

УДК 623.546

В.І. Макеєв, В.М. Петренко, В.Є. Житник, А.Ф. Раскошний

Сумський державний університет, Суми

## ПОКАЗНИКИ ВІЙСЬКОВО-ЕКОНОМІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА МЕТОДИ ЇХ ОЦІНКИ

У статті розглянуті статистичні методи прогнозування та прогнозування економічних показників на основі середньої. Розглянута можливість використання статистичних методів прогнозування в військовій справі під час планування потреби в коштах, перевірки обґрунтованості розрахунків постачальних служб, оцінці вартісних показників елементів військової техніки за їх тактико-технічними характеристиками.

**Ключові слова:** показник, фактор, помилка прогнозування, дисперсія, довірна ймовірність, рівняння регресії.

### Вступ

Прогнозування передусє плануванню і забезпечує його вихідною інформацією, набором варіантів, містять відповіді типу: «якщо ..., то ...». Прогнозування завжди здійснюється на більш далеку перспективу з тим, щоб планові показники були обґрунтовані з точки зору забезпечення майбутніх дій.

По-друге, прогнозування носить, як правило, імовірнісний характер і в силу цього містить набір альтернативних значень показника, що мають різну гарантовану імовірність того, що вони відбудуться.

### Виклад основного матеріалу

#### Статистичні методи прогнозування

Статистичні методи прогнозування містять припущення про можливість поширення сформованих тенденцій зміни економічного показника на інші значення фактору, що не увійшли в статистичну вибірку.

Таке поширення тенденцій можливе в силу інерційності економічних процесів.

Для вираження сформованих тенденцій використовуються методи згладжування економічних показників за допомогою аналізу регресії і часових рядів [2].

Застосування методу регресійного аналізу для прогнозування економічних показників припускає наявність статистичних даних при значеннях показника  $y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n$ , і відповідних кожному з них значень факторів  $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{21}, \dots, x_{22}, \dots, x_{ni}, x_n$ .

Наприклад, сума накладних витрат будівельних організацій у залежить від обсягу будівельно-монтажних робіт  $x_1$  і середньорічної чисельності робітників  $x_2$  (табл. 1).

Розглянемо найпростіший вид залежності – однофакторний.

Зв'язок між показником  $y$  і фактором  $x$  може мати різний вигляд: лінійний, параболічний, степе-невий і т.д.

Для лінійної однофакторної залежності виду значення коефіцієнтів  $a_0$  і  $a_1$  визначаються за допомогою системи рівнянь (1).

Таблиця 1

Статистичні дані витрат будівельних організацій

Організація	Об'єм робіт ( $x_1$ ) тис. грн.	Чисельність робітників ( $x_2$ ) чол.	Накладні витрати ( $y$ ), тис. грн.
1	2050	226	340
2	2440	457	470
3	3730	762	530
4	3820	626	620
5	4920	820	770
6	4380	953	830

Отримане рівняння дозволяє здійснити лише точковий прогноз, тобто знайти середнє значення показника  $y$  при фіксованому значенні фактору  $x$  (рис. 1).

$$\begin{aligned} a_0 n + a_1 \sum x_i &= \sum y_i; \\ a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 &= \sum y_i x_i. \end{aligned} \quad (1)$$

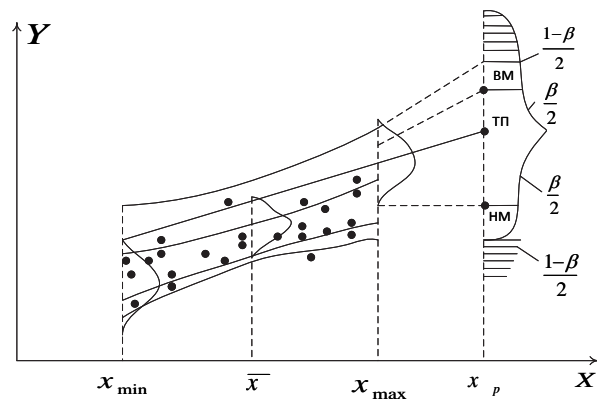


Рис. 1. Схема точкового та інтервального прогнозування:  
ТП – точковий прогноз; ВМ – верхня межа;  
НМ – нижня межа

**Приклад 1.** Звітні дані за 2013 р. про наявність автомобільної техніки і витрати грошових коштів на її експлуатацію в дев'яти з'єднаннях наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Звітні дані

З'єднання	Кількість одиниць техніки (x)	Затрати на експлуатацію техніки (y), тис. грн.
1	415	14,0
2	459	13,0
3	463	14,0
4	618	19,5
5	645	18,0
6	1299	41,0
7	1461	44,5
8	1534	50,0
9	1544	48,7

Необхідно розрахувати точковий прогноз величини витрат на 2014 р., якщо в з'єднанні буде 480 одиниць автомобільної техніки (1980 одиниць).

**Рішення.** Використовуючи статистичні дані, наведені в табл. 2, складемо допоміжну таблицю (табл. 3).

Занесемо данні граф 1–4 табл. 3 в систему рівнянь (1), знайдемо значення коефіцієнтів  $a_0$  та  $a_1$ :

$$a_0 \cdot 9 + a_1 \cdot 8438 = 262,7; \quad a_0 \cdot 8438 + a_1 \cdot 9954238 = 312086,3;$$

$$a_0 + a_1 \cdot 937,6 = 29,19;$$

$$a_0 + a_1 \cdot 1179,6916 = 36,9858;$$

$$a_1 \cdot 242,136 = 7,8056;$$

$$a_1 = 0,0322; \quad a_0 = 29,19 - 0,0322 \cdot 937,6 = -1,0;$$

$$y = 0,0322x - 1,0 \text{ тис. грн.}$$

Точковий прогноз для  $x_p = 480$  та для  $x_p = 1980$  склав:

$$y_{480} = 0,0322 \cdot 480 - 1,0 = 14,46 \text{ тис. грн.};$$

$$y_{1980} = 0,0322 \cdot 1980 - 1,0 = 62,76 \text{ тис. грн.}$$

Якщо позначити точковий прогноз економічного показника, який розраховується на основі рівняння регресії, через  $\hat{y}$ , а інтервальний –  $\bar{y}$ , тоді інтервальний прогноз можна визначити за формулою:

$$\bar{y} = \hat{y} \pm t_{\beta} \sigma_{\Sigma}, \quad (2)$$

де  $t_{\beta}$  – табличний коефіцієнт, який показує ступінь «довіри» до прогнозу [3];

$\sigma_{\Sigma}$  – помилка прогнозу.

Таблиця 3

Допоміжна таблиця

$x_i$	$y_i$	$x_i y_i$	$x_i^2$	$y_{ip}$	$ y_i - y_{ip} $	$ y_i - y_{ip} ^2$	$ x_i - \bar{x} $	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
415	14,0	5810	172225	12,36	1,64	2,68	522,55	273064
459	13,0	5967	210681	13,78	0,78	0,61	478,55	229015
463	14,0	6482	214369	13,91	0,09	0,008	474,55	225015
618	19,5	12 051	381924	18,9	0,6	0,36	319,55	225203
645	18,0	11 610	416025	19,77	1,77	3,13	292,55	102116
1299	41,0	53 259	1687401	40,83	0,17	0,030	361,44	85589
1461	44,5	65 014,5	2134521	46,0	1,5	2,25	523,44	130642
1534	50,0	76 700	2353156	48,4	1,6	2,58	596,44	273994
1544	48,7	75 192,8	2383936	48,7	0	0	606,44	355746
8438	262,7	312 086,3	9954238	262,65		11,648		2043144

Розмір помилки для прогнозування на основі лінійної однофакторної моделі залежить від основних помилок: помилок визначення самої лінії регресії, тобто коефіцієнтів  $a_0$  та  $a_1$ , помилок, викликаних розкидом індивідуальних значень щодо лінії регресії.

Внаслідок того що вибірка, як правило, не є повною, лінія регресії може бути трохи вище і трохи нижче істинного свого становища. Інакше кажучи, коефіцієнт  $a_0$  може бути більшим або меншим. Помилка у визначенні коефіцієнта  $a_0$  аналогічна помилці у визначенні середнього значення статистичної вибірки щодо значення математичного очі-

кування. Якщо похибка визначення вибіркової середньої характеризується стандартною помилкою

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}, \text{ то помилка у визначенні } a_0 - \sigma_{a_0}^2 \text{ за ана-$$

логією характеризується залишковою дисперсією  $\sigma_{xy}^2$  зменшеною в  $n$  разів,

$$\text{де } n - \text{обсяг вибірки, тобто } \sigma_{a_0}^2 = \frac{\sigma_{xy}^2}{n}.$$

На похибку, пов'язану з помилками визначення коефіцієнта  $a_1$ , який характеризує кут нахилу лінії регресії, впливає видалення розрахункового значення  $x_p$  від середини статистичної сукупності, тобто

$x_p - \bar{x}$  і розкид відхилень  $x_i$  від середнього  $\bar{x}$ . Тому дисперсія  $\sigma_{a_i}$  визначається за формулою [1].

$$\sigma_{a_i}^2 = \sigma_{yx}^2 \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}. \quad (3)$$

Під час прогнозування середнього значення показника слід враховувати тільки дисперсії  $\sigma_{a_0}^2$  та  $\sigma_{a_1}^2$ .

Оскільки дисперсія суми двох незалежних величин рівна сумі їх дисперсій, то, вважаючи коефіцієнти  $a_0$  та  $a_1$ , незалежними, можна записати

$$\begin{aligned} \sigma_{\Sigma}^2 &= \sigma_{a_0}^2 + \sigma_{a_1}^2, \quad a \\ \sigma_{\Sigma} &= \sqrt{\sigma_{a_0}^2 + \sigma_{a_1}^2} = \sqrt{\frac{\sigma_{yx}^2}{n} + \sigma_{yx}^2 \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}} = \\ &= \sigma_{yx} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}}. \end{aligned}$$

Таким чином, формула для інтервального прогнозу середнього значення показника  $\dot{y}_c$  буде мати вигляд:

$$\dot{y}_c = \dot{y} \pm t_{\beta} \sigma_{yx} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}}. \quad (4)$$

Якщо прогноз робиться для будь-якого індивідуального значення, яке може прийняти показник  $Y$ , то необхідно врахувати коливання спостережень  $y_i$  щодо лінії регресії, у вимірюванні залишкової дисперсією  $\sigma_{yx}^2$ .

У цьому випадку формула для обчислення сумарної дисперсії  $\sigma_{\Sigma}^2$  буде мати вигляд:

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_{yx}^2 + \sigma_{a_0}^2 + \sigma_{a_1}^2,$$

отже,

$$\dot{y}_i = \dot{y} \pm t_{\beta} \sigma_{yx} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}}. \quad (5)$$

**Приклад 2.** Виходячи з умов, наведених у прикладі 1, розраховують інтервальний прогноз витрат з гарантією  $\beta = 0,7$ .

**Рішення.** На основі даних, наведених у табл. 3, розраховуємо прогноз середнього значення витрат за формулою:

$$\begin{aligned} \sigma_{yx} &= \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_{ip})^2}{n}} = \sqrt{\frac{11,648}{9}} = 1,138; \\ \bar{x} &= \frac{8438}{9} = 937,6; \end{aligned}$$

для  $x_p = 480$ :

$$(x_p - \bar{x})^2 = (480 - 937,6)^2 = 209357;$$

для  $x_p = 1980$ :

$$(x_p - \bar{x})^2 = (1980 - 937,6)^2 = 1086690.$$

Приймаємо коефіцієнт  $t_{\beta} = 1,108$  [3] для  $n=9$  і  $\beta=0,7$ .

Тоді інтервальні прогнози будуть рівні: при  $x_p = 480$ :

$$\begin{aligned} \dot{y}_c &= 14,46 \pm 1,108 \times 1,138 \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{209357}{2043144}} = \\ &= 14,46 \pm 0,58; \end{aligned}$$

при  $x_p = 1980$ :

$$\begin{aligned} \dot{y}_c &= 62,76 \pm 1,108 \times 1,138 \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{1086690}{2043144}} = \\ &= 62,76 \pm 1,0. \end{aligned}$$

Таким чином, з гарантією 0,7 можна стверджувати, що в з'єднанні, що має 480 машин, витрата коштів на їх утримання буде перебувати в діапазоні 13,88–15,04 тис. грн., а в з'єднанні, що має 1980 машин, – в діапазоні 61,76–63,76 тис. грн.

Під час вибору розрахункової залежності для визначення інтервального прогнозу середнього або індивідуального значення необхідно враховувати наступне. Якщо прогноз здійснюється вищим органом, показники витрати ресурсів, які формуються як сума показників нижчестоящих органів, потрібно використовувати формулу (4). Під час формування сумарного показника відбувається взаємна компенсація відхилення значень показника від заявленого середнього. Тому фактичне значення показника незначно відхилиться від середнього. У той же час для кожної низової ланки відхилення фактичного значення від середнього може бути досить великим. Тому під час визначення потреби у грошових коштах військовими частинами слід використовувати формулу (5), а з'єднаннями і військовим оперативними командуваннями – формулу (4).

### Прогнозування економічних показників на основі середньої

Метод прогнозування на основі середньої використовується в тих випадках, коли економічний показник не має тенденції до зростання або спадання, а лише коливається щодо деякого середнього рівня [1]. У цьому випадку, якщо відомі значення рівнів часового ряду  $y_t$  ( $t = 1 \div n$ ), точковий прогноз показника визначається як просте середнє (рис. 2):

$$\dot{y}_t = \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_t}{n}. \quad (6)$$

Таблиця 5

Допоміжна таблиця

t	$y_t$	$y_t - \bar{y}$	$(y_t - \bar{y})^2$
2009 р.	1,2	0	0
2010 р.	1,15	-0,05	0,0025
2011 р.	1,2	0	0
2012 р.	1,2	0	0
2013 р.	1,25	0,05	0,0025
	6,0		0,005

Під час отримання інтервального прогнозу середнього значення слід врахувати помилку, пов'язану з відхиленням середнього значення  $\bar{y}$  від математичного очікування і яка характеризується стандартною помилкою  $\sigma_{\bar{y}} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{n}}$ . Тому при заданій довірчій ймовірності  $\beta$  інтервальный прогноз середнього значення визначається за формулою

$$y_t = \bar{y} \pm t_{\beta} \sigma_{\bar{y}}. \quad (7)$$

Під час інтервального прогнозування економічного показника для будь-якого випадкового значення необхідно враховувати розкид фактичних значень  $y_t$  щодо середнього. У цьому випадку сумарна похибка  $\sigma_{\Sigma}^2$  буде дорівнювати

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_y^2 + \sigma_{\bar{y}}^2 = \sigma_y^2 \left(1 + \frac{1}{n}\right). \quad (8)$$

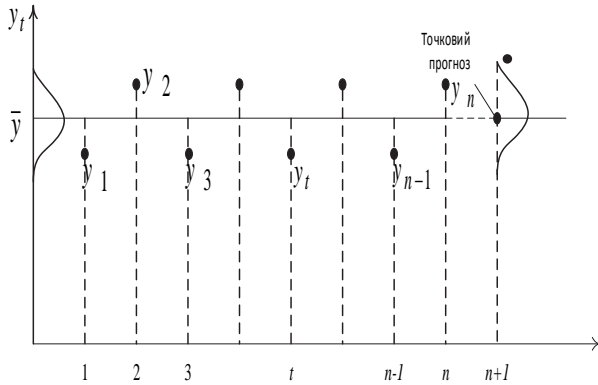


Рис. 2. Прогнозування на основі середньої

Тоді інтервальный прогноз індивідуальних значень показника буде визначатися за формулою

$$y_t = \bar{y} \pm t_{\beta} \sigma_{\bar{y}} = \bar{y} \pm t_{\beta} \sigma_y \sqrt{1 + \frac{1}{n}}. \quad (9)$$

**Приклад 3.** На основі даних про витрати на канцелярське приладдя в 2009–2013 рр., наведених у табл. 4 потрібно визначити, яка сума повинна бути запланована на 2014 р., щоб з гарантією 70 % забезпечити середню потребу з'єднання в канцелярських приладах.

Таблиця 4

Витрати на канцелярські приладдя

Рік	Затрати на канцелярські приладдя, тис. грн.
2009	1,2
2010	1,15
2011	1,2
2012	1,2
2013	1,15

**Рішення.** Попередньо складемо допоміжну таблицю (табл. 5).

На основі табличних даних знаходимо:

$$\bar{y} = \frac{\sum y_t}{n} = \frac{6,0}{5} = 1,2;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \bar{y})^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,005}{5}} = 0,032.$$

Для  $\beta=0,7$  і  $n=5$  за додатком [3] знаходимо  $t_{\beta}=1,19$ . Отже, середнє значення майбутньої витрати складе 1,2 тис. грн., а верхні і нижні гарантовані значення визначаються за формулою (5):

$$\bar{y}_{2013} = 1,2 \pm 1,19 \times 0,032 \times \sqrt{\frac{1}{5}} =$$

$$= 1,2 \pm 0,02 \text{ тис. грн.}$$

Можна стверджувати, що з гарантією 70% фактичні витрати 2014 р. будуть знаходитися в діапазоні 1,18–1,22 тис. грн., а з гарантією  $0,5 + \frac{\beta}{2} = 0,5 + \frac{0,7}{2} = 0,85$  вони не перевищать 1,22 тис. грн.

Для додання більшої «ваги» статистичним даним за останні періоди (роки, місяці і т.д.), під час точкового прогнозування на основі середньої, слід знаходити експонентну середню [2]

$$\dot{y}_{n+1} = y_n + \alpha(y_n - \dot{y}_n), \quad (10)$$

де  $\dot{y}_n$  – точковий прогноз показника  $y$  на момент  $t=n$ , проведений у попередній період, при  $t=n-1$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт враховуючий «вагу» спостережень на відрізку  $t=n-1$ ;

$y_n$  – фактичне значення показника  $y$  при  $t=n$ .

Оскільки  $\alpha = \frac{2}{n+1}$ , то  $n = \frac{2-\alpha}{\alpha}$ , тоді вираз

для інтервального прогнозу індивідуального значення прийме вид

$$\bar{y}_{n+1} = [\dot{y}_n + \alpha(y_n - \dot{y}_n)] \pm t_{\beta} \sigma_y \sqrt{\frac{2}{2-\alpha}}, \quad (11)$$

а для середнього значення

$$\bar{y}_{n+1} = [\dot{y}_n + \alpha(y_n - \dot{y}_n)] \pm t_{\beta} \sigma_y \sqrt{\frac{\alpha}{2-\alpha}}. \quad (12)$$

**Приклад 4.** Виходячи з даних, наведених у табл. 6, розрахувати верхню межу потреби в коштах на придбання канцелярського приладдя в 2014 р.

Таблиця 6

Потреби в коштах

Рік	Використано, тис. грн.	Фактично використано, тис. грн.
2009 р.	1,0	1,2
2010 р.	1,2	1,15
2011 р.	1,15	1,2
2012 р.	1,2	1,2
2013 р.	1,2	1,25

**Рішення.** Для обліку фактичних витрат в 2013 р. визначимо коефіцієнт  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{2}{n+1} = \frac{2}{5+1} = \frac{1}{3}.$$

З урахуванням результатів, отриманих у прикладі 3, і величини коефіцієнта  $\alpha$ , розрахуємо інтервальный прогноз витрат в 2014 р. за формулою (12):

$$\begin{aligned} \bar{y}_{2014} &= \left[ 1,2 + \frac{1}{3}(1,25 - 1,2) \right] \pm 1,19 \times 0,032 \times \\ &\times \sqrt{\frac{0,33}{2-0,33}} = 1,22 \pm 0,02. \end{aligned}$$

Таким чином, облік тенденції, що складається, полягає в тому, що верхня межа потреби в коштах у порівнянні з потребами в прикладі 3 піднялася до 1,25 тис. грн. Тим самим облік важливості останнього збільшення витрат в 2014 р вимагає скорегувати заявку на потребу в коштах.

## Висновки

Недоліком методу прогнозування на основі середньої є те, що він не враховує терміни прогнозування. Тому цей метод доцільно використовувати тільки для короткострокового прогнозування (на один-два періоди).

Методи прогнозування показників знаходять широке застосування в практиці економічного аналізу. Вони дозволяють на основі даних про значення факторів, що впливають на величину показників, прогнозувати значення показників і визначити точковий прогноз і інтервал, в якому буде знаходитись значення показника з заданим рівнем гарантії.

Методи прогнозування можуть широко використовуватися під час планування потреби в коштах, перевірки обґрунтованості розрахунків постачальних служб, оцінці вартісних показників елементів військової техніки за їх тактико-технічними характеристиками.

## Список літератури

1. Венцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М.: Машиностроение, 1958. – 463 с.
2. Налимов В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Издательство «Наука», 1965. – 340 с.
3. Бородюк В.П. Некоторые вопросы организации эксперимента по сбору статистического материала / В.П. Бородюк, Г.К. Круг. – М.: труд МЭИ, 1963. – 115 с.

Надійшла до редколегії 25.05.2017

**Рецензент:** д-р фіз.-мат. наук проф. С.І. Проценко, Сумський державний університет, Суми.

## ПОКАЗАТЕЛИ ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

В.И. Макеев, В.Н. Петренко, В.Е. Житник, А.Ф. Раскошный

*В статье рассмотрены статистические методы прогнозирования экономических показателей на основе средней. Обоснована возможность использования статистических методов прогнозирования в военном деле при планировании потребности в деньгах, проверки обоснованности расчетов обеспечивающих служб, оценке стоимостных показателей элементов военной техники по их тактико-техническим характеристикам.*

**Ключевые слова:** показатель, фактор, ошибка прогнозирования, дисперсия, доверительная вероятность, уравнение регрессии.

## INDICES OF MILITARY AND ECONOMIC ANALYSIS AND METHODS OF THEIR ASSESSMENT

V. Makeev, V. Petrenko, V. Zhytnyk, A. Raskoshniy

*The article deals with statistic methods of economic indices forecasting on the basis of average one. It considers an opportunity to use statistics forecasting methods in military science during planning of means need, check of supplying services calculations validity, assessment of value indices of military equipment elements according to their tactical and technical characteristics.*

**Keywords:** index, factor, forecasting error, dispersion, confidence probability, regression equation.