

В таблице 5 приведены попарные сравнения ФЗ по блицованию.

Таблица 5. Попарные сравнения ФЗ по блицованию

|    | №1  | №2  | №3  | №4 | Приоритет |
|----|-----|-----|-----|----|-----------|
| №1 | 1   | 1   | 5   | 3  | 0,3921    |
| №2 | 1   | 1   | 5   | 3  | 0,3921    |
| №3 | 1/5 | 1/5 | 1   | 7  | 0.1449    |
| №4 | 1/3 | 1/3 | 1/7 | 1  | 0,0707    |

Попарно сравнил ФЗ по каждому критерию и всем одновременно, используя математический аппарат метода анализа иерархий получили следующие значения весовых коэффициентов важности ФЗ с точки зрения экологической безопасности:

- для рабочей зоны – 0,3542;
- для зоны совещаний – 0,2827;
- для кабинета руководителя – 0,2793;
- для зоны отдыха – 0,0835

Таким образом, с точки зрения экологической безопасности необходимо рассмотреть сначала рабочую зону, потом зону совещаний, кабинет руководителя и зону отдыха.

#### 4. Выводы

В работе проведен анализ известных методов экспертной оценки и предложена методология для управления качеством экологической среды функционирования проектного офиса.

Получил дальнейшее развитие метод анализа иерархий за счет его распространения на новую предметную область - управления качеством экологической среды функционирования проектного офиса в условиях высокой неопределенности информации.

**Список литературы:** 1. Экология офиса. Создание комфортных условий в рабочих помещениях [Электронный ресурс] / Санкт-Петербургский центр гигиены и эпидемиологии «Эконтроль» – Режим доступа: [http://www.ekontrol.ru/info/id\\_77](http://www.ekontrol.ru/info/id_77) – Загл. с экрана. 2. Коржик Б.М. Модели анализа та оцінки рівня шуму/ Б.М. Коржик, А.Л. Нефьодова, Ю.А. Петренко // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, 1998, Вип. 3.- С. 162-169. 3. Нефедов Л.И. Модели структурно-параметрического синтеза средств защиты от шума/ Л.И. Нефедов, Ю.А. Петренко, А.Л. Нефедова // Науковий вісник будівництва. – 1999. - Вип. 7. - С. 113-117. 4. Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография / [Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, Т.В. Плугина и др.] – Харьков: ХНАДУ, 2010 – 344 с. 5. Управление проектами / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, С.А. Титов и др. Справочное пособие / Под ред. И.И. Мазура и В.Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2001. – 875 с. 6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий/ Т. Саати – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

*Поступила в редколлегию 03.01.2012*

**УДК 65.012.123**

**Л. І. НЕФЬОДОВ**, докт. техн. наук, проф., зав.каф., ХНАДУ, Харків,  
**Д.О. МАРКОЗОВ**, асис., ХНАДУ, Харків

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ТОВАРИ**

У статті розроблено математичну модель прогнозування вірогідного попиту на

багатономенклатурні товари. Показано, що дана модель дозволяє спрогнозувати попит на значні періоди часу та створити раціональний багатономенклатурний запас товарів.

**Ключові слова:** математична модель, попит, невизначеність, прогноз.

В статті розроблена математическая модель прогнозирования вероятного спроса на многономенклатурные товары. Показано, что данная модель позволяет спрогнозировать спрос на значительные периоды времени и создать рациональный многономенклатурных запас товаров.

**Ключевые слова:** математическая модель, спрос, неопределенность, прогноз.

In the article developed mathematical model prediction of the likely demand for goods. It is shown that this model can predict the demand for considerable periods of time and create a rational stock of goods.

**Keywords:** mathematical model, demand uncertainty, goods, forecast.

## 1. Вступ

В умовах ринкових відносин, що супроводжуються конкуренцією, невизначеністю економічної та фінансової ситуації, прогнозування попиту на товари різних типів та видів отримує першорядну значущість для ефективної роботи виробничих та торговельних підприємств. Незважаючи на важливість даної проблеми при плануванні закупок товару, керівники підприємств досить часто формулюють прогноз майбутнього попиту, спираючись тільки на суб'єктивний аналіз попередньої діяльності організації, що у практичній діяльності може призвести до значних фінансових втрат.

У зв'язку із цим, постає проблема розробки та впровадження в роботу торговельної організації математичних моделей та методів управління запасами, що потребує досить точно прогнозувати вірогідний попит на багатономенклатурні товари.

## 2. Аналіз публікацій

Прогнозування попиту на різні групи товарів було і залишається досить актуальною задачею як для виробничих, так і для торговельних організацій. У зв'язку із цим, аналізу різних аспектів даного питання присвячені дослідження таких вчених як Раскин Л. Г., Пустовойтов П. Е., Кузнецов Л. А., Назаркин О. А., Гордієнко О. С., Нефьодов Л. І. [1 - 4] та багатьох інших. У той же час, огляд наукових публікацій свідчить, що існуючі математичні моделі та методи прогнозування вірогідного попиту на багатономенклатурні товари не завжди дозволяють прийняти ефективне управлінське рішення в умовах різного ступеня невизначеності початкової інформації. Проблема полягає у тому, що у практичній діяльності без необхідної аргументації використовуються окремі математичні моделі або методи розрахунку вірогідного попиту, які не дозволяють адекватно та оперативно отримувати достовірну інформацію.

Виходячи із вище сказаного, актуальність даного дослідження обумовлена тим, що без розробки та використання ефективних методів прогнозування вірогідного попиту на багатономенклатурні товари, що будуть включати в себе комбінацію математичних моделей та методів, неможлива ефективна робота торговельної організації.

### 3. Мета і постановка задачі

Метою даного дослідження є підвищення ефективності роботи торговельної організації за рахунок розробки та впровадження математичної моделі прогнозування попиту. Результатом використання даної моделі буде визначення майбутнього попиту на товари різних типів та видів, що дозволить мінімізувати витрати, а отже підвищить прибуток підприємства.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі: проаналізувати сутність проблеми прогнозування попиту на товари; розглянути існуючі моделі та методи вирішення даної проблеми; розробити математичну модель прогнозування вірогідного попиту в умовах різного ступеня невизначеності початкової інформації.

### 4. Модель прогнозування вірогідного попиту

Прогнозування будь-яких процесів починається із збору та обробки статистичних даних, які демонструють розвиток у часі явища, що вивчається. Для здійснення прогнозу відносно майбутнього попиту на багатоменклатурні товари, перш за все, необхідно зібрати інформацію про попередні об'єми та асортимент реалізованої продукції за певні періоди часу (тиждень, місяць, рік) та також інші дані, в залежності від завдань, що стоять перед дослідником.

Дослідження, що описано у даній роботі, було проведено для оптової компанії, яка є дистриб'ютором. Для розрахунку вірогідного попиту використовувалися дані про попередню реалізацію товару, з періодом деталізації один тиждень. Ці дані надходять до дистриб'ютора із складів великих супермаркетів та роздрібних магазинів. На основі отриманої інформації формується сумарний попит на товари. Прогноз попиту розраховується на наступні десять тижнів. Цей процес буде безперервним. Після закінчення першого прогнозованого тижня, дані про реальні продажі переносяться до інформації про реалізацію товару і прогноз автоматично перераховується.

Відомо:

- множину типів товарів  $i = \overline{1, N}$  ;
- для кожного типу – множину видів  $v = \overline{1, \theta}$  товарів;
- статистичні дані з реалізації товару  $i$ -го типу  $v$ -го виду за попередні періоди  $[t_l; t_r]$ ;

Необхідно визначити інтервальну оцінку попиту на товар  $i$ -го типу  $v$ -го виду  $S_{iv} \in [S_{iv}^H, S_{iv}^B]$  на період  $[t_{\delta l}; t_{\delta n}]$ , де  $t_{\delta l} > t_r$ .

Проведене дослідження [5, 6] показало, що для розрахунку вірогідного попиту на продовольчі товари доцільно застосовувати моделі часового ряду, серед яких існує дві основні: адитивна (1) і мультиплікативна (2).

$$Y_t = T_t + S_t + e_t \quad (1)$$

$$Y_t = T_t \times S_t + e_t \quad (2)$$

де  $t$  – час (тиждень або інший період деталізації);

$Y_t$  – значення величини часового ряду в  $t$ -й період;

$T_t$  – значення тренду попиту в  $t$ -й період;

$S_t$  – значення сезонних змін в  $t$ -й період;

$e_t$  – значення шуму в  $t$ -й період.

Використання адитивної моделі (1) відповідає ситуації, коли попит рівномірний. У нашому дослідженні, коливання попиту мають сезонний та стохастичний показник, що визначає необхідність застосування мультиплікативної моделі (2).

У практичних завданнях виділити точний (вірніше, «майже точний») тренд  $T_t$  може виявитися технічно дуже складно [7]. Тому ми будемо розглядати наближені тренди. Для мультиплікативної моделі найбільш доцільний спосіб отримання наближеного тренду – згладжування ряду методом ковзної середньої [8] з періодом згладжування, що дорівнює максимальному періоду сезонних коливань. Згладжування майже повністю усуне сезонні коливання і шум. Формула ковзної середньої з періодом згладжування  $t$ :

$$M_t = \frac{1}{t} \sum_{i=t_1}^{t_2} Y_i \quad (3)$$

де  $M_t$  – значення ковзної середньої в  $t$ -й період;

Існують випадки з динамікою продажів, де довжина повного періоду не тільки не дорівнює року, але й «плаває». У таких ситуаціях, скоріше за все, коливання викликані не сезонними змінами, а якимись іншими, більш потужними чинниками.

Прологарифмуємо рівняння мультиплікативної моделі (2), і якщо шум  $e_t$  має мале значення, то його можна не враховувати:

$$\ln(Y_t) = \ln(T_t \times S_t) \quad (4)$$

Якщо розкрити логарифм, то отримаємо адитивну модель, яка є більш простою для розрахунку.

$$\ln(Y_t) = \ln(T_t) + \ln(S_t) \quad (5)$$

Тепер необхідно виділити тренд ковзної середньої за період  $t$ . Після чого його треба спрогнозувати на наступний період  $[t_{\delta 1}; t_{\delta n}]$ . Прогноз можна отримати методом параметричної апроксимації. В якості функцій наближення будемо використовувати наступні:

Лінійна функція:  $y(t) = a + b \times t$ .

Логарифмічна функція:  $y(t) = a + b \times \ln(t)$ .

Поліном п'ятого ступеня:  $y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$ .

Степенева функція:  $y(t) = a \times t^b$ .

Експоненціальна функція:  $y(t) = a \times e^{b \times t}$ .

Точність наближення будемо оцінювати за величиною достовірності апроксимації апроксимації  $R^2$ :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=t_1}^{t_2} [y(t) - \hat{y}_t]^2}{[\sum_{t=t_1}^{t_2} y(t)^2] - [\sum_{t=t_1}^{t_2} y(t)]^2 / t} \quad (6)$$

де  $\hat{y}_t$  – реальне значення функції попиту в  $t$ -й період;

Отже, ми отримали логарифмічний прогноз тренда продажів товару на наступний період  $[t_{\delta 1}; t_{\delta n}]$ . Тепер можна зробити прогноз самого показника попиту на багатомономенклатурні товари.

Так як розроблена нами функція попиту має сезонні та стохастичні коливання, то для розрахунку попадання значення прогнозу у заданий діапазон необхідно використовувати методи обробки даних, що призначені для роботи з величинами, які не підпорядковуються нормальному закону розподілу вірогідності здійснення прогнозу.

Більшість проаналізованих методів відновлення функції розподілу вірогідності вимагають великої кількості даних і є неприйнятними для малих вибірок. Тому виникає необхідність в ефективному методі побудови функції розподілу вірогідності випадкової величини, інформацію про яку можна знайти у малій вибірці.

Аналіз існуючих методів показав [9], що у нашому випадку найбільш прийнятним є метод вкладів з використанням бета-розподілу. Сутність даного методу полягає у тому, що кожному вибіркового значенню величини попиту  $S_{iv}$  ставиться у відповідність певна безперервна функція  $\varphi_t(S_{iv})$ . Дана функція називається функцією вкладів і в якості вкладів використовується бета-функція [10].

$$\varphi_t(S_{iv}) = c'_{n'} (S_{iv} - a')^{n_{iv}-1} (b' - S_{iv})^{m_{iv}-1},$$

$$\text{де } c'_{n'} = \frac{\Gamma(n_{iv} + m_{iv})}{(b' - a')^{n_{iv} + m_{iv} - 1} \Gamma(n_{iv}) \Gamma(m_{iv})}; \quad (7)$$

де  $a' < S_{iv} < b'$  – область існування величини попиту;

Числовим експериментом отримані наступні оцінки параметрів часткових бета-вкладів [10]:

$$n_{iv} = 1 + \frac{5,7\tau^{0,5254}}{\frac{b' - S_{iv}}{S_{iv} - a'} + 1}; \quad m_{iv} = 1 + 5,7\tau^{0,5254} - n_{iv} \quad (8)$$

$$a' = S_{iv}^{\min} - \frac{0,3996\tau^{-0,2335} (S_{iv}^{\max} - S_{iv}^{\min})}{1 - 0,6286\tau^{-0,2380} - 0,3996\tau^{-0,2335}} \quad (9)$$

$$b' = S_{iv}^{\min} + \frac{(1 - 0,3996\tau^{-0,2335})(S_{iv}^{\max} - S_{iv}^{\min})}{1 - 0,6286\tau^{-0,2380} - 0,3996\tau^{-0,2335}} \quad (10)$$

де  $\tau$  – кінцеве значення предісторії;

$S_{iv}^{\min}, S_{iv}^{\max}$  – відповідно найменше та найбільше вибіркове значення попиту.

Для розрахунку гамма функції використаємо апроксимацію [...]:

$$\Gamma\left(1 + \frac{1}{\{\beta\}}\right) \approx 1 - 0,427(\{\beta\} - 1) \cdot \{\beta\}^{1,9} \quad (11)$$

де  $\{\beta\}$  – дробна частина аргументу  $\Gamma$ -функції.

В загальному випадку розрахунки гамма-функції по будь-якому аргументу проводяться за формулою:

$$\Gamma\left([z] + \frac{1}{\{\beta\}}\right) \approx (1 - 0,427(\{\beta\} - 1) \cdot \{\beta\}^{1,9}) \cdot \prod_{u=1}^{[z]-1} \left\{ [z] + \frac{1}{\{\beta\}} - u \right\} \quad (12)$$

де  $[z]$  – ціла частина числа;  $u = \overline{1; [z] - 1}$  – натуральне число.

Підсумкова щільність розподілу у точці  $S_{iv}$  розраховується по формулі:

$$f(S_{iv}) = \frac{1}{t_\tau} \sum_{t=t_1}^{t_\tau} \varphi_t(S_{iv}). \quad (13)$$

Після отриманої щільності розподілу, необхідно розрахувати діапазон прогнозованого попиту і його довірчу вірогідність. Використовуючи щільність розподілу вірогідності попиту у точці, можна розрахувати вірогідність того, що подія відбудеться у заданому інтервалі.

$$P(f(S_{iv})) = \int_{-\infty}^{\infty} f(S_{iv}) dS_{iv} = 1. \quad (14)$$

Для даного розрахунку будемо використовувати метод прямокутників. Якщо відрізок  $[S_{iv-1}, S_{iv}]$  є елементарним і не піддається подальшому розбиттю, значення інтеграла можна знайти за формулою прямокутників:

$$\int_{S_{iv-1}}^{S_{iv}} f(S_{iv}) dS_{iv} \approx f\left(\frac{S_{iv-1} + S_{iv}}{2}\right) = f\left(S_{iv} - \frac{1}{2}\right). \quad (15)$$

У нашому випадку, мінімальний крок розрахунку вірогідності (довжина відрізка  $[S_{iv-1}; S_{iv})$ ) дорівнює 1.

Для отримання значень довірчої вірогідності виключаємо з розрахунку точки, що розташовані у найбільшому видаленні від медіани вибірки, та вірогідність в яких менше вірогідності виникнення одиначної події.

З урахуванням отриманої вірогідності розподілу продажів товарів, можна розрахувати діапазон прогнозованого попиту при довірчій вірогідності 92%.

Для перевірки працездатності та точності розрахунку вірогідного попиту проведемо розрахунки попиту на прикладі продовольчих товарів.

Статистичні дані з реалізації товару за попередні 42 тижні зведемо у таблицю 1, а також представимо у вигляді графіка (рис. 1).

Таблиця 1. Сумарні статистичні дані по реалізації товару за попередні 42 тижні

| Тиждень | Об'єм реалізації, ящ. | Тиждень | Об'єм реалізації, ящ. | Тиждень | Об'єм реалізації, ящ. |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| 1       | 533                   | 15      | 554                   | 29      | 572                   |
| 2       | 544                   | 16      | 552                   | 30      | 567                   |
| 3       | 556                   | 17      | 563                   | 31      | 569                   |
| 4       | 557                   | 18      | 564                   | 32      | 574                   |
| 5       | 544                   | 19      | 567                   | 33      | 567                   |
| 6       | 548                   | 20      | 566                   | 34      | 560                   |
| 7       | 550                   | 21      | 573                   | 35      | 558                   |
| 8       | 550                   | 22      | 573                   | 36      | 562                   |
| 9       | 553                   | 23      | 566                   | 37      | 561                   |
| 10      | 566                   | 24      | 563                   | 38      | 568                   |
| 11      | 567                   | 25      | 563                   | 39      | 574                   |
| 12      | 560                   | 26      | 579                   | 40      | 571                   |
| 13      | 562                   | 27      | 572                   | 41      | 559                   |
| 14      | 553                   | 28      | 582                   | 42      | 571                   |

Виділимо тренд (ковзної середньої за 42 тижні) для перетвореної моделі (2). Прологарифмовані величини показника попиту  $\ln(Y_t)$  та розраховані показники тренду  $M_t$  зведемо у таблицю 2, а також представимо у вигляді графіка (рис. 2).

Таблиця 2. Прологарифмовані величини показників попиту на товар та тренду ковзної середньої  $M_t$

| Тиждень | $\ln(Y_t)$ | $M_t$ | Тиждень | $\ln(Y_t)$ | $M_t$ | Тиждень | $\ln(Y_t)$ | $M_t$ |
|---------|------------|-------|---------|------------|-------|---------|------------|-------|
| 1       | 6,28       | 6,28  | 15      | 6,32       | 6,32  | 29      | 6,35       | 6,33  |
| 2       | 6,30       | 6,29  | 16      | 6,31       | 6,32  | 30      | 6,34       | 6,33  |
| 3       | 6,32       | 6,30  | 17      | 6,33       | 6,32  | 31      | 6,34       | 6,33  |
| 4       | 6,32       | 6,31  | 18      | 6,34       | 6,32  | 32      | 6,35       | 6,33  |
| 5       | 6,30       | 6,30  | 19      | 6,34       | 6,32  | 33      | 6,34       | 6,33  |
| 6       | 6,31       | 6,30  | 20      | 6,34       | 6,32  | 34      | 6,33       | 6,33  |
| 7       | 6,31       | 6,31  | 21      | 6,35       | 6,32  | 35      | 6,32       | 6,33  |
| 8       | 6,31       | 6,31  | 22      | 6,35       | 6,32  | 36      | 6,33       | 6,33  |
| 9       | 6,31       | 6,31  | 23      | 6,34       | 6,32  | 37      | 6,33       | 6,33  |
| 10      | 6,34       | 6,31  | 24      | 6,33       | 6,32  | 38      | 6,34       | 6,33  |
| 11      | 6,34       | 6,31  | 25      | 6,33       | 6,32  | 39      | 6,35       | 6,33  |
| 12      | 6,33       | 6,31  | 26      | 6,36       | 6,33  | 40      | 6,35       | 6,33  |
| 13      | 6,33       | 6,32  | 27      | 6,35       | 6,33  | 41      | 6,33       | 6,33  |
| 14      | 6,32       | 6,32  | 28      | 6,37       | 6,33  | 42      | 6,35       | 6,33  |

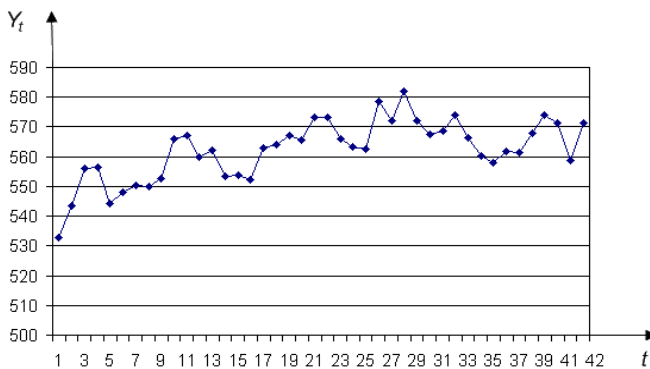


Рис. 1. Динаміка щотижневих продажів товару

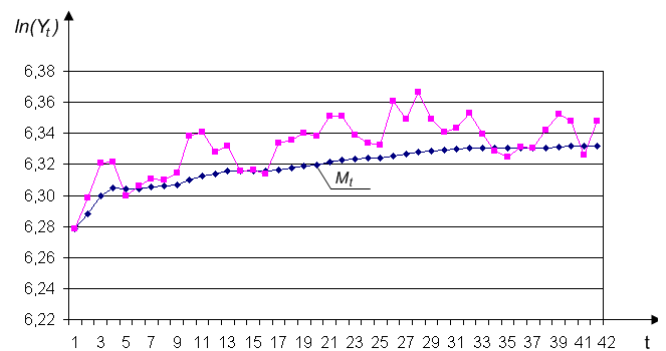


Рис. 2. Графік прологарифмованих величин показників попиту на товар та тренду ковзної середньої  $M_t$  за 42 тижні

Після розрахунку тренду продажів за 42 тижні, необхідно спрогнозувати його на наступні 10 тижнів року. Даний прогноз можна отримати декількома методами, однак достатньо ефективним, як показало попереднє дослідження, є метод параметричної апроксимації. В якості функцій наближення використовуємо: лінійну, логарифмічну, степеневу, експоненціальну та поліном п'ятого ступеня.

Оцінювання точності наближення проводиться за величиною достовірності апроксимації  $R^2$ . Чим вона ближче до 1, тим більше функція наближується до

тренду. На рисунках 3, 4, 5, 6 і 7 представлена апроксимація отриманого тренду продажів товарів за 42 тижні різними функціями.

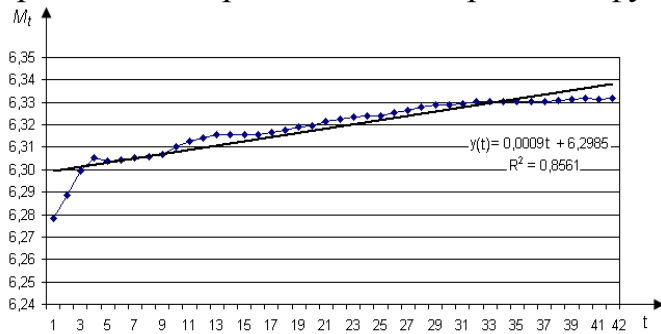


Рис. 3. Лінійна апроксимація тренду продажів товару

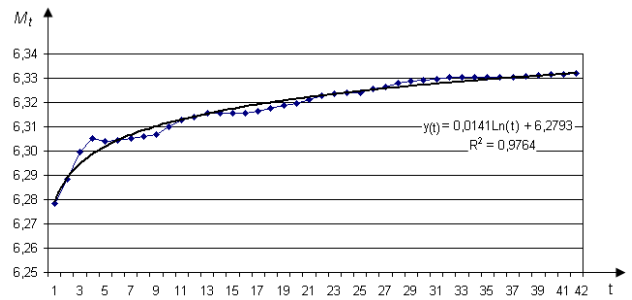


Рис. 4. Апроксимація логарифмічної функції тренду продажів товару

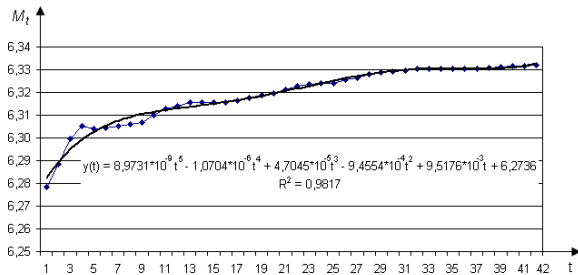


Рис. 5. Апроксимація тренду продажу товару за допомогою полінома п'ятого ступеня

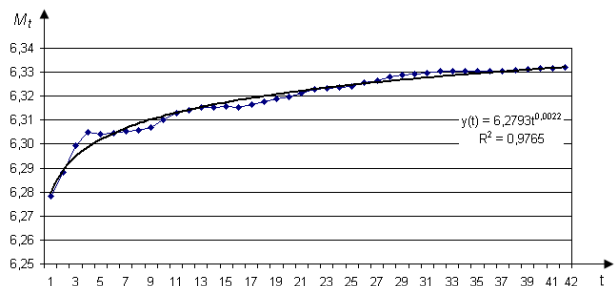


Рис. 6. Апроксимація степеневій функції тренду продажів товару

Отримані дані, представлені графічно, наочно свідчать, що значення  $R^2$  найближче до одиниці у полінома 5-го ступеню. У той же час, його поведінка, особливо перевал у віддалених точках, визиває певні сумніви у достовірності отриманих значень. Тому, для уточнення результатів, можна взяти наступні за точністю функції апроксимації: логарифмічну або степеневу. Однак, більшої точності прогнозу вірогідного попиту буде досягнуто у результаті об'єднання трьох названих методів, тобто розрахунку середнього арифметичного між поліномом 5-го ступеню, логарифмічної та степеневі функціями. Отриманий таким чином прогноз тренду  $M_t$  графічно зображений на рисунку 8, де по осі  $t$  знаходяться номери періодів.

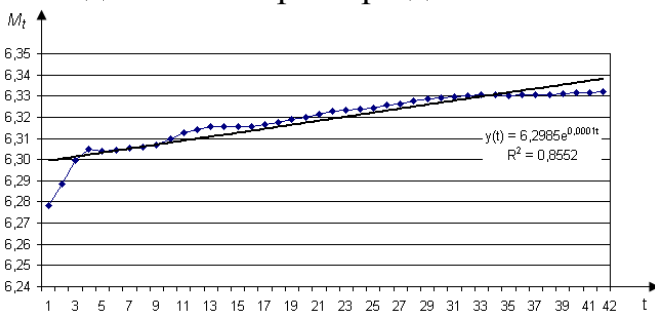


Рис. 7. Апроксимація експоненціальної функції тренду продажів товару

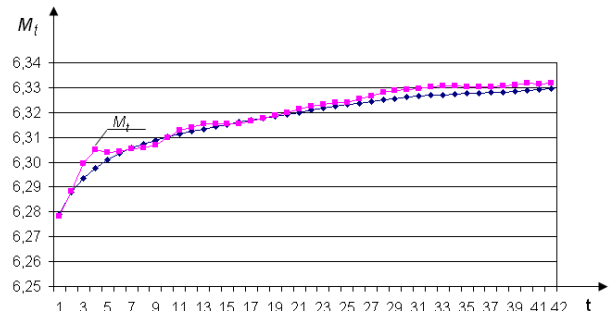


Рис. 8. Тренд продажів  $M_t$  та його прогноз

Після знаходження прогнозу тренда продажів товару за 42 тижні, можна розрахувати його на наступні 10 тижнів, та зробити прогноз самого показника попиту. Отримані результати представлені у таблиці 3 та зображені графічно на рисунку 9.



Таблиця 3. Прогноз вірогідного попиту на товар на наступні 10 тижнів

| Період, тиждень | Ln (прогнозу) | Прогнозований попит, ящ. |
|-----------------|---------------|--------------------------|
| 43              | 6,33          | 561                      |
| 44              | 6,33          | 562                      |
| 45              | 6,33          | 563                      |
| 46              | 6,34          | 564                      |
| 47              | 6,34          | 565                      |
| 48              | 6,34          | 566                      |
| 49              | 6,34          | 568                      |
| 50              | 6,34          | 571                      |
| 51              | 6,34          | 573                      |
| 52              | 6,34          | 577                      |

Дана функція попиту має сезонні та стохастичні коливання, а отже, для визначення вірогідності попадання значення у заданий діапазон, необхідно використовувати методи обробки даних, які призначені для роботи з величинами, що не підпорядковуються нормальному закону розподілу вірогідності.

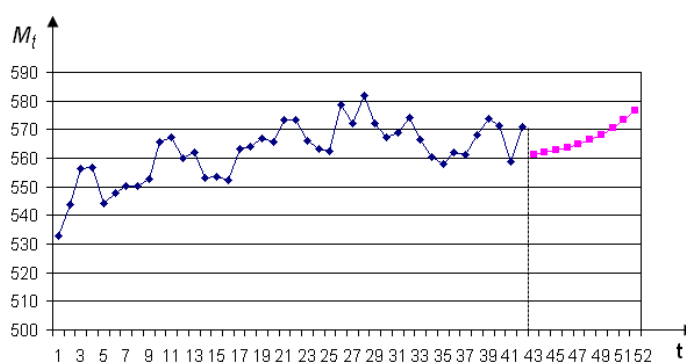


Рис. 9. Прогноз показника вірогідного попиту

Проведений аналіз існуючих

методів показав, що у нашому випадку найбільш ефективним є метод вкладів з використанням бета-розподілу. Після розрахунків, проведених за формулою (13), була отримана підсумкова щільність розподілу у точці  $S_{iv}$ , яка графічно представлена на рисунку 10.

З урахуванням отриманої вірогідності розподілу продажів товарів, можна розрахувати діапазон прогнозованого попиту при довірчій вірогідності 92%. Результати розрахунків представлені у таблиці 4 та на рисунку 11.

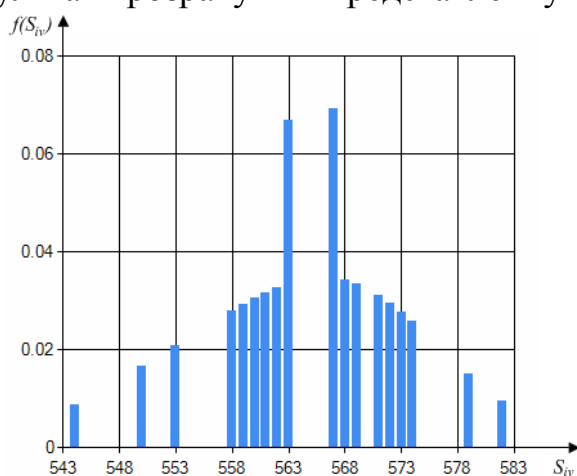


Рис. 10. Гістограма щільності розподілу продажів методом вкладів з використанням бета-розподілу

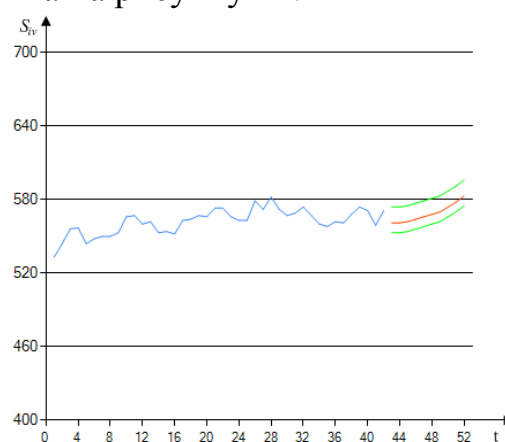


Рис. 11. Діапазон вірогідного попиту при довірчій вірогідності 92%

Таблиця 4. Діапазон прогнозованого попиту

| Період | Значення попиту |          |            |
|--------|-----------------|----------|------------|
|        | $S_{iv}^H$      | $S_{iv}$ | $S_{iv}^B$ |
| 43     | 553             | 561      | 574        |
| 44     | 553             | 561      | 574        |
| 45     | 554             | 562      | 575        |
| 46     | 556             | 564      | 577        |
| 47     | 558             | 566      | 579        |
| 48     | 560             | 568      | 581        |
| 49     | 562             | 570      | 583        |
| 50     | 566             | 574      | 587        |
| 51     | 570             | 578      | 591        |
| 52     | 575             | 583      | 596        |

Тепер проведемо порівняльний аналіз реальних продажів з їх прогнозованими величинами, отримані дані представлені у таблиці 5.

Таблиця 5. Порівняльний аналіз реальних продажів з їх прогнозом

| Номер товару | Назва товару   | Прогноз попиту (ящ) | Реальні продажі (ящ) | $\Delta$ , (ящ) | Абсолютна похибка (%) |
|--------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|
| 1            | 2  | 3                   | 4                    | 5               | 6                     |
| 1            | Шоколад Корона чорний без додатків 100г              | 561                 | 550                  | 11              | 2                     |
| 2            | Шоколад Корона чорний з цілим лісовим горіхом 100г   | 510                 | 484                  | 26              | 5                     |
| 3            | Шоколад Корона чорний з цілим лісовим горіхом 200г   | 367                 | 378                  | -11             | 3                     |
| 4            | Шоколад Корона чорний з горіхом 100г                 | 523                 | 518                  | 5               | 1                     |
| 5            | Шоколад Корона чорний з родзинками 100г              | 488                 | 464                  | 24              | 5                     |
| 6            | Шоколад Корона чорний з родзинками та горіхом 100г   | 395                 | 379                  | 16              | 4                     |
| 7            | Шоколад Корона молочний без додатків 100г            | 574                 | 591                  | -17             | 3                     |
| 8            | Шоколад Корона молочний з цілим лісовим горіхом 100г | 498                 | 483                  | 15              | 3                     |
| 9            | Шоколад Корона молочний з цілим лісовим горіхом 200г | 387                 | 368                  | 19              | 5                     |
| 10           | Шоколад Корона молочний з горіхом 100г               | 486                 | 467                  | 19              | 4                     |
| 11           | Шоколад Корона молочний з родзинками 100г            | 430                 | 434                  | -4              | 1                     |
| 12           | Шоколад Корона молочний з родзинками та горіхом 100г | 403                 | 395                  | 8               | 2                     |
| 13           | Шоколад Корона чорний без додатків 50г               | 217                 | 206                  | 11              | 5                     |
| 14           | Шоколад Корона молочний без додатків 50г             | 239                 | 251                  | -12             | 5                     |

| 1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6 |
|----|--|-----|-----|-----|---|
| 15 | Шоколад Корона, кава 100г                          | 328 | 318 | 10  | 3 |
| 16 | Шоколад Корона, горіх 100г                         | 341 | 334 | 7   | 2 |
| 17 | Шоколад Корона, шоколад 100г                       | 344 | 358 | -14 | 4 |
| 18 | Шоколад Корона, коньяк 100г                        | 286 | 283 | 3   | 1 |
| 19 | Молочний шоколад Корона, кокосовий ром 100г        | 260 | 247 | 13  | 5 |
| 20 | Молочий шоколад Корона, лікер Айріш Крім 100г      | 269 | 280 | -11 | 4 |
| 21 | Шоколад Мілка без додатків 80г                     | 348 | 338 | 10  | 3 |
| 22 | Шоколад Мілка з горіхом 80г                        | 356 | 349 | 7   | 2 |
| 23 | Шоколад Мілка з родзинками та горіхом 80г          | 382 | 363 | 19  | 5 |
| 24 | Шоколад Мілка грильяз з мигдалем 80г               | 347 | 350 | -3  | 1 |
| 25 | Шоколад Мілка без додатків 15г                     | 183 | 174 | 9   | 5 |
| 26 | Шоколад Мілка з цілим мигдалем 200г                | 287 | 273 | 14  | 5 |
| 27 | Шоколад Мілка М-Джой без додатків 70г              | 314 | 327 | -13 | 4 |
| 28 | Шоколад Мілка М-Джой з цілим лісовим горіхом 70г   | 309 | 294 | 15  | 5 |
| 29 | Шоколад Мілка М-Джой з цілим мигдалем 70г          | 292 | 283 | 9   | 3 |
| 30 | Шоколад Мілка М-Джой з арахісом та пластівцями 70г | 283 | 269 | 14  | 5 |

## 5. Висновки

Таким чином, розроблена комбінована математична модель прогнозування вірогідного попиту на багатонаменклатурні товари. Як видно із розрахунків, похибка прогнозу із застосуванням розробленої моделі не перевищує 5 %. Дана модель є універсальною, а отже, її можуть застосовувати як виробничі, так і торговельні підприємства для прогнозування вірогідного попиту на будь які типи та види товарів.

Перспективним напрямком подальшого розвитку цієї моделі є розробка інформаційного забезпечення та її реалізація.

**Список літератури:** 1. Раскин Л. Г. Оценка параметров нестационарного процесса спроса [Текст] / Л. Г. Раскин, П. Е. Пустовойтов // Системный анализ, управление, информационные технологии. – Х.: НТУ «ХПИ». – 2003. – №6. – Т.1. – С.93 - 96. 2. Кузнецов Л. А. Управление запасами в условиях неопределенности потребительского спроса [Текст] / Л. А. Кузнецов, О. А. Назаркин. – Липецк: ЛГТУ, 1999. – 206 с. 3. Гордієнко О. С. Адаптивна модель управління запасами медикаментів в умовах випадкового попиту [Текст] / О. С. Гордієнко // Торгівля і ринок України: Зб. наук. пр. – Донецьк, ДонДУЕТ. – 2000. – Вип.10. – Том 2. – С. 33 - 38. 4. Нефьодов Л. І., Маркозов Д. О. Багатоетапна математична модель підтримки прийняття рішення з управління багатонаменклатурним запасом в умовах стохастичного попиту [Текст] / Л. І. Нефьодов, Д. О. Маркозов // Восточно- Европейский журнал передових технологій. – 2010. – Выпуск 5/7 (47). – С. 4 - 6. 5. Маркозов Д. О. Застосування нечітких чисел при моделюванні вірогідного попиту [Текст] / Д. О. Маркозов // «Автомобильный транспорт». – Сборник научных трудов. – Харьков, ХНАДУ. – 2007. – Выпуск 20. – С.119 - 121. 6. Степнова И. В. Прогнозирование потребительского спроса в зависимости от цены на товар [Текст] / И. В. Степнова // Маркетинг и маркетинговые исследования . – 2008. – № 03. – С.232-241. 7.

Минько Э. В. Методы прогнозирования и исследования операций: учебное пособие [Текст] / Э. В. Минько, А. Э. Минько; под ред. А. С. Будагова. – М.: Финансы и статистика, 2010. – 480 с. **8.** Абчук В. А. Прогнозирование в бизнесе, менеджменте и маркетинге [Текст] / Абчук В. А. – СПб.: Изд-во Михайлова В. А., 2005. – 448 с. **9.** Маркозов Д. О. Аналіз основних методів прогнозування вірогідного попиту: позитивні риси та недоліки [Текст] / Д. О. Маркозов // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наук. праць - Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – № 41. – С.53 - 56. **10.** Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников [Текст] / Кобзарь А. И. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

*Поступила в редколлегию 03.01.2012*

**УДК 378.147**

**К. В. ВЛАСЕНКО**, канд. пед. наук, доц., ДДМА, Краматорськ

**О. О. ЧУМАК**, асис., ДДМА, Краматорськ

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЙБУТНІМИ ІНЖЕНЕРАМИ В ХОДІ НАВЧАННЯ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТІ ТА ТЕОРІЇ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ**

Проаналізовано сутність процесу навчання математичних дисциплін у вищій інженерній школі. Розроблено методичні рекомендації щодо управління математичним моделюванням майбутніми інженерами у ході аудиторних занять з теорії ймовірності та теорії випадкових процесів. Запропоновано організаційні методи і форми розв'язування професійно орієнтованих завдань з ТЙ та ТВП.

Проанализирована сущность процесса обучения математическим дисциплинам в высшей инженерной школе. Разработаны методические рекомендации по управлению математическим моделированием будущими инженерами во время аудиторных занятий по теории вероятностей и теории случайных процессов. Предложены организационные методы и формы решения профессионально ориентированных заданий по ТВ и ТСП.

Nature of the learning process of mathematical disciplines in higher engineering school is analyzed. Guidelines are designed to manage the mathematical modeling of future engineers in the classroom on probability theory and stochastic processes. Organizational forms and methods proposed to address the career-oriented jobs in probability theory stochastic processes.

**Актуальність.** Суспільні зміни, зростаючі темпи розвитку науки і техніки висувають принципово нові завдання перед технічним вищим навчальним закладом (ВНЗ), серед яких особливе місце належить підвищенню якості підготовки інженерних кадрів. Професійно орієнтоване навчання математики, поліпшуючи фундаментальну математичну підготовку і розвиваючи вміння математичного моделювання в галузі професійної діяльності, сприяє досягненню цілей навчання в технічному ВНЗ та формує математичний аспект компетентності майбутнього інженера. За таких умов, навчання студентів вищих технічних навчальних закладів (ВНЗ) математичному моделюванню набуває безапеляційної актуальності.

Особливе значення в рамках даної роботи мають педагогічні дослідження з проблеми використання математичного моделювання в ході навчання студентів теорії ймовірностей (Я. В. Гончаренко [2], В. М. Дрибан [3], В. В. Корнецьук [4],