

УДК 69.05:658.5.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

кандидат економічних наук, доцент, Корнило І. М.

Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна, Одеса

*Представлений блок локальних прогнозів, структура якого хоча і не є єдиною можливим варіантом, представляється найбільш завершеною частиною системи прогнозування. Функціонування моделей даного блоку не тільки експериментально випробувано, вони неодноразово використовувалися для багатьох практичних розрахунків на перспективу. Однак, враховані в складі даного блоку методи комбінованого прогнозування передбачають використання експертних оцінок, способи отримання яких. проблематичні. Тому істотно розширяють і доповняють даний матеріал методики отримання та обробки експертних оцінок.*

*Ключові слова: прогнозування показників, економічний процес, кореляційна і регресивна функція, часовий ряд.*

*Кандидат экономических наук, Корныло И. М. Прогнозирование показателей организационно-экономических процессов с помощью математической модели / Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина, Одесса*

*Представлен блок локальных прогнозов, структура которого хотя и не является единственно возможным вариантом, представляется наиболее завершённой частью системы прогнозирования. Функционирование моделей данного блока не только экспериментально испытано, они неоднократно использовались для многих практических расчетов на перспективу. Однако учитываемые в составе данного блока методы комбинированного прогнозирования предусматривают использование экспертных оценок, способы, получения которых проблематичны. Поэтому существенно расширяют и дополняют данный материал методики получения и обработки экспертных оценок.*

*Ключевые слова: прогнозирование показателей, экономический процесс, корреляционная и регрессивная функция, временной ряд.*

*PhD in Economic, Kornyllo I. M. Forecasting performance of organizational processes with the help of a mathematical model / Odessa State Academy of Construction and Architecture, Odessa, Ukraine.*

*Is a block of local forecasts, the structure of which, although not the only possible option is the most complete part of the forecasting system. The operation of the block model, not only experimentally tested, they repeatedly used for many practical purposes in the future. However, included in the composition of the unit combined forecasting methods involve the use of peer review processes, which*

*produce problematic. It is therefore essential to expand and complement the material and processing techniques for the preparation of expert assessments.*

*Key words: forecasting indicators, the economic process, correlation and regression function, time series.*

**Вступ.** При аналізі організаційно-економічних явищ на основі економіко-математичних методів особливе місце займають моделі, що виявляють кількісні зв'язки між досліджуваними показниками і впливаючими на них чинниками. Кореляційні та регресійні моделі використовуються для прогнозування тих показників, для яких практично неможливо виділити стабільні відношення відносно часу.

**Формулювання мети статті та завдань.** Нові потреби сучасності ставлять перед системною організацією в будівництві складні завдання, що потребують негайного розгляду. Зміни особливо необхідні, тому що значного спаду зазнала галузь, орієнтована на виробництво будівельної продукції. Ця галузь, будучи основною матеріальною базою для будівельного комплексу, істотно впливає на темпи зростання в інших галузях і соціально-економічний стан суспільства в цілому, тому існуючі методи і моделі прогнозування, які можуть складати основу інформаційних систем, а також формулювання пропозицій щодо підвищення ефективності управління процесом прогнозування вимагають перегляду та відповідного корегування.

Сучасний період соціально-економічного розвитку України та інших постсоціалістичних країн, реформування економічних відносин, посилення глобальної конкуренції, перспектив та переваг процесу інтеграції України у світове господарство потребує передбачення майбутнього, прогнозування перспектив розвитку. Активну роботу в цих напрямках проводили і ведуть В. М. Геєць, Н. А. Дубровіна, В. В. Іванов, О. О. Карагодова, Т. С. Клебановва, Н. І. Костіна, О. О. Карагодова, О. В. Комашко, А. В. Ставицький, О. І. Черняк, Г. О. Черноус та інші. Наразі консолідація усіх вчених України в напрямку прогнозування економічного розвитку держави має першочергове значення [1].

**Виклад основного матеріалу статті.** Головна ідея цих методів полягає в тому, що подальші значення часового ряду не можуть довільно відхилятися в більшу або меншу сторону від попередніх значень часового ряду, якими б причинами не були спричинені ці відхилення. У тимчасових рядах економічних показників існує зв'язок між недавно реалізованими значеннями і значеннями, що реалізуються в близькому майбутньому. Сенс цього зв'язку такий, що якщо між близькими значеннями часового ряду існує кореляція, то, знаючи коефіцієнт кореляції, можна побудувати прогноз економічного показника. Прогноз подальших значень часового ряду можна отримати не тільки на основі минулих реалізацій кореляційної і регресивної функції, а й з урахуванням відхилень від попередніх прогнозів.

Для застосування методу прогнозування, а саме процесу прогнозування економічних показників за допомогою кореляційних функцій, необхідно, щоб вихідний часовий ряд був стаціонарний. Проте важливою особливістю часових рядів економічних показників є їх досить суттєва еволюційність, що перешкоджає реалізації методу кореляційної функції.

Для перевірки стаціонарності часового ряду в блоці локальних прогнозів використовуються певні методи. Якщо виявляється, що ряд не стаціонарний, еволюційність вихідного процесу може бути знівельована, наприклад, шляхом оперування з рядом  $\lambda_t$ , утвореним з різниць першого  $(\Delta y_t)$  або другого  $(\Delta^2 y_t)$  порядку, який потім знову наводиться до вихідного ряду  $y_t$  [2].

Отриманий часовий ряд  $\lambda_t$  центрується, тобто обчислюється ряд  $\lambda_t^0 = \lambda_t - \bar{\lambda}$ , для якого виконуються дві основні умови стаціонарності імовірнісних процесів:

$m_\lambda(t) = \mu(\lambda_t^0) = const$  - математичне очікування постійне;

$k_\lambda(t, t + \tau) = k_\lambda(\tau)$  - кореляційна функція залежить тільки від інтервалу часу  $\tau$ .

Подальший процес розрахунків звичайно триває обчисленням ненормованих коефіцієнтів кореляційної функції:

$$k_\lambda(t) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-t} \lambda_t^0 \lambda_{t+i}^0,$$

$$\tau = 0, 1, \dots, n-1.$$

В блоці локальних прогнозів використовуються нормовані коефіцієнти кореляційної функції  $r_\lambda(\tau)$ , які більш придатні для прогнозування економічних процесів.

Вони визначаються на основі виразу:

$$r_\lambda(\tau) = \frac{k_\lambda(\tau)}{k_\lambda(0)} = \frac{\sum_{i=1}^{n-i+1} \lambda_t^0 \lambda_{t+i}^0 + i - 1}{\sum_{i=1}^n (\lambda_t^0)^2},$$

де  $0 \leq r_\lambda(\tau) \leq 1$ ;  $\tau = 0, 1, \dots, n-1$ .

Коефіцієнти  $r_\lambda(\tau)$  добре відображають тенденції вихідного економічного процесу і характеризують тісноту зв'язку між окремими періодами розвитку цього процесу. Як показує аналіз рядів  $r_\lambda(\tau)$  вони мають властивість ергодичності, тому для їх прогнозування на їх перспективний період можна використовувати одну з функцій виділених класів трендових моделей.

Після отримання прогнозу нормованих коефіцієнтів кореляції  $r_\lambda(\tau)$  на період  $L$  подальші розрахунки проводяться за методикою, запропонованою А.Д. Смирновим і Б.М. Широковим[3,4]:

вирішується система рівнянь щодо  $a_\lambda$ :

$$R_{\lambda}(\tau)a_{\lambda} = r_{\lambda}(\tau + L), \quad (1)$$

де  $a_{\lambda}$  - ваги зосереджених значень вихідного часового ряду,  $\tau = 0, 1, \dots, n-1$ ;

оскільки  $R_{\lambda}(\tau)$  - симетрична квадратна матриця, шукані ваги  $\tau = 0, 1, \dots, n-1$  визначаються наступним чином:

$$a_{\lambda} = R_{\lambda}^{-1}r_{\lambda}(\tau + L);$$

на основі отриманих ваг визначаються прогнозовані оцінки зосереджених часових рядів, для цього використовується формула:

$$\lambda_{t+t}^{0p} = \sum_{i=1}^n a_i \lambda_{t-1}^0, \quad t = 1, 2, \dots, n; \quad t = 1, 2, \dots, L: \quad (2)$$

складаючи отримані оцінки з математичним очікуванням вихідного процесу, визначаємо прогнозні оцінки показника:  $\lambda_{t+t}^p = \lambda_{t+t}^{0p} + m$ .

Тут можуть бути два випадки: якщо прогнозування проводилося за центровані часових рядів перших різниць  $\Delta\lambda_t^0$ , перехід до прогнозних оцінок  $\Delta\lambda_t^p$  здійснюється за формулою:

$$\Delta\lambda_t^p = \Delta\lambda_t^{0p} + \Delta\bar{\lambda}$$

або

$$\lambda_{t+1}^p = \lambda_t^p + \Delta\lambda_t^{0p} + \Delta\bar{\lambda},$$

де  $t = 0, 1, \dots, n$  та  $\lambda_0^p = \lambda_0$ ;

у разі прогнозування за центрованими часовими рядами других різниць перехід до прогнозних оцінок здійснюється за формулою:

$$\Delta^2\lambda_t^p = \Delta^2\lambda_t^{0p} + \Delta^2\bar{\lambda}$$

або

$$\lambda_{t+2}^p = 2\lambda_{t+1}^p - \lambda_t^p + \Delta^2\lambda_t^{0p} + \Delta^2\bar{\lambda},$$

де  $t = 0, 1, \dots, n$  та  $\lambda_0^p = \lambda_0, \lambda_1^p = \lambda_1$ .

Як показує досвід по кореляційному прогнозуванню економічних показників, використання різниць більш ніж другого порядку призводить до нівелювання кореляції, що знижує якість прогнозу. У блоці локальних прогнозів обмежуємося взяттям різниць другого порядку. Цього, ймовірно, буде достатньо, щоб позбутися від еволюційності вихідних часових рядів економічних показників.

При прогнозуванні по кореляційній функції в прогнозі беруть участь всі спостереження з убутними вагами. Проте в системі комплексного планування є такі економічні показники, для яких прогнозування по кореляційній функції доцільно через великі стрибки у тимчасових рядах. Якщо часовий ряд нестійкий, тобто маються стрибкоподібні зміни, то достатньо, щоб в прогнозі брали участь від одного до п'яти попередніх спостережень часового ряду[5].

Такий прогноз проводиться наступним чином: спочатку встановлюється тіснота зв'язку окремих членів часового ряду один з одним за допомогою коефіцієнта кореляції:

$$r_{y_T y_{T-L}} = \frac{y_T y_{T-L} - \bar{y}_T \bar{y}_{T-L}}{\sigma_{y_T} \sigma_{y_{T-L}}},$$

де  $L$  - період прогнозування.

Потім будується рівняння регресії, причому вид зв'язку передбачається лінійним, що достатньо при прогнозуванні на короткострокову і середньострокову перспективу. Рівняння регресії можна записати у вигляді:

$$\bar{y}_T = a + b_{y_{T-L}}, \quad (3)$$

де коефіцієнти  $a$  і  $b$  знаходяться за допомогою формул:

$$a = \bar{y}_T - b_{y_{T-L}}; \quad b = r_{y_T y_{T-L}} \frac{\sigma_{y_T}}{\sigma_{y_{T-L}}},$$

Рівняння регресії можна зробити більш точним, якщо в нього ввести вираз для поглинення відхилень, передбачаються від емпіричних значень. Нехай  $\bar{y}_T - y_T = \Delta y_T$ , тоді рівняння регресії набуде вигляду:

$$\bar{y}_T = a + b_{y_{T-L}} + c \Delta y_{z-L}, \quad (4)$$

а коефіцієнти  $a$ ,  $b$  і  $c$  визначатимуться за формулами:

$$b = \frac{r_{y_T y_{T-L}} - r_{y_T \Delta_{T-L}} \times r_{y_{T-L} \Delta_{T-L}}}{1 - r_{y_T \Delta_{T-L}}^2} \times \frac{\sigma_{y_T}}{\sigma_{y_{T-L}}},$$

$$c = \frac{r_{y_T \Delta_{T-L}} - r_{y_T y_{T-L}} \times r_{y_{T-L} \Delta_{T-L}}}{1 - r_{y_T \Delta_{T-L}}^2} \times \frac{\sigma_{y_T}}{\sigma_{y_{T-L}}},$$

$$a = \bar{y}_T - b y_{T-L} - c \Delta_{T-L}.$$

Рівняння дозволяє здійснити прогноз з подвійним коригуванням згідно попереднього рівня і за попереднім відхиленням дійсного рівня від передбачення рівнянням регресії. Аналогічно можна провести коригування і більш високого порядку. Більше того, процес коригування можна зробити рекурентним, тобто, це коли об'єкт є частиною самого себе.

Проблеми створення систем прогнозування в першу чергу стосуються побудови такого комплексу моделей, який би характеризувався необхідною точністю, простотою, гнучкістю в застосуванні і прозорістю в оцінці параметрів[2].

**Висновки.** Отже, необхідно диференційовано підходити до кожного тимчасовому ряду. Тільки всебічний аналіз може підказати, на скільки років, з якою надійністю і достовірністю можна прогнозувати той чи інший економічний показник.

З раніше сказаного випливає, що коефіцієнти кореляційних і регресивних функцій відображають найбільш істотні тенденції базового періоду, тому їх можна використовувати в сьогоденні і майбутньому. Причому зважування проводиться таким чином, що більш пізні спостереження надають не майбутнє більший вплив, ніж ранні спостереження, що має велике значення для часових рядів зі стрибкоподібною тенденцією.

**Література:**

1. Гесць В. М. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування / В. М. Гесць, Т. С. Клебановва, О. І. Черняк, В. В. Іванов, Н. А. Дубровіна, А. В. Ставицький - Харків: ВД "ІНЖЕК", 2005. – 396с.
2. Берзлев О. Ю. Сучасний стан інформаційних систем прогнозування часових рядів / О. Ю. Берзлев // Зб.наук.пр. «Управління розвитком складних систем». – Вип.13. – Київ: КНУБА. 2013. – С. 78-82.
3. Смирнов А. Д. К проблеме оптимального экономического прогнозирования / А. Д. Смирнов // Сб.науч.тр. «Экономика и математические методы». – т.2, Вып.5. – М., 1966. – С.641-656.
4. Широков Б. М. Об экономическом предсказании с помощью автокорреляционных функций / Б. М. Широков // Сб.науч.тр. «Модели и методы планирования и управления в экономике». – Вып. 74. – М., 1969.
5. Герасенко В. П. Теоретические основы экономического прогнозирования эффективности оргструктур предприятий [Электронный ресурс]/ В. П. Герасенко. – Режим доступа:// <http://www.m-economy.ru>

**Refereces:**

1. Geets V. M. Modeli i metodi sotsialno-ekonomichnogo prognozuvannya / V. M. Geets, T. S. Klebanovva, O. I. Chernyak, V. V. Ivanov, N. A. Dubrovina, A. V. Stavitskiy - Harkiv: VD "INZhEK", 2005. – 396s.
2. Berzlev O. Yu. Suchasniy stan informatsiynih sistem prognozuvannya chasovih ryadiv / O. Yu. Berzlev // Zb. nauk. pr. «Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem». – Vyp.13. – Kiyiv: KNUBA. 2013. – S. 78-82.
3. Smirnov A. D. K probleme optimalnogo ekonomicheskogo prognozirovaniya / A. D. Smirnov // Sb. nauch. tr. «Ekonomika i matematicheskie metody». – t.2, Vyp.5. – M., 1966. – S.641-656.
4. Shirokov B. M. Ob ekonomicheskom predskazanii s pomoshchyu avtokorrelyatsionnykh funktsiy / B. M. Shirokov // Sb.nauch.tr. «Modeli i metody planirovaniya i upravleniya v ekonomike». – Vyp. 74. – M., 1969.
5. Gerasenko V. P. Teoreticheskie osnovy ekonomicheskogo prognozirovaniya effektivnosti orgstruktur predpriyatiy [Elektronnyy resurs]/ V. P. Gerasenko. – Rezhim dostupa:// <http://www.m-economy.ru>