний метод прогнозування, який є аналогом прогнозування на основі середньорічного коефіцієнта росту, але відрізняється від нього обчисленням середньої величини за формулою середньої арифметичної, а не середньої геометричної (яка може призвести до істотних прорахунків у разі відчутного коливання ряду [21, 130]) та вираженням у відсотках. Відмінності цих методів відображено у табл. 5.15.

Таблиця 5.15

Відмінності у методах прогнозування на основі середньорічного коефіцієнта росту та індексів

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

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. 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: обчислення індивідуальних ланцюгових індексів часового ряду; знаходження середнього індексу за весь період шляхом ділення суми індексів на їхню кількість; знаходження прогнозу на кожен наступний період, перемноживши останній показник часового ряду і частку від ділення середнього індексу на 100, піднесену до сте-

пеня, який відповідає горизонту прогнозування (або 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 в табл. 5.16 подамо фактичні значення, а також розраховані за описаним вище алгоритмом середні індекси та прогнозні значення. У ній також зобразимо абсолютні та середні абсолютні похибки прогнозів і визначимо їхню точність.

Таблиця 5.16

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	527,7 547,37	621,8 527,50	765,95 508,34	972,11 489,88	472,09	-3,73	15,17	33,63	49,61	25,53	задов.
2	Ковб. вироби	102,60	332,0 297,54	309,0 305,27	301,0 313,20	330,0 321,34	329,69	10,38	1,21	-4,05	2,63	4,57	висока
3	Тваринне масло	96,88	116,0 143,38	120,0 138,90	104,0 134,57	100,0 130,36	126,29	-23,60	-15,75	-29,39	-30,36	24,78	задов.
4	П-ція з незб. молока	102,65	1277,9 1343,73	1464,8 1379,37	1447,7 1415,97	1507,8 1453,53	1492,09	-5,15	5,83	2,19	3,60	4,19	висока
5	Жирні сири	113,74	224,0 192,22	274,0 218,63	217,0 248,66	246,0 282,82	321,68	14,19	20,21	-14,59	-14,97	15,99	добра
6	Цукор-пісок	97,42	2147,0 2421,82	2139,0 2359,30	2592,0 2298,40	1867,0 2239,06	2181,26	-12,80	-10,30	11,33	-19,93	13,59	добра
7	Борошно	92,47	2948,0 2606,85	2931,0 2410,67	2655,0 2229,25	2908,0 2061,48	1906,34	11,57	17,75	16,04	29,11	18,62	добра
8	Хлібобул. вироби	93,82	2307,0 2277,04	2264,0 2136,35	2151,0 2004,36	2034,0 1880,51	1764,32	1,30	5,64	6,82	7,55	5,33	висока
9	Конд. вироби	114,09	554,0 981,19	568,0 1119,47	544,0 1277,23	585,0 1457,22	1662,57	-77,11	-97,09	-134,78	-149,10	114,52	незадов.
10	Макар. вироби	92,10	99,7 98,55	104,0 90,77	107,0 83,60	107,0 77,00	70,92	1,15	12,72	21,87	28,04	15,95	добра
на Волині													
1	М'ясо	96,86	19,8 15,59	22,2 15,10	26,8 14,63	31,4 14,17	13,72	21,24	31,97	45,41	54,88	38,37	задов.
2	Ковб. вироби	123,39	17,0 17,03	13,9 21,01	15,1 25,93	17,3 31,99	39,48	-0,17	-51,16	-71,70	-84,93	51,99	незадов.
3	Тваринне масло	97,29	3,7 3,89	4,3 3,79	4,3 3,68	5,3 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 37,18	40,9 42,15	24,6 47,78	29,7 54,16	61,39	-0,22	-3,05	-94,21	-82,35	44,96	погана
5	Жирні сири	124,84	8,7 7,99	8,5 9,97	5,5 12,45	8,2 15,55	19,41	8,16	-17,35	-126,42	-89,59	60,38	незадов.

Закінчення табл. 5.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
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, бачимо, що:
в Україні

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

– у 2005 р. 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 р. висока точність прогнозів була характерна для трьох харчових продуктів, добра – для трьох, задовільна – для трьох, погана – для жодного і незадовільна – для одного;

– у 2007 р. 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 р. 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 р. висока точність прогнозів була характерна для трьох харчових продуктів, добра – для двох, задовільна – для двох, погана – для жодного і незадовільна – для трьох;

– у 2006 р. 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 р. 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 (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії)	$568 \times \left(\frac{96,37}{100} \right)^p$,
	$16,1 \times \left(\frac{96,86}{100} \right)^p$,
ковбасні вироби	$290 \times \left(\frac{102,60}{100} \right)^p$,
	$13,8 \times \left(\frac{123,39}{100} \right)^p$,
тваринне масло	$148 \times \left(\frac{96,88}{100} \right)^p$,
	$4,0 \times \left(\frac{97,29}{100} \right)^p$,
продукція з незбираного молока (у перерахунку на молоко)	$1309 \times \left(\frac{102,65}{100} \right)^p$,
	$32,8 \times \left(\frac{113,36}{100} \right)^p$,
жирні сири (у т. ч. бринза)	$169 \times \left(\frac{113,74}{100} \right)^p$,
	$6,4 \times \left(\frac{124,84}{100} \right)^p$,
цукор-пісок	$2486 \times \left(\frac{97,42}{100} \right)^p$,
	$223,2 \times \left(\frac{124,31}{100} \right)^p$,

борошно	$2819 \times \left(\frac{92,47}{100} \right)^P$,
	$74,8 \times \left(\frac{93,82}{100} \right)^P$,
хліб і хлібобулочні вироби	$2427 \times \left(\frac{93,82}{100} \right)^P$,
	$49,2 \times \left(\frac{98,04}{100} \right)^P$,
кондитерські вироби	$860 \times \left(\frac{114,09}{100} \right)^P$,
	$8,2 \times \left(\frac{114,55}{100} \right)^P$,
макаронні вироби	$107 \times \left(\frac{92,10}{100} \right)^P$,
	$10,4 \times \left(\frac{133,75}{100} \right)^P$.

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

Зазначимо, що останнім часом поряд із традиційними методами прогнозування соціально-економічних показників (екстраполяція тенденції, експоненційне згладжування Брауна) все більшого поширення набуває використання нейронних мереж, які належать до систем штучного інтелекту. Адже сфера їхнього застосування надзвичайно велика: виявлення фальшивих кредитних карток, прогнозування змін на фондовій біржі, укладення кредитних планів, оптичне розпізнавання символів, профілактика та діагностика захворювань людини, спостереження за технічним станом машин і механізмів, автоматичне управління рухом автомобіля, прийняття рішень під час посадки по-

шкодженого літального апарата [22, 15], апроксимація функцій, дослідження асоціативної пам'яті, стиснення даних, класифікація об'єктів, розв'язування оптимізаційних задач, керування складними процесами, прогнозування, створення нейрокомп'ютерів [23, 12] тощо.

Особливостям використання нейронних мереж присвятили свої дослідження такі вітчизняні науковці, як Є. В. Бодяньський, 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, а також зарубіжні вчені Р. Каллан, С. Осовський та багато інших. За їх допомогою науковці проводили моделювання інноваційного розвитку трудових ресурсів агропромислового виробництва, багатомірне прогнозування економічних показників, класифікацію банків, прогнозування значень курсу цінного папера і знака зміни котирування, діагностику банкрутства банківських установ України тощо.

Перевагами нейромережного аналізу є:

- 1) відсутність обмежень на характер вхідної інформації (на відміну від класичних підходів);
- 2) здатність знаходити оптимальні індикатори та будувати за ними оптимальну для часового ряду адаптивну стратегію передбачень (на відміну від регресійних моделей та методів теханалізу, заснованих на загальних рекомендаціях);
- 3) наявність потужного математичного апарату, який може бути застосований як універсальний відтворювач складних нелінійних функціональних залежностей і дає змогу 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 [24, 67].

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

Взаємодія нейронів відбувається так:

- 1) при збудженні нейрон посилає по своєму аксону сигнал;
- 2) цей сигнал через синапси передається іншим нейронам;
- 3) вони, у свою чергу, також збуджуються або, навпаки, загальмовуються.

Зазначимо, що нейрон збуджується у тому випадку, коли сумарний рівень сигналів, які надійшли до нього, перевищує певний рівень (порог 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: $s_i = +1$ – збудження, $s_i = -1$ – спокій.

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

$$Y = f(s) \quad [25, 601].$$

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

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

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

Велика кількість нейронів та міжнейронних зв'язків призводить до того, що помилка в роботі окремого нейрона залишається непомітною у загальній кількості взаємодіючих клітин. Тобто нейронна мережа є стабільною мережею, в якій окремі збої не впливають вагомо на результати її функціонування. Це і є головною відмінністю мережі від звичайних електронних систем, створених людиною [26, 20].

Найбільш поширеною моделлю нейронної мережі є багат шаровий персептрон. У такій моделі перший шар нейронів слугує для введення вхідних сигналів, останній – для виведення вихідних сигналів, а внутрішні (один або декілька) – для обробки вхідної інформації та збереження інформації про внутрішню структуру об'єкта, 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 [27, 161].

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

Розрізняють такі стратегії навчання:

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

2) *навчання без учителя* (англ.: unsupervised learning) – підбір вагових коефіцієнтів у цьому випадку проводиться або на основі конкуренції нейронів між собою (стратегії “Winner Takes All – WTA” (“Переможець отримує все”) чи “Winner Takes Most – WTM” (“Переможець отримує більше”)), або з урахуванням кореляції навчаючих та вихідних сигналів (навчання за Хеббом). При цьому підході на етапі адаптації нейрона неможливо прогнозувати його вихідні сигнали [26, 25].

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

Отже, проведемо нейромережне прогнозування випуску основних продуктів харчування в Україні та на Волині на 2004–2008 рр. на основі інформації за 1995–2003 рр. Дані для обчислень візьмемо з офіційних статистичних щорічників. 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.

Оскільки під час прогнозування 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. 5.11.

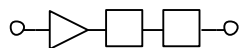


Рис. 5.11. Архітектура нейронної мережі

На рис. 5.11 зображено багатошаровий персептрон із 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 р. резервуватиметься для побудови прогнозу на першому кроці, навчальна вибірка складатиметься з інформації за 1996–2002 рр. (всього сім спостережень), контрольну вибірку становитимуть дані за 2003 р., а тестова вибірка міститиме значення за 2004–2007 рр. Тобто прогнозування відбуватиметься так: мережа обробить початковий набір значень 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 р. було максимально наближеним до фактичного значення за цей період. На основі отриманої найкращої мережі будуватимуться прогнозні дані на 2004–2008 рр., які порівнюватимуться з наявними фактичними за цей період.

У табл. 5.17 навпроти кожного виду продукції подамо фактичні значення, а також прогнозні, отримані за допомогою проведеного на-

вчання нейронної мережі. Також у ній також зобразимо абсолютні та середні абсолютні похибки прогнозів і визначимо точність отриманих прогнозних показників.

Таблиця 5.17

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	
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
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, бачимо, що:
в Україні

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

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

– у 2006 р. висока точність прогнозів була характерна для одного харчового продукту, добра – для двох, задовільна – для шести, погана – для жодного і незадовільна – для одного;

– у 2007 р. висока точність прогнозів була характерна ні 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 р. 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 р. висока точність прогнозів була характерна для одного харчового продукту, добра – для двох, задовільна – для двох, погана – для одного і незадовільна – для чотирьох;

– у 2006 р. висока точність прогнозів була характерна для одного, добра – для одного виду продукції, задовільна – для чотирьох, погана – для двох і незадовільна – для двох;

– у 2007 р. 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.

Отже, на основі нашого дослідження можна зробити такі висновки:

1) за 2004–2007 рр. 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 р. відбулося 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,

$290 \times \left(\frac{102,60}{100}\right)^p$ – для ковбасних виробів, $168 - 4,8t$ – для тваринного

масла, $1309 \times \left(\frac{102,65}{100}\right)^p$ – для продукції з незбираного молока,

$162,06 + 24,63p$ – для жирних сирів, $2135,91$ – для цукру-піску, $2961,20$ – для борошна, $2370,80 - 66,16p$ – для хліба і хлібобулочних виробів,

$e^{6,56 - 1,10/t}$ – для кондитерських виробів, $107,15 - 3,61p + \frac{1}{2} \times 1,84p^2$ –

для макаронних виробів;

б) для Волині найбільш адекватними моделями виробництва продовольчої продукції є: $15,58 + 2,09p + \frac{1}{2} * 0,74p^2$ – 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 в Україні та у Волинській області, отримані за допомогою нейронних мереж, поступаються оцінкам, отриманим іншими методами. Причому їхня точність із часом зменшується, що можна пояснити недостатньою кількістю членів динамічних рядів, оскільки використання нейронних мереж потребує їхньої значної кількості для поділу на навчальну та контрольну вибірки.

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 змінилося: 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 рр. показав, що одну групу становлять такі основні продукти харчування, як м'ясо (у т. ч. субпродукти 1-ї категорії), ковбасні вироби, тваринне масло, продукція з незбираного молока, жирні сири (у т. ч. бринза), кондитерські та макаронні вироби. В іншу групу входять цукор-пісок, борошно та хліб і хлібобулочні вироби, на випуску яких доцільно зосередити свою увагу вітчизняній економіці й 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 – взаємооберненою), але за обсягами їхнє виробництво може відрізнятися між собою;

4) хоча кластерний та факторний аналізи випуску продовольчої продукції в Україні та Волинській області проводилися на основі од-

них і тих самих даних (за 1995–2007 рр.), 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 потрапляти у різні групи;

5) для вирішення оптимізаційного завдання 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, перебувають у межах 5 %;

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

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

9) для визначення тенденції у випуску продуктів харчування на короткостроковий період (1 рік) потрібно використовувати розроблений автором індексний метод прогнозування, який дає кращі результати, порівняно з класичними методами, а також метод нейронних мереж;

10) 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.

Подальші наукові дослідження у сфері економіко-математичного моделювання випуску продукції 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 імовірісно-автоматній моделі більшої кількості автоматів, які відображатимуть інші аспекти діяльності підприємства.

5.4. Факторний аналіз ефективності диверсифікації інновацій на підприємствах харчової промисловості України

Для успішного впровадження інновацій на підприємстві потрібно забезпечити ефективне управління інноваційним процесом на кожній стадії його виконання: наука – дослідження – розробка – виробництво – споживання. Для цього необхідно: вибрати ефективну технологію, найкращу організаційну форму; створити організаційний клімат, який би сприяв нововведенням; забезпечити стимулювання робітників, вибір кращих потенційно успішних проектів; вирішити проблему передачі технології, взаємодії науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (НДДКР) та маркетингу [37, 43].

Інновація у своєму розвитку і життєвому циклі змінює форми, просуваючись від ідеї до провадження. Протікання інноваційного, як і будь-якого іншого процесу, обумовлено складною взаємодією багатьох факторів. Застосування в підприємницькій практиці тої чи іншої форми організації інноваційних процесів визначають три фактори:

- стан зовнішнього середовища (тип ринку, характер конкурентної боротьби, практика державно-монополістичного регулювання і т. д.);
- стан внутрішнього середовища певної господарської системи (фінансові і матеріально-технічні ресурси; технології, що використовуються; розміри, організаційна структура, внутрішня культура організації; зв'язки із зовнішнім середовищем і т. д.);
- специфіка самого інноваційного процесу як об'єкта управління [38, 5–6].

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

10. Костіна Н. Застосування автоматних моделей для прогнозування податкових надходжень / Н. Костіна, Л. Тарангул, С. Сучок // Економіст. – 2002. – № 2. – С. 36–39.
11. Костіна Н. І. Оптимізація кількості комерційних банків на основі ймовірно-автоматної моделі / Н. І. Костіна, С. В. Сучок // Актуальні проблеми економіки. – 2005. – № 2. – С. 128–139.
12. Костіна Н. І. Менеджмент: перспективні інформаційні технології / Н. І. Костіна, В. М. Антонов, В. Т. Білоус. – Ірпінь : Нац. акад. держ. податкової служби України, 2002. – 374 с.
13. Костіна Н. Прогнозування надходження готівкових грошей до установи комерційного банку / Н. Костіна, П. Черняхівська // Банк. справа. – 2000. – № 1. – С. 17–20.
14. Бакаев А. А. Имитационные модели в экономике / А. А. Бакаев, Н. И. Костина, Н. В. Яровицкий. – К. : Наук. думка, 1978. – 304 с.
15. Твердохліб І. П. Економіко-статистичне оцінювання точності прогнозів соціально-економічних процесів / І. П. Твердохліб // Проблеми економічної кібернетики : тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф. (Львів, 3–5 жовт. 2007 р.). – Л. : ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – С. 247–248.
16. Грабовецький Б. Є. Економічне прогнозування і планування : навч. посіб. / Б. Є. Грабовецький. – К. : Центр навч. л-ри, 2003. – 188 с.
17. Письменная А. Б. Основы прогнозирования экономических процессов : учеб. пособие / А. Б. Письменная. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2001. – 52 с.
18. Статистика : підручник / [С. С. Герасименко та ін.]. – К. : КНЕУ, 1998. – 468 с.
19. Лук'яненко І. Г. Економетрика : практикум з використанням комп'ютера / І. Г. Лук'яненко, Л. І. Краснікова. – К. : Т-во “Знання”, КОО, 1998. – 220 с.
20. Черняк О. І. Динамічна економетрика : навч. посіб. / О. І. Черняк, А. В. Ставицький. – К. : КВІЦ, 2000. – 120 с.
21. Статистика: теоретичні засади і прикладні аспекти : навч. посіб. / Р. В. Фещур, А. Ф. Барвінський, В. П. Кічор та ін. ; за наук. ред. Р. В. Фещура. – 2-е вид., оновл. і допов. – Л. : Інтеллект-Захід, 2003. – 576 с.

22. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей : пер. с англ. / Р. Каллан. – М. : Изд. дом “Вильямс”, 2001. – 288 с. : ил. – Парал. тит. англ.
23. Руденко О. Г. Штучні нейронні мережі : навч. посіб. / О. Г. Руденко, Є. В. Бодянський. – Х. : ТОВ “Компанія СМІТ”, 2006. – 404 с.
24. Матвійчук А. В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки : монографія / А. В. Матвійчук. – К. : ЦНЛ, 2005. – 206 с.
25. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере : для профессионалов / В. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с. : ил.
26. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации : пер. с пол. / С. Осовский. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 344 с. : ил.
27. Матвійчук А. В. Аналіз і управління економічним ризиком : навч. посіб. / А. В. Матвійчук. – К. : ЦНЛ, 2005. – 224 с.