

УДК 338

*С.Л. Корецький, Г.М. Квіта,
М.І. Молдованов*

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕТОДОМ ДИНАМІЧНОГО ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ

У статті розглядається сутність методу динамічного факторного аналізу. Запропоновані та обґрунтовані етапи методики прогнозування економічних процесів методом динамічного факторного аналізу.

The essence of dynamic factor analysis method is examined in the article. There is offered the reasonable stages as for methodology of economic processes prognostication by the method of dynamic factor analysis.

Ключові слова: динамічний факторний аналіз, прогнозування економічних процесів, регресійна модель, кластерний аналіз.

У сучасних умовах економіки України важливим є досконально пізнати сутність і розвиток будь-якого досліджуваного явища, що можливо лише за умови розкриття його внутрішнього змісту, з'ясування взаємозв'язку між складовими частинами. Всі економічні явища та процеси перебувають у взаємозв'язку та певній обумовленості, при чому кожне явище можна розглядати як причину, так і як результат. Результативний показник залежить від багаточисельних та різнобічних факторів, і чим детальніше вивчаються впливи факторів на кількість результативного показника, тим точніше результати аналізу й оцінка якості прогнозу. Варто зазначити, що ці фактори мають причинно-результативні зв'язки та є динамічними. Вагомий внесок щодо конкретного дослідження даної проблеми зробили багато науковців, зокрема: Гитис Л.Х., Ким Дж.-О., Корецький С.Л., Лерман Л.Б. та ін.

Метою статті є розробка та впровадження методики прогнозування економічних показників із застосуванням методу динамічного факторного аналізу, яка в умовах нестабільної ринкової економіки надасть можливість проводити глибокий аналіз економічних явищ.

Зазначена методика складається із певних етапів.

На першому етапі відбувається початкова підготовка даних та відбір показників для проведення прогнозування. До того ж, для прогнозування теоретично можуть бути використані будь-які показники, що чисельно характеризують зміни в процесі, що досліджується. На практиці варто використовувати метод динамічного факторного аналізу, який не має поняття «залежної» змінної, а в процесі регресійного аналізу формуються базові підмножини показників для прогнозування. Як альтернативний підхід варто використовувати метод кластерного аналізу для побудови ієрархічного дерева клатеризації вихідних змінних. Таким чином буде одержана група показників, кожна з яких, як правило, характеризує одну з якостей процесу, що вивчається.

Другий етап – побудова моделі та оцінка якості прогнозу. Після сформування набору ознак для прогнозування відбувається процес побудови моделі. В якості параметрів моделі можуть використовуватися такі: коефіцієнти ваги показників; коефіцієнт співвідношення динамічної та стохастичної частини моделі; коефіцієнт нормування; лаг запізнення; кількість безрозмірних чинників, які будуються в моделі; період оцінювання; період, для якого будується прогноз; система пріоритетів показників із погляду налаштування моделі; технічні параметри організації вводу-виводу тощо.

Ця методика використовує метод динамічного факторного аналізу, який серед багатьох інших має достатньо оригінальну якість. Наведені вище параметри моделі дають стільки простору для настройки моделі, що це може розцінюватися як із позитивного, так і з негативного боку. Позитивним є той факт, що майже всі процеси, які мають якусь внутрішню логіку розвитку, можуть бути практично змодельовані. Але процес пошуку моделі може бути досить довгим. Враховуючи кількість параметрів та діапазон їх значень, можна визначити, що у деяких випадках побудова моделі – це різновид творчості. Практично це виглядає таким чином: науковець, який буде модель, задає якийсь набір параметрів, одержує результат, оцінює його якість із своєї точки зору (спираючись на дані результату) та чи продовжує розрахунки, задаючи інший варіант параметрів, чи припиняє процес. Для полегшення цього процесу розроблено кілька варіантів програмного забезпечення, що реалізує метод динамічного факторного аналізу, а саме:

- програма, що будує модель для одного фіксованого набору параметрів;
- програма, що проводить ітеративну серію розрахунків покроково, змінюючи один чи кілька параметрів моделі;
- програма, що виділяє один із показників і будує модель таким чином, щоб апроксимація з цього параметру була якіснішою;
- програми виводу графічного результату на екран монітору.

На практиці побудова моделі відбувається в декілька кроків.

Перший крок. Будується якась опорна модель у кількох варіантах, які здебільше носять досить «усереднений» характер. Так, спочатку, всі ваги показників приймаються рівними 1.0, а декілька перших варіантів відрізняються значенням періоду запізнення та кількістю чинників.

Другий крок. Після аналізу перших результатів виконуються серії ітеративного пошуку та будується серія моделей, з яких відбираються кращі.

Третій крок. На основі порівняння кращих моделей, зменшуючи крок ітерацій, будується остаточний варіант.

Четвертий крок. Оцінюється якість моделі за допомогою двох класичних підходів: адекватність моделі та точність прогнозу.

Адекватність моделі фактичному розвитку процесу досліджується, як правило, порівнюючи фактичні та розрахункові значення із використанням графічної картини результатів апроксимації. А точність прогнозу оцінюється за допомогою досить стандартної системи показників, в основі яких відображається порівняння результатів моделювання на базовому періоді та прогнозування контрольного періоду, який відомо [1].

Зазначена вище методика прогнозування використовує метод динамічного факторного аналізу (ДФА), що був запропонований С.Л. Корецьким і Л.Б. Лерманом. Цей метод дозволяє, маючи обчислені динамічні фактори, екстраполювати їх уперед, і в момент часу $(t+1)$ чи $(t+2)$ розвернути їх у вихідні ряди. Таким чином прогнозується вся система показників, а якість прогнозування перевіряється безпосередньо при моделюванні. Дані відомого періоду розподіляються на базовий період і контрольний. За базовим періодом (80–85 %) даних будується модель і потім порівнюється з контрольними значеннями, які відомі. З великого числа пробних моделей (вони будуються ітеративно) відбираються найкращі, з яких і будуються основні моделі (з усіх даних) з прогнозом уперед. Оскільки базових моделей декілька, отримуємо поле прогнозу, що дає оцінку можливого розсіювання значень. Слід зауважити, що, як і в будь-якому методі прогнозування, прогноз є вірогідним, якщо зв'язки процесу зберігаються [2–4].

Розглянемо формальний опис зазначеного вище методу прогнозування.

Нехай стан деякої динамічної системи характеризується k показниками $y_i = y_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, k$), що залежать від параметра t . Значення показників відомі для дискретних значень параметра t_j ($j = 1, 2, \dots, p$), а як одиницю виміру параметра прийнятий крок його приросту $\Delta t = t_j + 1 - t_j = 1$, отже, $t_1 = T_p$, $t_2 = T_1 + 1$, ..., $T_p = T_1 + p - 1 = T_2$

Таким чином, стан системи описується k векторами – стовпцями y_i виду (1):

(1)

Відповідно до загальноприйнятої термінології параметр t розглядається як часова змінна (у більшості прикладних задач роль параметра дійсно відіграє саме час), а числові вектори $y_i = y_i(t)$ одержали назву відрізків емпіричних часових рядів, чи, коротко, просто часових рядів [5–6].

Завдання прогнозу полягає у визначенні стану економічної системи в «майбутньому», тобто в продовженні часових рядів за період спостережень на деякий кінцевий відрізок зміни перемінної t . Зазначимо, що значення показників, одержані у результаті спостережень, і у зв'язку з цим мають випадковий характер, а вектори y_i можна розглядати як випадкові.

У загальному випадку не можна одержати декілька значень показника в той же самий момент часу, і ця обставина не дає можливості застосувати методи математичної статистики для оцінки емпіричних функцій розподілу, чи зробити обґрунтовані припущення щодо виду функції розподілу для застосування методів теорії ймовірностей. Також важливо відзначити, що показники y_i не зобов'язані бути функціонально незалежними. Навпаки, задача встановлення зв'язку між емпіричними часовими рядами є істотною складовою рішення задачі опису стану і розвитку динамічних стохастичних систем.

Розглянемо також систему функцій $F_m = F_m(y_1, y_2, \dots, y_k)$, $m = 1, 2, \dots, M$, ($M \leq k$), що представляють собою деякі числові вектори. Будемо називати функції F_m динамічними факторами, якщо за допомогою їх можна одержати деякі однозначні оцінки заданих часових рядів.

У реалізованій моделі приймається, що динамічні фактори визначаються лінійними функціями. У цьому випадку й оцінки заданих часових рядів, тобто їхнє представлення через фактори, описуються лінійними функціями. Якщо в моделі використовується тільки один (перший) фактор, то, опускаючи відповідні індекси, цей фактор представляється у вигляді (2):

$$F(t) = \sum_{i=1}^k a_i y_i(t), \quad (2)$$

де a_i — деякі числові коефіцієнти, що не рівні одночасно нулеві.

А оцінки показників будуть мати вигляд (3):

$$\hat{y}_i(t) = d_{i0} + d_i F_i, \quad (i=1, 2, \dots, k) \quad (3)$$

де d_{i0} , d_i — коефіцієнти лінійної регресії.

У загальному випадку при обліку M факторів рівняння лінійної регресії (оцінки) показників записується у виді (4):

(4)

Перший фактор обчислюється з вихідних динамічних рядів. Далі з кожного ряду повинні бути відняті значення, що знайдені з відповідного рівняння регресії (3), що виражає цей ряд через даний фактор. Отримані резидуальні змінні $y_r(t) = y(t) - \hat{y}(t)$, тобто фактично нові часові ряди, приймаються як вихідні для визначення наступного фактора, після цього будується рівняння регресії (4), але вже з обліком двох факторів і обчислюються нові резидуальні ряди. Процес продовжується до тих пір, поки всі необхідні фактори не будуть визначені.

Зазначимо, що кількість факторів визначається специфікою задачі і залежить від якості оцінки (4), але, у будь-якому разі, число факторів не може бути більшим, ніж число показників. У загальному випадку замість (2) будуть мати місце рівності (5) та (6):

$$F_m(t) = \sum_{i=1}^k a_i^{(m-1)} y_i^{(m-1)}(t), \quad (m=1,2,\dots,M) \quad (5)$$

(6)

Основна ідея ДФА полягає в тому, що дослідження динаміки системи часових рядів зводиться до аналізу динаміки уведених факторів. Для оцінки динамічних властивостей останніх застосовуються відомі авторегресійні схеми, згідно з якими значення функції визначаються декількома (можливо й усіма) значеннями функції в попередні моменти часу. У найпростішому випадку лінійної авторегресії передбачається, що мають місце такі оцінки факторів (7):

$$y_i^{(m)}(t) = \{y_i^{(m-1)}(t) - \hat{y}_i(t)\} \quad m=1,2,\dots,M-1 \quad (7)$$

де L – максимальна довжина запізнювання, c_{m0} , c_{km} – деякі коефіцієнти. $m=1, 2, \dots, M$.

Таким чином, розглянута модель складається з трьох різних, одночасно існуючих груп рівнянь. Першу групу складають рівняння факторів (2), другу – динамічні рівняння факторів (7), кожне з яких є оцінка m -го фактора за авторегресійною схемою. А третю групу складають рівняння регресії (3) і (4), що виражають вихідні числові ряди через динамічні фактори. При цьому після побудови першого фактора і обчислення з його допомогою оцінки вихідних часових рядів для визначення наступних факторів використовуються вже резидуальні ряди.

Для одержання прогнозних значень вводиться припущення щодо динамічної інваріантності системи, що досліджується, тобто вважається, що функціональні зв'язки, що існували у визначений відрізок часу з моменту спостережень, будуть зберігатися й у майбутньому. Це означає, що рівняння (4) та (7) можна застосовувати і для значень часу $t > T_2$. Тоді, одержавши прогнозні значення факторів із рівняння (7) для відповідних значень t , можна побудувати прогноз розвитку динамічної системи для кожного ряду. При цьому для обчислення прогнозних значень показників у рівняннях (4) замість факторів використовуються їх авторегресійні оцінки (7), тобто (8):

(8)

Очевидно, модель буде цілком визначена, якщо константи a_{im} , c_{m0} , c_{km} , d_{mi} будуть належним чином знайдені [7–8].

Зазначимо, що метод динамічного факторного аналізу є важливою складовою методикою прогнозування економічних процесів, що дає можливість спрогнозувати результуючий показник, вважаючи, що всі фактори, які на нього впливають, мають причинно-результативні зв'язки та є динамічними.

1. *Гитис Л.Х.* Кластерный анализ в задачах классификации, оптимизации и прогнозирования / Х.Л. Гитис; Моск. гос. горный ун-т. – М.: Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2001. – 104 с.; 2. *Калинина В.Н.* Введение в многомерный статистический анализ: [учеб. пособие] / В.Н. Калинина, В.И. Соловьев; ГУУ. – М., 2003. – 66 с.; 3. *Квіта Г.М.* Кластерний аналіз у дослідженні мотиваційної структури персоналу підприємства / Г.М. Квіта // Актуальні проблеми економіки. – К., 2009. – № 3 (93). – С. 226–230; 4. *Кендалл М.* Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М.: Наука, 1976. – 375 с.; 5. Актуальні проблеми економічної кібернетики: [колектив. наук. монограф за ред. д.е.н., проф. О.Ю. Чубукової, д.т.н., проф. В.Я. Рубана]. – К.: «Стілос», 2012. – 366 с.; 6. *Корецький С.Л.* Прогнозування показників ефективності інноваційної діяльності за допомогою динамічного факторного аналізу / С.Л. Корецький, Н.В. Геселева // Прогнозування соціально-економічних процесів: тези доповіді міжн. наук-практ. конф., 6–8 жовтня, Бердянськ / ХНЕУ, 2012. – С.121–123; 7. *Корецький С.Л.* Використання динамічного факторного аналізу в прогнозуванні розвитку стохастичних і детермінованих систем / С.Л. Корецький, Л.Б. Лерман, О.С. Роскач // Машинна обробка інформації. – Вип. 59. – К., 1997; 8. *Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер.с англ.* / Дж.-О. Ким [и др.]; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.