

Вибір статистичних методів прогнозування виробництва продукції

Розглянуто питання використання економіко-математичних методів щодо прогнозування обсягів виробництва продукції в умовах невизначеності. Прогнозування попиту на продукцію здійснено із застосуванням розподілу продукції за групами в залежності від попиту. Аналіз методів прогнозування: проста середня, ковзна середня, зважена ковзна середня та експоненційне згладжування – дозволив встановити залежність значень прогнозу від величини інтервалу згладжування. Застосування методів прогнозування розглянуто на прикладі обробки статистичних даних підприємства по виготовленню овочевих консервованих продуктів. Порівняння точності прогнозу за цими методами здійснено в результаті розрахунку довірчого інтервалу в залежності від періоду усереднення. Наведено рекомендації щодо найбільш сприятливих умов застосування розглянутих методів.

In the article the questions of the usage of economical and mathematical methods for prediction of the quantities of production in the conditions of the indetermination. For the prediction of the demand the production is separated onto the groups depending of the demand. The analysis of the methods of prediction – the simple mean, the sliding mean and exponential. The usage of these methods is considered on the example of statistical data processing of the plant's activity of producing the vegetable canned goods. The recommendations of the most propitious conditions of the usage of the considered methods are given.

Загальна постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними задачами

В умовах переходу економіки на ринкові відношення у керівників різних рівнів для планування виробництва продукції виникає потреба отримання прогнозу щодо стану попиту на продукцію.

Взагалі виробництву притаманний комплекс різних економічних та організаційних факторів, які мають імовірний характер, а встановити природу їх походження немає можливості. В таких випадках для управління виробництвом необхідно застосовувати математичні моделі, побудова яких здійснюється із застосуванням різних математичних методів, в тому числі теорії імовірності та математичної статистики [1]. В інформаційно-управляючих системах (ІУС) підприємств (або, за старою термінологією, автоматизованих системах управління підприємством – АСУП), що відповідають стандартам MRPII/ERP [2; 3; 4], одним із перших модулів у технологічному ланцюжку управління є модуль “Прогнозування попиту”. Будь-яке прогнозування базується, перш за все, на статистичних даних. Але зараз в умовах економічної перебудови економіки підприємства ще не мають достатнього обсягу статистичних даних, які б гарантували достовірність

вибірки [5] для визначення законів їх розподілення і створення моделі виробничого процесу. Тому для прийняття рішень при плануванні виробництва треба проводити аналіз щодо вибору методів прогнозування, виходячи із структури і вмісту статистичних даних. Аналіз літературних джерел [6; 7; 8] свідчить про неоднозначність підходу до вибору критеріїв вибору методів прогнозування. Тому дослідження вибору доцільних методів прогнозування виробництва в залежності від конкретних ситуацій є актуальними.

Огляд публікацій

З появою у 60-х роках прогнозування як наукового методу передбачення подій у суспільстві та економіці цей метод став застосовуватися як у колишньому СРСР [7; 8; 9], так і за кордоном [10; 11], що привело до його подальшого розвитку, а також виявлення нових сфер практичного застосування.

Так, Е.М. Четиркін [7] розглядає статистичні методи прогнозування економічних показників, використання трендів та регресій, оцінку параметрів різного роду кривих. На прикладі розрахунку показників врожайності встановлено ступінь оновлення адаптивної ковзної, а застосування ковзних середніх дозволяє виявити тенденцію розвитку процесу, як експоненціальна сере-

дня адаптується до нових умов та інше.

Н.І. Діденко [9] застосовує методи прогнозування для визначення потреби матеріальних ресурсів у груповій номенклатурі, бо використання інформації про потребу матеріалів у специфікованому вигляді робить цю задачу важко розв'язуваною.

Таким чином, існуючі методи прогнозування досить повно викладену [7-11], і тому у цій статті вони розглядаються лише у тій мірі, в якій це сприяє їх аналізу при виборі параметрів прогнозування виробничих процесів.

Метою дослідження є вибір методу прогнозування для визначення обсягів виробництва на

майбутній період.

Результати дослідження

Аналіз статистичних даних попиту на продукцію одного з овочепереробних підприємств дозволив встановити, що часові ряди, в залежності від типу продукції, мають різні властивості: одна продукція (тип **A**) має періодичний попит протягом року; друга (тип **B**) – має тенденцію зростати або зменшуватися, а третя (C) – має стійкий попит. Початкові дані реалізації продукції різних типів представлено у табл. 1 і на діаграмі (рис. 1).

Таблиця 1

Статистичні дані реалізації продукції

Місяці	Тип А	Тип В	Тип С
1	65	20	85
2	70	32	90
3	65	15	87
4	55	45	92
5	25	32	85
6	10	60	87
7	12	25	90
8	15	50	90
9	20	65	88
10	35	45	85
11	47	60	90
12	62	68	84

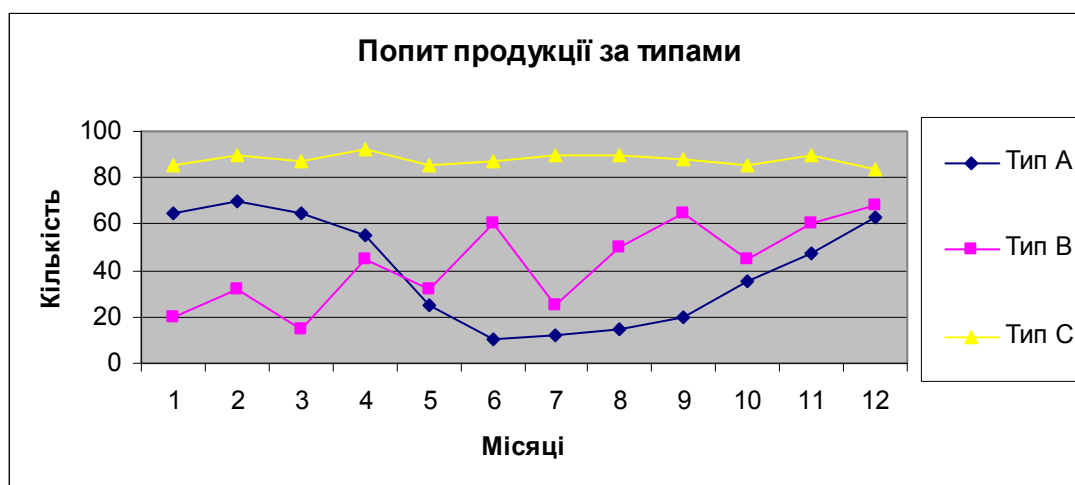


Рис. 1. Діаграма реалізації продукції за типами

З цього випливає, що статистичні дані, які характеризують попит цих типів продукції, навіть на одному підприємстві вимагають застосування різних методів прогнозування.

Так, для продукції **С**, значення попиту на яку коливається навколо якоїсь середньої величини, застосовуємо метод простих середніх та ковзних середніх, для продукції **В**, що має тенденцію збільшуватися (або зменшуватися), – метод адаптивного згладження та метод зваженої середньої, а для продукції **А** – експоненційного згладження.

Значення прогнозу за методом простих середніх визначається за формулою (1):

$$y_t = \frac{y_{t-1} + y_t}{m}, \quad (1)$$

де y_{t-1} – фактичне значення перемінної за попередній період; y_t – фактичне значення перемінної на момент часу t ; m – кількість періодів усереднення (інтервал згладжування).

Цей метод дозволяє згладити як випадкові, так і періодичні коливання і таким чином виявити тенденцію розвитку процесу.

За допомогою другого методу – ковзних середніх – здійснюється заміна фактичних значень статистичного ряду середніми, які розраховуються за певний інтервал згладжування (m). Оскільки ці дані мають значно меншу розбіжність, ніж початкові дані, то це дозволяє при згладжуванні періодичних або випадкових коливань виявити тенденцію розвитку.

Розрахунок прогнозу на момент t за методом ковзної середньої виконується за формулою (2) [7]:

$$\bar{y}_t = \bar{y}_{t-1} + \frac{y_t + p - y_{t-p} - (p+1)}{m}, \quad (2)$$

де \bar{y}_t – значення змінної середньої на момент часу t ; \bar{y}_{t-1} – значення змінної середньої на по-

передній момент часу $t - 1$; y_t – фактичне значення перемінної у момент часу t ; y_{t-1} – фактичне значення перемінної у момент часу $t - 1$; i – номер рівня ряду; p – кількість інтервалів згладжування ліворуч та праворуч від моменту t ; m – інтервал згладжування для непарної кількості інтервалів згладжування $m = 2p + 1$.

Розрахунок прогнозу за цими методами дозволив побудувати діаграму (рис. 2). З цієї діаграми видно, що розрахунок за методом простої середньої дозволяє згладити випадкові та періодичні коливання, а також виявити тенденцію розвитку процесу.

Треба відмітити, що зростання інтервалу згладжування при зростанні m від 2 до 5 дозволяє зменшити відхилення коливання. Причому якщо фактичні дані мають середнє значення $\bar{y} = 87,75$, а інтервал початкових значень коливається від 84 до 92, то прогнозування за методом простої середньої дозволяє отримати прогнозований ряд, який має середнє значення від 88,03 до 88,13 в залежності від значення m , але завдяки зменшенню абсолютного відхилення $|y_i - \bar{y}|$ дає можливість отримати 95%-й довірчий інтервал від 87,14 і 88,14 до 87,84 і 88,41. Саме при $m = 5$ згладжування за методом простої середньої є найліпшим, бо середнє значення ряду дорівнює 88,13 при 95%-му довірчому інтервалі від 87,84 до 88,41. На діаграмі рис. 2 лінія прогнозованого ряду при $m = 5$ майже пряма.

Залежність довірчого інтервалу прогнозу за методом простої середньої від періоду усереднення представлено на рис. 3, з якого видно, що при збільшенні періоду усереднення довірчий інтервал зменшується і саме при $m = 5$ він має найменше значення. Це свідчить про зменшення інтервалу значень прогнозованої оцінки, тобто значення прогнозу стане більш точним.

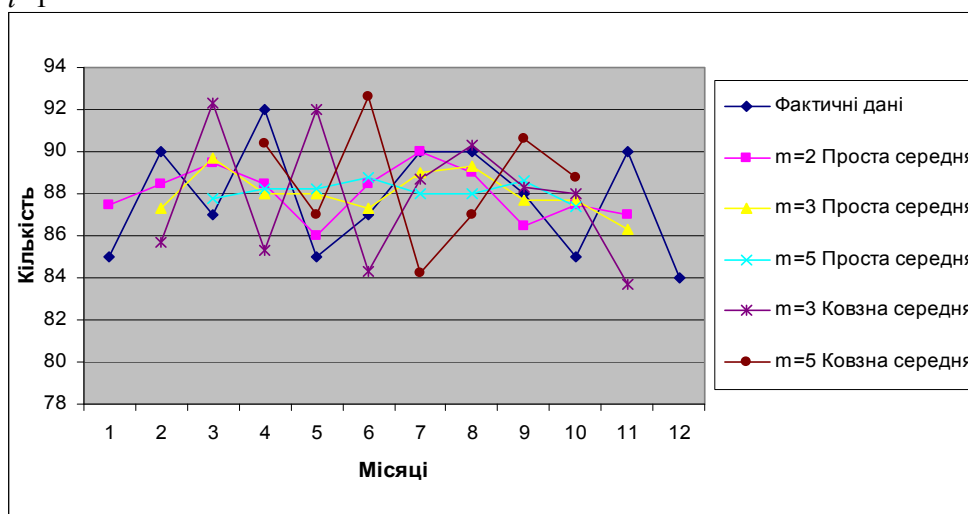


Рис. 2. Діаграма прогнозування попиту продукції за методом простої середньої та ковзної середньої

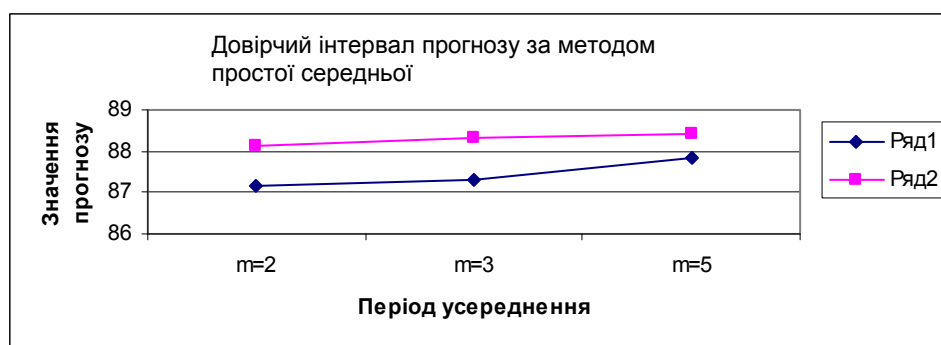


Рис. 3. Залежність довірчого інтервалу прогнозу за методом простої середньої в залежності від періоду усереднення

До статистичних даних цього типу продукції можна застосувати розрахунок прогнозу за методом ковзної середньої, який виконується за формулою (2) [7].

Якщо попередня формула (1) враховувала просте середнє значення періоду усереднення, то, як видно з формули (2), значення змінної середньої на момент часу t складається з двох частин: значення змінної середньої \bar{y}_{t-1} за попередній момент часу $t-1$ та поправки за інтервал згладжування $m = 2p + 1$. За допомогою цієї формули поступово розраховується середнє значення для першого рівня y_1 , а потім для наступних m рівнів. Внаслідок цього інтервал згладжування, для якого підраховується середня, ковзить по динамічному ряду. А прийняття значення m непарним дозволяє при застосуванні методу ковзної середньої розрахункове значення змінної середньої отримати у центрі інтервалу згладжування.

Розрахунок за методом ковзної середньої, формула (2), дав такі результати:

- при $m = 3$ отримано прогноз, який має середнє значення 87,87, а довірчий інтервал від 85,55 до 90,19;
- при $m = 5$ отримано прогноз, який має середнє значення 88,83, а довірчий інтервал – від 86,56 до 91,09.

Аналіз даних розрахунку прогнозу, а також діаграми рис. 2 дозволяє зробити висновок, що як при $m = 3$, так і при $m = 5$ хвилястість ряду, отриманого за методом ковзної середньої, значно більша хвилястості ряду прогнозу, отриманого за методом простої середньої. А довірчий інтервалу прогнозу за методом ковзної середньої (рис. 4) значно більше довірчого інтервалу прогнозу за методом простої середньої (див. рис. 3).

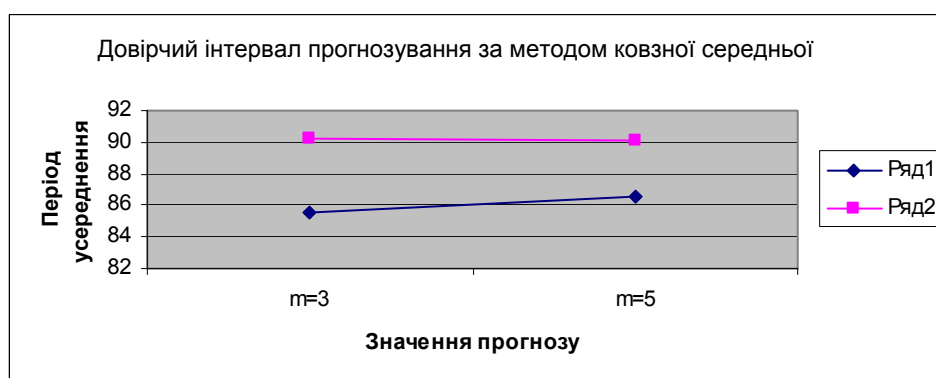


Рис. 4. Залежність довірчого інтервалу прогнозу за методом ковзної середньої від періоду усереднення

Таким чином, у даному випадку прогнозування попиту продукції, що має стійку реалізацію, значення якої коливається навколо якоїсь середньої величини, доцільніше виконати за методом простих середніх, бо цей метод дає найбільш точний прогноз з найменшим довірчим інтервалом.

Тепер розглянемо застосування методу зваженої ковзної середньої для прогнозування попиту продукції **В**.

Застосування цього методу викликано тим, що розрахунок за методом зваженої ковзної середньої, що здійснюється за формулою (2), передбачає призначення всім рівням ряду, які входять до активної дільниці, однакової ваги, тоді як для розрахунку дуже важливо враховувати останні значення. За методом зваженої ковзної середньої кожний рівень у межах інтервалу згладжування отримує вагу в залежності від його відстані до середини інтервалу згладжування. Це викликано тим, що вирівнювання за методом простої середньої проводиться по прямій (поліному першого порядку), а при згладжуванні за методом зваженої ковзної середньої використовуються поліноми більш вищих (частіше за все другого або третього) порядків. Розрахунок зважених ковзних середніх здійснюється за формулами (5), (6) (7) [7]:

$$\text{при } m = 5 \bar{y}_t = \frac{1}{35}(-3 y_{t-2} + 12 y_{t-1} + 17 y_t + 12 y_{t+1} - 3 y_{t+2}); \quad (5)$$

$$m = 7 \bar{y}_t = \frac{1}{21}(-2 y_{t-3} + 3 y_{t-2} + 6 y_{t-1} + 7 y_t + 6 y_{t+1} + 3 y_{t+2} - 2 y_{t+3}); \quad (6)$$

$$m = 9 \bar{y}_t = \frac{1}{231}(-21 y_{t-4} + 14 y_{t-3} + 39 y_{t-2} + 54 y_{t-1} + 59 y_t + 54 y_{t+1} + 39 y_{t+2} + 14 y_{t+3} - 21 y_{t+4}). \quad (7)$$

Оскільки цей метод передбачає заміну центрального члена кожного m рядів, то для p початкових та кінцевих рівнів значення не може бути підрахованим. Тобто при використанні зваженої ковзної середньої при значенні інтервалу згладжування $m = 5$ губляться два перших і останніх рівні, а при $m = 7$ – три перших і три останніх рівні. Тому ряд ковзних середніх коротший за перший ряд на $2p$ рівнів, що приводить до втрати інформації, особливо останньої, тобто нової.

Дані згладжування динамічного ряду реалізації овочевих консервованих продуктів за методом ковзної середньої наведені у табл. 2.

Отримані розрахункові значення y_t при $m = 5$ все таки мають значне коливання, але повторне згладжування при $m = 7$ дозволяє отримати середню другого порядку, яка має значно менші коливання. Отримання середньої третього порядку вимагає збільшення даних динамічного ряду, бо при наявності 12 статистичних даних ряду цей метод дозволяє отримати всього чотири розрахункові значення, що звичайно не вирішує проблеми прогнозування.

У зв'язку з тим, що метод ковзної середньої враховує і стару, і нову інформації рівноважними тоді як для прогнозування дуже важливою є нова інформація, а застосування зважених ковзних середніх вимагає наявності великої кількості статистичних даних ряду, то більш вдалим є застосування різновиду методу ковзної середньої – методу адаптивної ковзної середньої, який виконується за формулою (8) [7]:

$$M_t = M_{t-1} + \frac{y_t - y_{t-m}}{m}, \quad (8)$$

де M_t – значення адаптивної ковзної середньої на момент часу t ; M_{t-1} – значення адаптивної ковзної середньої на момент часу $t - 1$; y_t – фактичне значення перемінної; i – номер рівня статистичного ряду.

Розрахунок за цією формулою передбачає заміну не центрального члена інтервалу усереднення, а його останнього члена.

Аналіз формули (8) показує, що ковзна середня на момент t дорівнює змінній середній (M_{t-1}) за попередній момент часу $t - 1$ плюс деяка поправка, яка адаптує середню до нових умов. Цей другий елемент визначається різницею $y_t - y_{t-m}$ із вагою $1/m$, але зсунуте на p кроків праворуч. Середня з кожним кроком оновлюється за рахунок нової інформації про фактичний процес, а ступінь оновлення визначається вагою, яка дорівнює $1/m$.

Як показали розрахунки за методом адаптивної ковзної середньої, при збільшенні інтервалу згладжування m значення поправки при всіх інших рівних умовах падає.

Результати розрахунку за цим методом представлено у табл. 2 та відображено на діаграмі рис. 5. Як видно з діаграми, найближче до фактичного процесу знаходиться графік із періодом усереднення $m = 5$ і підтверджено розрахунком з використання формул (5), (6) та (7), за допомогою яких виконано згладжування динамічного ряду попиту продукції і отримано прогнозовані ряди, обробка яких дозволила отримати параметри, які представлено у табл. 3.

Таблиця 2

Розрахунок прогнозу реалізації овочевих консервованих продуктів методом зваженої ковзної середньої та адаптивної ковзної середньої

Місяць	t	Фактичне значення y	Зважена ковзна середня $m = 5$	Зважена ковзна середня $m = 7$	Зважена ковзна середня $m = 9$	Адаптивна ковзна $m = 3$	Адаптивна ковзна $m = 5$	Адаптивна ковзна $m = 7$
Січень	1	20						
Лютий	2	32				26,00	22,33	29,00
Березень	3	15	29,23			24,33	27,33	32,57
Квітень	4	45	30,09	37,29		32,67	29,73	34,29
Травень	5	32	48,11	38,57	36,71	32,67	37,73	40,00
Червень	6	60	40,54	42,24	42,54	47,67	36,33	40,71
Липень	7	25	41,54	45,05	47,11	41,00	43,33	43,29
Серпень	8	50	46,14	48,62	46,84	47,00	47,33	50,43
Вересень	9	65	56,86	48,76		48,67	49,93	50,43
Жовтень	10	45	54,60			55,33	49,93	54,43
Листопад	11	60				58,67	58,53	55,57
Грудень	12	68				59,67		

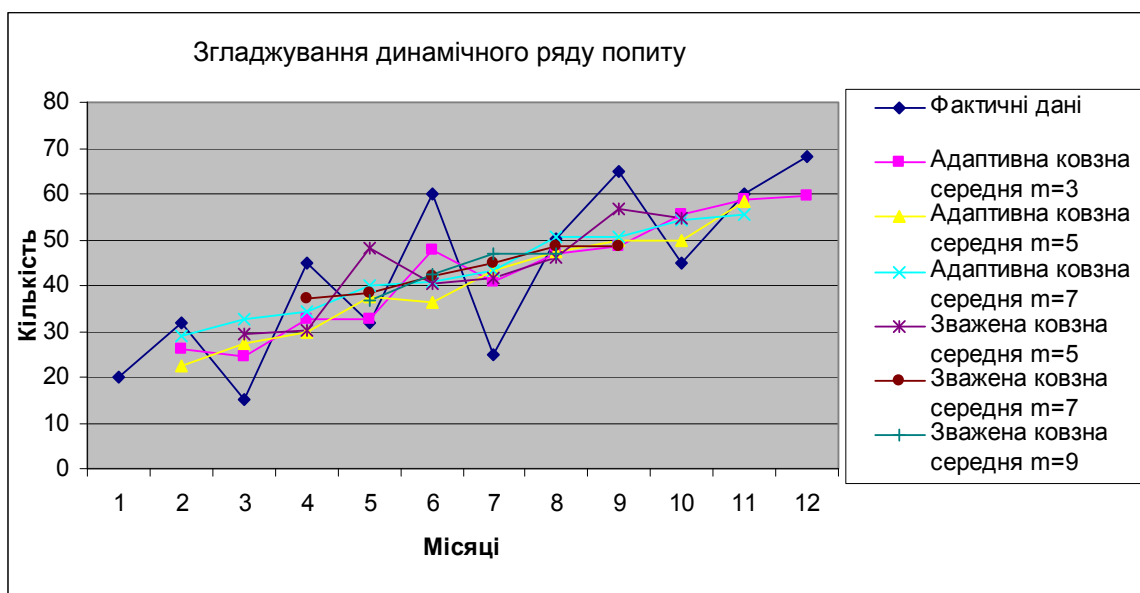


Рис. 5. Графік визначення тренду за методом зваженої ковзної середньої та адаптивної ковзної середньої

Розрахунок прогнозованого ряду за методом адаптивної ковзної середньої дозволив розрахувати параметри, що представлені у табл. 3.

Діаграми залежності довірчого інтервалу прогнозу за методом адаптивної ковзної серед-

ньої та за методом адаптивної ковзної середньої від періоду усереднення представлені на рис. 6, 7.

Таблиця 3

Параметри згладжування динамічного ряду за методами зваженої ковзної середньої та адаптивної ковзної середньої

<i>Адаптивна ковзна середня</i>				
Інтервал згладжування	Середнє значення \bar{y}	Середнє абсолютне відхилення	Верхній довірчий інтервал	Нижній довірчий інтервал
m=3	43,06	10,66	52,34	33,79
m=5	40,25	9,56	49,14	31,36
m=7	43,07	7,76	50,29	35,86
<i>Зважена ковзна середня</i>				
m=5	43,39	8,04	52,15	34,63
m=7	43,42	4,06	49,10	37,73
m=9	43,20	3,68	51,24	35,36

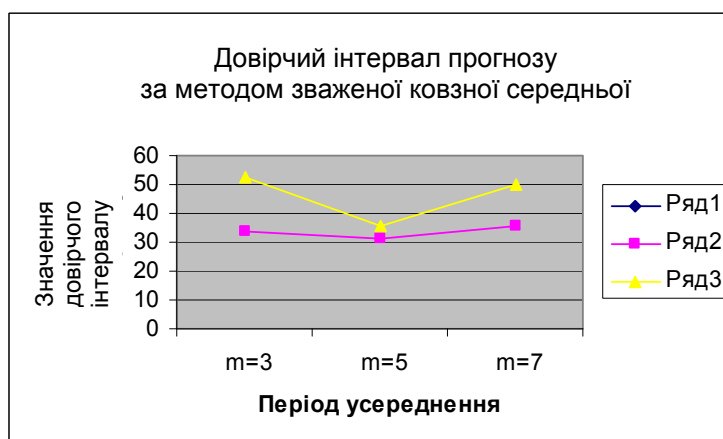


Рис. 6. Залежність довірчого інтервалу прогнозу за методом зваженої ковзної середньої від періоду усереднення

Діаграми залежності довірчого інтервалу прогнозу за методом зваженої ковзної середньої від періоду усереднення, що представлена на рис. 6, наглядно показує кращий варіант згладжування динамічного ряду при значенні періоду усереднення $m = 5$. У цьому випадку середнє значення $\bar{y} = 40,25$, а розрахований довірчий інтервал буде дорівнювати 31,36 та 49,14.

На рис. 7 відображено діаграму залежності довірчого інтервалу прогнозу за методом зваженої ковзної середньої від періоду усереднення, при цьому коли $m = 7$, то відбудеться згладжування динамічного ряду з довірчим інтервалом: 37,70 та 49,10. Але метод зваженої ковзної має суттєвий недолік – губляться крайні значення прогнозованого ряду. Так, при $m = 5$ губляться по два крайні значення, при $m = 7$ – по три крайні значення, а при $m = 9$ – відповідно по чотири крайні значення.

Відсутність крайніх значень при застосуванні методу зваженої ковзної середньої суттєво позначається на результатах розрахунку, бо у досліді відсутні саме ті дані, які несуть найбільш цінну інформацію.

Характерною особливістю методу зваженої ковзної середньої є наявність такого стану, коли для збільшення інтервалу згладжування залучається більш стара інформація, яка впливає на точність розрахунку, тобто діє фактор “застаріння” інформації. Але чим “старіше” спостереження, тим менше воно буде впливати на величину адаптивної ковзної середньої. А це значить, що вплив минулих спостережень затухає по мірі віддалення від моменту, для якого визначається середня. Цей перехід реалізується за допомогою системи ваги, що відповідає ступеню новизни даних спостережень, які враховані методом експоненційного згладжування.

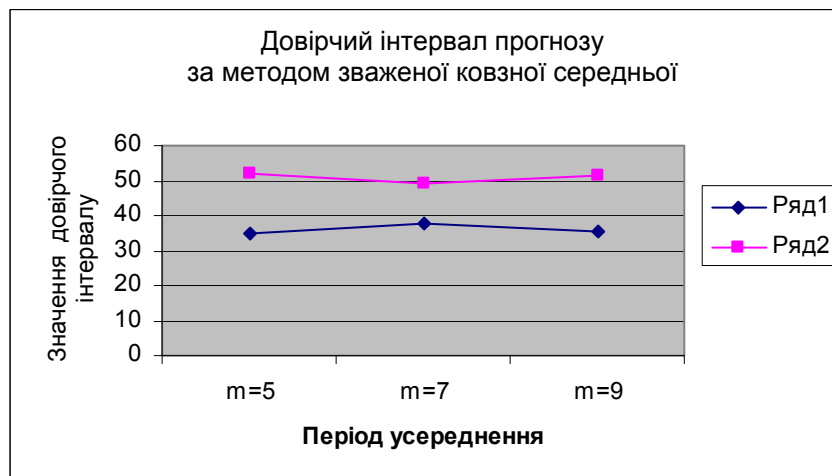


Рис. 7. Залежність довірчого інтервалу прогнозу за методом зваженої ковзної середньої від періоду усереднення

Тому застосуємо метод експоненційного згладжування для прогнозування попиту продукції типу А.

Розрахунок прогнозу за методом експоненційного згладжування виконується за формулою (9) [7]:

$$Q_t = Q_{t-1} + \alpha(y_t - Q_{t-1}), \quad (9)$$

де Q_t – прогноз на майбутній період t ; Q_{t-1} – прогноз за попередній період $t - 1$; y_t – фактичне значення попиту продукції за попередній період $t - 1$ у момент прогнозу на майбутній період; α – коефіцієнт згладжування.

Метод експоненційного вирівнювання, з одного боку, дає досить добру точність, якщо числовий ряд має окремі “викиди”. А по-друге, цей метод дає можливість отримувати прогноз з різним ступенем точності, бо він ґрунтується на розкладенні функції у ряд Тейлора, яка визначається кількістю членів ряду T .

Так, прогнозування з точністю до одного ряду ($T = 1$) вимагає зробити розрахунок з використанням згладжувальної функції першого порядку, при $T = 2$ – згладжувальної функції першого та другого порядку і т.д.

Розрахунок прогнозу методом експоненційного згладжування наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Розрахунок прогнозу реалізації овочевих консервованих продуктів методом експоненційного згладжування

Фактичні значення	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,2$	$\alpha = 0,3$	$\alpha = 0,4$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,8$
65	65	65	65	65	65	65	65	65
70	65,50	66	66,5	67	67,5	68	68,5	69
65	65,45	65,8	66,05	66,2	66,25	66,2	66,05	65,8
55	64,41	63,64	62,735	61,72	60,63	59,48	58,32	57,16
25	60,46	55,912	51,415	47,03	42,81	38,79	34,99	31,43
10	55,42	46,73	38,99	32,22	26,41	21,52	17,5	14,29
12	51,08	39,784	30,893	24,13	19,2	15,81	13,65	12,46
15	47,47	34,827	26,125	20,48	17,1	15,32	14,59	14,49
20	44,72	31,862	24,288	20,29	18,55	18,13	18,38	18,9
35	43,75	32,489	27,501	26,17	26,78	28,25	30,01	31,78
47	44,07	35,391	33,351	34,5	36,89	39,5	41,9	43,96
62	45,87	40,713	41,946	45,5	49,44	53	55,97	58,39

Аналіз результатів прогнозування показує, що зі збільшенням порядку згладжувальної функції точність прогнозу суттєво зростає. Особливо-

сті прогнозування процесів більш точно відображають коефіцієнт згладжування, близький до одиниці. Це дозволяє з великою вагою врахову-

вати не попередні дані, а його останні значення. Коефіцієнт згладжування α , точність прогнозу T та період передісторії t , які використовуються для розрахунку прогнозу, задаються або підби-

раються шляхом аналізу вибірових розрахунків. Реалізація методу експоненційного згладжування представлена на рис. 8.

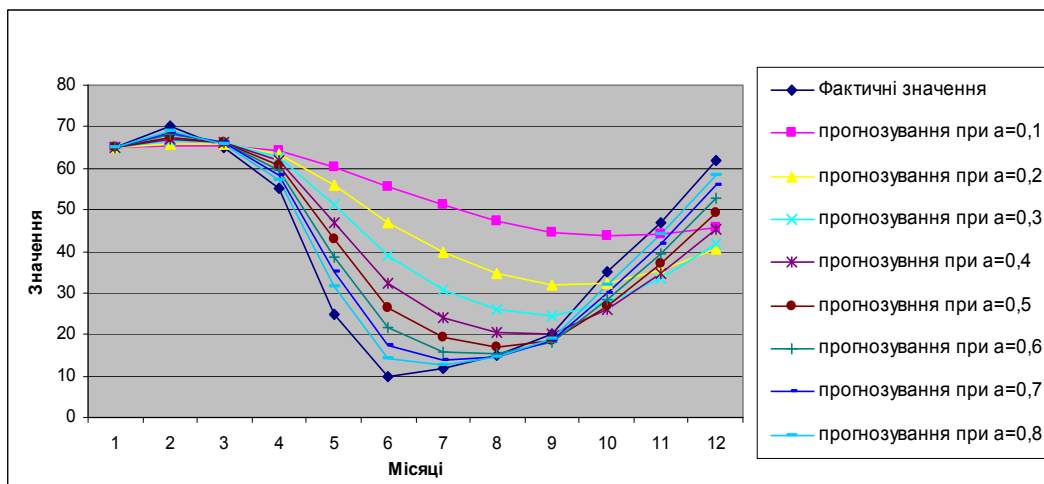


Рис. 8. Графік визначення тренду за методом експоненційного згладжування

Висновки

Таким чином, наведене дослідження дає змогу зробити висновок, що для прогнозування треба:

- розподілити продукцію за типами **A, B, C** в залежності від статистичних даних;
- для прогнозу попиту продукції типу **C**, що має стійкий попит, значення якого коливаються навколо якогось середнього значення, треба використовувати метод простих середніх або метод ковзної середньої;
- для прогнозу попиту продукції типу **C**, що має тенденцію збільшуватися або зменшуватися, використовувати модифікований метод;
- прогноз попиту на продукцію типу **A** треба виконувати з використанням експоненційного методу, бо він дозволяє найліпше обробляти статистичні ряди з різкими скачками або ряди, що мають періодичність протягом року, завдяки його адапта-

ції до нових умов за допомогою коефіцієнта згладжування α . Окрім того, цей метод, з одного боку, сприяє компактному зберіганню необхідної статистичної інформації, а з другого – наявність коефіцієнта згладжування α дозволяє будувати самонавчаючі алгоритми прогнозування, які чутливі щодо специфіки досліджуваних процесів;

- для кожного випадку треба робити розрахунок прогнозу та відтворювати діаграму, бо заздалегідь не можна призначити метод певного типу продукції один з цих методів та призначити параметр усереднення (m).

Виконання розрахунку прогнозування на персональному комп'ютері в сучасних умовах не викликає труднощів [6; 12], бо для цього можуть бути застосовані, наприклад, редактор електронних таблиць *Excel*, а також прикладні програми "Олимп" та англомова статистична система "STATISTICA".

Література

1. Верников Г. Основы систем класса MRP-MRP II // www.citfofum.ru
2. Колесников С.Н. Стратегии бизнеса: управление ресурсами и запасами. – М.: Статус-Кво 97, 2000. – 146 с.
3. Кошкин К.В. Организация компьютеризованных интегрированных производств в судостроении: Монография. – Николаев: УДМУ, 1999. – 220 с.
4. Первозванцев А.А. Математические модели в управлении производством. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1975. – 616 с.
5. Закс Л. Статистическое оценивание / Пер. с нем. В.Н.Варьгина; Под ред. Ю.П.Адлера, В.Г.Горского. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
6. Алехин А.Б. Прогнозирование и оптимизация экономико-экологических систем. – К.: Наукова думка, 1993. – 150 с.
7. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.
8. Федоренко Н.П. О методах социально-экономического прогнозирования // Методология экономического развития СССР. – М.: Экономика, 1973.
9. Диденко Н.И. Применение методов прогнозирования для определения потребности в инструменте на машиностроительном заводе // Методологические и математические вопросы научного прогнозирования. – М.: МДНТП, 1971. – С. 100-106.
10. Макроэкономические модели планирования и прогнозирования / Пер. с англ. и франц. – М.: Статистика, 1970.
11. Янг Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Пер. с англ.; Общ. ред. и предисл. Д.М.Гвишиани. – 2-е изд., доп. – М.: Прогресс, 1974. – 586 с.
12. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. – М.: Инфра, 1998. – 125 с.
13. Закс Л. Статистическое оценивание / Пер. с нем. В.Н.Варьгина; Под ред. Ю.П.Адлера, В.Г.Горского. – М.: Статистика, 1976. – 508 с.