

Владислав А. Ковбаса*

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІНАНСОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

В статті розглянуто та систематизовано основні базові економіко-математичні методи фінансового прогнозування, що включають побудову регресійних моделей, адитивної та мультиплікативної моделей декомпозиції, використання методу гармонійних ваг. В праці розкрито алгоритм застосування відповідних інструментів. Робота містить рекомендації, за яких умов варто використовувати той чи інший метод.

Ключові слова: фінансове прогнозування, побудова тенденції методом регресії, метод гармонійних ваг, адитивна модель декомпозиції, мультиплікативна модель декомпозиції.

Форм. 25. Літ. 18.

DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-278-173-180

Vladyslav A. Kovbasa

SYSTEMATIZATION OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL METHODS OF FINANCIAL FORECASTING

The article examines and systematizes the main basic economic and mathematical methods of financial forecasting, including the calculation of regression models, additive and multiplicative decomposition models, and the use of the method of harmonic weights. The work describes the algorithm for using the appropriate instruments. It contains recommendations about the conditions suitable for each method mentioned above.

Keywords: financial forecasting, trend building using regression method, harmonic weights method, additive decomposition model, multiplicative decomposition model.

Peer-reviewed, approved and placed: 02.08.2024.

Постановка проблеми. Спрогнозовані показники є важливими складовими даних, безпосередньо необхідних в процесі управління підприємством та прийнятті управлінських рішень його керівництвом. Фінансові прогнози корисно будувати як на рівні топ-менеджменту, так і структурним підрозділам компанії. На їх основі будується стратегія та тактика розвитку підприємства, його цільові показники виробництва, бюджетна, інвестиційна, кадрова політики тощо. Фінансовий прогноз є основою для постановки цілей діяльності підприємства та розробки найефективніших шляхів їх досягнення. Визначення тенденцій, коригування їх на сезонність, дисконтування інформації по більш раннім членам динамічного ряду є важливим інструментарієм у побудові фінансових прогнозів, який, однак застосовується відносно рідко, що є незаслуженим, оскільки методи побудови таких прогнозів є відносно доступними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Математичний апарат для розрахунку та обґрунтування прогнозних значень використовується вже давно, при цьому в економічних дослідженнях значного поширення він почав набувати лише в XIX ст., але у XX столітті економетрика набула свого розквіту. Так, польський дослідник З. Хелвіг глибоко дослідив можливості використання лінійної регресії у економіці в сфері промисловості, також ним

* Kyiv National University of Economics named after Vadym Hetman. Ukraine.

було запропоновано метод гармонійних ваг [1]. Дж. Герард показує приклади застосування економетричного апарату в аналізі та прогнозуванні інструментів фінансових ринків [2]. Питання розкладання економічних даних на компоненти включаючи сезонний було описане У. Пірсоном ще у 1919 році [3]. І. Лук'яненко та О. Фари́на розглянули різні методи оцінки макроекономічної стабільності в Україні, в тому числі з використанням авторегресійної моделі [4]. Також використання економіко-математичного моделювання і прогнозування для вирішення проблем на мікро- і макрорівні досліджувалось в роботі М. Мельникової [5]. О. Турченко розглянуто питання модернізації існуючих підходів фінансового прогнозування в інвестиційній діяльності в галузевому вимірі [6].

Мета дослідження полягає в аналізі дієвих та доступних економетричних інструментів побудови фінансових прогнозів компанії, їх систематизації та чіткому визначенні обмежень та можливостей, які вони надають, що повинне сприяти підвищенню ефективності роботи підприємств на вітчизняному ринку.

Основні результати дослідження. Економетричні моделі є дієвим та достатньо точним інструментом для побудови фінансових прогнозів у арсеналі підприємства, однак кожна з них має ряд переваг та недоліків, які визначають можливість їх використання у різних умовах. Вони базуються на динаміці економічних показників, які при правильному виборі факторів, що впливають на них, дозволяють отримати прогнозні значення, реалізація яких характеризується заданою величиною імовірності. Кожна фінансова модель має свої обмеження, строковість, врахування міри волатильності та інші характеристики, які використовуються у побудові фінансових прогнозів підприємств у відповідні часові проміжки.

Важливо, що в завданнях фінансового прогнозування за допомогою економетричних моделей використовуються часові ряди, в яких значення минулого містять інформацію про їх рух у майбутньому, тобто закладені у них тенденції матимуть подальший прояв.

Серед базових економетричних моделей, які можна застосовувати з метою побудови прогнозу є лінійна парна регресія, яка базується на функції з двома змінними:

$$Y = f(X) + e \quad (1)$$

де Y – результативна змінна; X – факторна змінна; e – випадкова компонента.

В даному випадку зміна значення факторної змінної X впливає на зміну значення результативної (Y). Випадкова компонента в таких моделях не враховується, адже вона є відхиленням, отриманим при помилках спостереження, від впливу одноразових факторів тощо. Така лінійна залежність, розрахована базуючись на вищезгаданих змінних описується наступним рівнянням:

$$Y_x = ax + b \quad (2)$$

де Y_x – результативна змінна; a – коефіцієнт регресії; b – вільний член рівняння.

Параметри a та b такого рівняння отримуються з використанням методу найменших квадратів:

$$a = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2} \quad (3)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (4)$$

Модель такого типу є достатньо простою та використовується дуже часто у довгострокових прогнозах, оскільки в них важко спрогнозувати нові специфічні фактори впливу на результативну змінну, кількість яких стрімко зростає з часом, тому висувається гіпотеза про збереження лінійної залежності результативної змінної від факторної. Також дана модель використовується при наявності чіткої лінійної залежності факторної та результативної змінних. Іноді у фінансових моделях частина прогнозу, наприклад, до п'яти років будується із врахуванням додаткових тимчасових чинників, а далі прогноз продовжується в лінійному вигляді, для розрахунку якого також можна застосувати лінійну парну регресію, та використати лише частину тренду, яка відповідатиме такому віддаленому проміжку часового ряду.

Точність такого прогнозу очікувано є нижчою, оскільки модель лінійної залежності не є адаптивною, не включає можливість сезонних коливань, стадій життєвого циклу підприємства чи його продукту, не відображає інших взаємозалежностей.

Також парна лінійна регресія дуже часто є в тому чи іншому вигляді складовою великої кількості інших моделей, таких як логарифмічна, експоненціальна, степенева, гіперболічна регресії, аддитивна та мультиплікативна моделі декомпозиції, методу гармонійних ваг тощо.

Інші види залежностей, що описуються парними регресіями включають:

Поліноміальну залежність різних ступенів (для прикладу наведено поліноми другого та третього ступенів):

$$Y_x = ax^2 + bx + c \quad (5)$$

$$Y_x = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (6)$$

Експоненціальну:

$$Y_x = ae^{bx}, \quad (7)$$

Логарифмічну:

$$Y_x = a + b \cdot \ln x \quad (8)$$

Степеневу:

$$Y_x = ax^b, \quad (9)$$

Гіперболічну:

$$Y_x = a + \frac{b}{x}, \quad (10)$$

Логістичну:

$$Y_x = \frac{1}{a + bc^x}, \quad (11)$$

Є й інші, більш рідкісні залежності, такі як S-подібна, обернена логарифмічна, вигляду кривої Гомперця тощо, однак застосовуються вони значно рідше.

Дані моделі зводяться до лінійного вигляду за допомогою математичних перетворень [7, с. 169; 1, с. 51] способами логарифмування ($\ln y$) або зворотнього перетворення ($1/x$), після чого розв'язуються методом найменших квадратів.

Функції, отримувані завдяки таким моделям не є прямими, відтак їх кривизна все більше і більше спотворює прогноз з часом за умови лінійної залежності між факторною та результативною змінними.

Відтак такі моделі використовують або за умови чітко визначеної залежності відповідного типу, або для побудови прогнозу на короткостроковий період, або ж для заміщення розрахунковими відсутніх фактичних даних в середині вибірки.

Вказані криві зростання не передбачають включення сезонної компоненти, тобто повторюваного зростання та спадіння графіку в межах короткого періоду часу (до року). Базовим, однак доволі дієвим способом прогнозування з врахуванням сезонності є побудова двох доволі схожих між собою адитивної або мультиплікативної моделей декомпозиції. Такі моделі мають наступний вигляд [8, с. 95]:

Адитивна

$$Y = T + S + e \quad (12)$$

Мультиплікативна

$$Y = T * S * e \quad (13)$$

де T — трендова компонента; S — сезонна компонента; e — випадкова компонента.

Для побудови таких моделей в першу чергу ковзаюче середнє із довжиною згладжування з кількістю періодів на рік, в межах яких прослідковується сезонність:

$$SMA = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}, \quad (14)$$

де n — довжина згладжування.

Далі отриманий ряд даних центрують, розраховуючи центровану ковзаючу середню:

$$SMA_c = \frac{SMA_x + SMA_{x+1}}{2} \quad (15)$$

Наступним кроком проводять оцінку сезонної компоненти S , шляхом розрахунку різниць фактичних даних ряду до центрованої ковзаючої середньої для адитивної моделі:

$$S_o = Y_i - SMA_c \quad (16)$$

Та відношень фактичних даних ряду до центрованої ковзаючої середньої для мультиплікативної моделі:

$$S_o = \frac{Y_i}{SMA_c} \quad (17)$$

Далі знаходимо середню оцінку сезонної компоненти по періодам, наприклад, середнє за 1 квартал по всім рокам, на основі чого розраховується коригуючий коефіцієнт:

Для адитивної моделі:

$$C_c = \frac{\sum S_o}{n} \quad (18)$$

Для мультиплікативної моделі:

$$C_c = \frac{n}{\sum S_o} \quad (19)$$

Даний коефіцієнт дозволяє знайти скориговану сезонну компоненту S_x шляхом знаходження різниць між середніми оцінками сезонної компоненти S_o та C_c для адитивної моделі та добутків між ними для мультиплікативної. Сума S_x повинна становити 0 для адитивної моделі та n – для мультиплікативної.

Далі шляхом віднімання для адитивної та ділення для мультиплікативної фактичні дані ряду очищають від сезонної компоненти, використовуючи для цього показник S_o та методом найменших квадратів знаходять трендову компоненту T .

Додаючи S_o до розрахункового прогнозного значення T можна формувати прогноз на подальші періоди. Для розрахунку T можна використовувати і нелінійну регресію.

Існують випадки, коли чинники, що формують значення факторної змінної змінюються чи доповнюються з часом і при побудові прогнозу важливо знижувати вплив більш ранніх даних, збільшуючи при цьому вплив нових, таким чином формуючи адаптивний прогноз, який оновлюється з наповненням новою інформацією та більшою мірою враховує саме нові дані для отримання прогнозного значення, тобто модель дисконтує більш стару інформацію на користь нової. Якісно побудувати прогноз таким чином дозволяє метод гармонійних ваг [9, с. 14].

Для методу гармонійних ваг важливо аби період, за який є наявні дані був достатньо тривалим та накопичив достатню кількість інформації задля подальшого створення прогнозу, динамічний ряд має бути без раптових перепадів, відносно близький до тренду, а явище, що прогнозується повинне тривалий час піддаватись впливу відносно стабільного набору факторів.

Побудова прогнозу за методом гармонійних ваг починається з поділу вихідної вибірки на фази k . Кількість рівнів фази зазвичай обирають рівною 3-5, при цьому k має бути меншим за число членів часового ряду. При цьому кожна фаза розміщена одна відносно одної у вигляді ковзаючої середньої, тільки в

даному випадку розраховується не вона, а лінійний тренд за методом найменших квадратів, тобто будується парна лінійна регресія для кожної окремої фази, відтак отримуємо ковзаючий тренд підставляючи відповідні значення x у отримані рівняння тенденції. Середнє значення визначається за формулою:

$$\overline{y_x}(x) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i(x), i = \overline{1, n - k + 1} \quad (20)$$

Далі необхідно розрахувати прирости, які дорівнюють різниці середніх значень ковзаючих трендів:

$$\Delta y_{x+1} = \overline{y_{x+1}} - \overline{y_x} \quad (21)$$

На наступному кроці розраховуються гармонійні ваги m :

$$m_2 = \frac{1}{n-1}, m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}, \dots, m_{x+1} = m_x + \frac{1}{n-x} \quad (22)$$

В подальшому рахуємо гармонійні коефіцієнти:

$$C_n^{x+1} = \frac{m_{x+1}}{(n-1)} \quad (23)$$

Далі розраховується середній приріст:

$$\Delta y = \sum_{x=1}^{n-1} C_n^{x+1} * \Delta y_{x+1} \quad (24)$$

Тоді прогноз буде дорівнювати:

$$y_{x+1}^* = y_x + \Delta y \quad (25)$$

Варто враховувати, що прогноз в даному випадку є короткостроковим, оскільки дозволяє додавати лише одне й те ж число та містить в собі виключно трендову компоненту, так як метод не працює із вибірками з чіткою сезонною чи циклічною складовою.

Висновки. Ретельна підготовка і правильно підготоване обґрунтування вибору економетричної моделі є запорукою отримання точного результату, що покликаний забезпечити спрощення та підвищення ефективності прийняття фінансових рішень. Важливо також добримуватись співвідношення затрачених на побудову прогнозу ресурсів та отриманих результатів. Також є корисним будувати прогноз так, аби модель можна було імплементувати з найменшими часовими витратами до нового динамічного чи часового ряду даних, що економитиме подальші витрати ресурсів.

1. Hellwig, Z. Linear Regression and its Application to Economics. Oxford : Pergamon Press, 1963. 237 p.

2. Guerard J. Introduction to Financial Forecasting in Investment Analysis. Hardcover, 2013. 236 p.

3. Persons, Warren M. Indices of General Business Conditions. Cambridge, Massachusetts: Harvard

University Committee on Economic research. 1919. 212 p.

4. Лук'яненко І. Е., Фари́на О. І. Макрофінансова стабільність: моделі та методи оцінки : монографія. Київ : НаУКМА, 2016. 187 с

5. Мельникова М. О. Аналіз адаптованості існуючих методів оцінки фінансового стану підприємства до прогнозування на формальному рівні. Інвестиції: практика та досвід. 2010. № 23. С. 71–79.

6. Турченко О. В. Модернізація методичних підходів фінансового прогнозування формування і використання фінансового капіталу в інвестиційній діяльності підприємств автомобілебудування. Вісник Університету банківської справи Національного банку України. 2010. № 3(9). С. 110–113.

7. Леонтьук-Мельник, О. В., Захарчук, Д. Економетричне моделювання для аналізу та прогнозування основної діяльності підприємства. Галицький економічний вісник Тернопільського національного технічного університету. 2016. № 2(51), С. 164–171.

8. Бегун А. В., Ігнатова Ю. В., Рудик Н. В. Моделювання процесу оцінки ефективності підприємств малого та середнього бізнесу. Моделювання та інформаційні системи в економіці. 2017. № 93. С. 91–110.

9. Яренко А. В. Систематизація кількісних методів прогнозування кон'юнктури ринку в маркетингових дослідженнях. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Сер.: «Економічні науки». 2015. № 3. С. 11–18.

10. Hellwig, Z. Linear Regression and its Application to Economics. Oxford : Pergamon Press, 1963. 237 p.

11. Guerard J. Introduction to Financial Forecasting in Investment Analysis. Hardcover, 2013. 236 p.

12. Persons, Warren M. Indices of General Business Conditions. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Committee on Economic research. 1919. 212 p.

13. Lukianenko I. E., Faryna O. I. Makrofinansova stabilnist: modeli ta metody otsinky : monohrafiia. Kyiv : NaUKMA, 2016. 187 s

14. Melnykova M. O. Analiz adaptovanosti isnuuiuchykh metodiv otsinky finansovoho stanu pidpriemstva do prohnouzuvannia na formalnomu rivni. Investytsii: praktyka ta dosvid. 2010. № 23. S. 71–79.

15. Turcheniak O. V. Modernizatsiia metodychnykh pidkhodiv finansovoho prohnouzuvannia formuvannia i vykorystannia finansovoho kapitalu v investytsiinii diialnosti pidpriemstv avtomobilebuduvannia. Visnyk Universytetu bankivskoi spravy Natsionalnoho banku Ukrainy. 2010. № 3(9). S. 110–113.

16. Leontiuk-Melnyk, O. V., Zakharchuk, D. Ekonometrychne modeliuvannia dlia analizu ta prohnouzuvannia osnovnoi diialnosti pidpriemstva. Halytskyi ekonomichnyi visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. 2016. № 2(51), S. 164–171.

17. Biehun A. V., Ihnatova Yu. V., Rudyk N. V. Modeliuvannia protsesu otsinky efektyvnosti pidpriemstv maloho ta serednoho biznesu. Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi. 2017. № 93. S. 91–110.

18. Iarenko A. V. Systematyzatsiia kilkisnykh metodiv prohnouzuvannia koniunktury rynku v marketingovykh doslidzhenniakh. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Ser.: «Ekonomiczni nauky». 2015. № 3. S. 11–18.

1. Hellwig, Z. Linear Regression and its Application to Economics. Oxford : Pergamon Press, 1963. 237 p.

2. Guerard J. Introduction to Financial Forecasting in Investment Analysis. Hardcover, 2013. 236 p.

3. Persons, Warren M. Indices of General Business Conditions. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Committee on Economic research. 1919. 212 p.

4. Lukianenko I. E., Faryna O. I. Makrofinansova stabilnist: modeli ta metody otsinky : monohrafiia. Kyiv : NaUKMA, 2016. 187 s

5. Melnykova M. O. Analiz adaptovanosti isnuuiuchykh metodiv otsinky finansovoho stanu pidpriemstva do prohnouzuvannia na formalnomu rivni. Investytsii: praktyka ta dosvid. 2010. № 23. S. 71–79.

6. Turcheniak O. V. Modernizatsiia metodychnykh pidkhodiv finansovoho prohnouzuvannia formuvannia i vykorystannia finansovoho kapitalu v investytsiinii diialnosti pidpriemstv avtomobilebuduvannia. Visnyk Universytetu bankivskoi spravy Natsionalnoho banku Ukrainy. 2010. № 3(9). S. 110–113.

7. Leontiuk-Melnyk, O. V., Zakharchuk, D. Ekonometrychne modeliuvannia dlia analizu ta prohnouzuvannia osnovnoi diialnosti pidpriemstva. Halytskyi ekonomichnyi visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. 2016. № 2(51), S. 164–171.

8. Biehun A. V., Ihnatova Yu. V., Rudyk N. V. Modeliuvannia protsesu otsinky efektyvnosti pidpriemstv maloho ta serednoho biznesu. Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi. 2017. № 93. S. 91–110.
9. Iarenko A. V. Systematyzatsiia kilkisnykh metodiv prohnouzuvannia koniunktury rynku v marketynhovykh doslidzhenniakh. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Ser.: «Ekonomiczni nauky». 2015. № 3. S. 11–18.
10. Hellwig, Z. Linear Regression and its Application to Economics. Oxford : Pergamon Press, 1963. 237 p.
11. Guerard J. Introduction to Financial Forecasting in Investment Analysis. Hardcover, 2013. 236 p.
12. Persons, Warren M. Indices of General Business Conditions. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Committee on Economic research. 1919. 212 p.
13. Lukianenko I. E., Faryna O. I. Makrofinansova stabilnist: modeli ta metody otsinky : monohrafiia. Kyiv : NaUKMA, 2016. 187 s
14. Melnykova M. O. Analiz adaptovanosti isnuuiuchykh metodiv otsinky finansovoho stanu pidpriemstva do prohnouzuvannia na formalnomu rivni. Investysii: praktyka ta dosvid. 2010. № 23. S. 71–79.
15. Turcheniak O. V. Modernizatsiia metodychnykh pidkhodiv finansovoho prohnouzuvannia formuvannia i vykorystannia finansovoho kapitalu v investysiinii diialnosti pidpriemstv avtomobilebuduvannia. Visnyk Universytetu bankivskoi spravy Natsionalnoho banku Ukrainy. 2010. № 3(9). S. 110–113.
16. Leontyuk-Melnyk, O. V., Zakharchuk, D. Ekonometrychne modeliuvannia dlia analizu ta prohnouzuvannia osnovnoi diialnosti pidpriemstva. Halytskyi ekonomichnyi visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. 2016. № 2(51), S. 164–171.
17. Biehun A. V., Ihnatova Yu. V., Rudyk N. V. Modeliuvannia protsesu otsinky efektyvnosti pidpriemstv maloho ta serednoho biznesu. Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi. 2017. № 93. S. 91–110.
18. Iarenko A. V. Systematyzatsiia kilkisnykh metodiv prohnouzuvannia koniunktury rynku v marketynhovykh doslidzhenniakh. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Ser.: «Ekonomiczni nauky». 2015. № 3. S. 11–18.