

1.5 Налаштування однопараметричних прогнозних моделей на основі аналізу ретроспективних фазових портретів внутрішнього параметру

One-parameter forecast model adjustment procedure based on the analysis of state trajectory of the internal parameter is proposed. In addition to the clarity, the advantage of the proposed method resides in a principal possibility of analytical assessment of model quality during its use, that facilitates user with the process of forecast model parametric settings and promotes better understanding of the characteristics of the process under study.

Вступ

Ефективне управління складними соціально-економічними системами неможливо без випередження тенденцій динаміки внутрішніх та зовнішніх по відношенню до таких систем параметрів. Сучасні інформаційні технології забезпечують реалізацію прогнозних моделей практично необмеженої обчислювальної складності. Однак, об'єктивна якість інформації (як правило, економічного характеру) є скоріше стримуючим фактором на шляху використання складних прогнозних моделей. Це виражається в невизначеності різного роду, так чи інакше присутньої в рядах даних тих чи інших економічних показників (наприклад, пропусках даних, об'єктивно і завідомо неправдивих значеннях, швидкому «застаріванні» даних і т.д.).

У силу зазначених причин, ключове місце в сучасній практиці прогнозування займають досить «прості», у тому числі одно- і двухпараметричні прогнозні моделі, які з одного боку, в більшості практичних ситуацій здатні забезпечити задовільну якість прогнозу, з іншого – є доступними для розуміння і багаторазового використання широким колом суб'єктів прогнозування.

При використанні подібних прогнозних моделей на передній план виходить задача параметричного синтезу прогнозної моделі. По суті, дослідник перетворює перспективну невизначеність спостережуваного процесу, з якою об'єктивно стикається в процесі прогнозування, в параметричну невизначеність прогнозної моделі. Це призводить до необхідності мати в арсеналі методи і засоби параметричного синтезу (налаштування) прогнозних моделей, які, не маючи можливості бути єдиними або оптимальними в широкому сенсі, тим не менш, здатні забезпечувати певну якість прогнозу при вирішенні практичних завдань. Підставою включення таких методів до арсеналу прогнозісту є, на наш погляд, коректність базових гіпотез з одного боку, і практична працездатність – з іншого.

Таким чином, актуальною задачею є розробка методів параметричного синтезу прогнозних моделей, що враховують особливості реального стану статистичної інформації, накопиченої у вигляді часових рядів.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Будемо розглядати групу однопараметричних статистичних прогнозних моделей [1], тобто моделей, сформованих на базі опису процесу моментним, одномірним, рівновіддаленим, повним часовим рядом, для яких існує аналітична залежність, що пов'язує прогнозну оцінку на момент часу t зі значенням часового ряду в попередні моменти часу [2-4]:

$$\hat{y}_t = f(y_{t-i}, \lambda, t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де \hat{y}_t – прогнозна оцінка на момент часу t , y_{t-i} – значення часового ряду довжиною n у попередні моменти часу, λ – внутрішній параметр прогнозної моделі.

Прикладом таких моделей може служити прогнозна модель Р. Брауна або модель експоненціального згладжування [5]. В якості прогнозу в ній використовується експоненціальне середнє значення кількох останніх елементів часового ряду:

$$\hat{y}_t = \alpha y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)y_{t-2} + \dots + \alpha(1-\alpha)^{n-1}y_{t-n} = \sum_{i=1}^n \alpha(1-\alpha)^{i-1}y_{t-i}, \quad (2)$$

де n – довжина вибірки часового ряду, α – параметр (константа) згладжування.

Різні підходи до вирішення завдання параметричного синтезу прогнозної моделі Брауна викладені в роботах багатьох авторів, наприклад, [6-13].

Метою параметричного синтезу прогнозної моделі виду (1) є пошук такого значення внутрішнього параметра λ , який забезпечував би кращу якість прогнозної оцінки, зокрема її максимальну точність [6]. Основою параметричного аналізу може виступати парадигма ретроспективного аналізу, що складається у припущенні щодо збереження в майбутньому якості ретроспективних прогнозних оцінок, отриманих для значень часового ряду в попередні моменти часу.

Таким чином, задача параметричного синтезу може бути зведена до розв'язання ретроспективних рівнянь такого виду [14]:

$$\varepsilon_{t-1} = \frac{y_{t-1} - \hat{y}_{t-1}}{y_{t-1}} = 1 - \frac{f(y_{t-1-i}, \lambda)}{y_{t-1}} = 0, \quad i = \overline{1, n-1}. \quad (3)$$

Розв'язання рівняння (3) мінімізують функціонал [2]:

$$L(\lambda) = \sum_{i=1}^k (y_{t-i} - \hat{y}_{t-i})^2 \quad (4)$$

для $k = 1$, тобто гарантуючи ретроспективну точність прогнозу для останнього відомого значення ряду.

Об'єкт, предмет і мета дослідження

Об'єктом дослідження є прогнозні моделі виду (1), предметом – методи параметричного синтезу подібних моделей, а метою – підвищення ефективності практичного використання прогнозних моделей шляхом розширення методичного спектра їх параметричного синтезу.

Метод настройки однопараметричних прогнозних моделей на основі аналізу ретроспективних фазових портретів внутрішнього параметра

Припустимо, що всі рівняння (3) мають дійсні корені всередині області допустимих значень внутрішнього параметра моделі. Тоді отримуємо послідовність значень λ для m останніх моментів часу:

$$\{\lambda\}_m = \{\lambda_{t-1}, \lambda_{t-2}, \dots, \lambda_{t-m}\}. \quad (5)$$

Відзначимо, що рівняння виду (3) можуть мати більше одного кореня, і в такому випадку послідовність (4) «розпадається» на кілька послідовностей. У цьому випадку необхідно формулювати критерії, за якими можливе порівняння ретроспективних прогнозних оцінок [4].

Ряд (5) можна розглядати як комплексну характеристику пари «часовий ряд – прогнозна модель». Зокрема, якщо виявляється, що послідовність $\{\lambda\}_m$ порожня, тобто в процесі ретроспективного аналізу не знайдені оптимальні значення $\lambda_{t-1}, \lambda_{t-2}, \dots, \lambda_{t-m}$, то це свідчить про незастосовність обраної прогнозної моделі для аналізу та прогнозування розглянутого часового ряду.

Отриманий ряд пропонується досліджувати за допомогою фазового аналізу [15]. Методика фазового аналізу докладно викладена, наприклад, в [16, 17].

Будемо називати послідовність

$$\Phi_2(\Lambda) = \{(\lambda_{t-m+i-1}, \lambda_{t-m+i})\}, \quad i = \overline{1, m-1}, \quad (5)$$

ретроспективним фазовим портретом внутрішнього параметра прогнозної моделі (1). Приклад часового ряду оптимальних ретроспективних значень внутрішнього параметру прогнозної моделі і його фазовий портрет представлені на рис. 1.

Розкладання фазового портрету на квазіцикли базується на візуалізації фрагментів даного фазового портрету [16]. При цьому береться до уваги характер обертань ланок, що з'єднують сусідні точки $(\lambda_i, \lambda_{i+1}), (\lambda_{i+1}, \lambda_{i+2})$ фрагменту, що візуалізується (рис. 2).

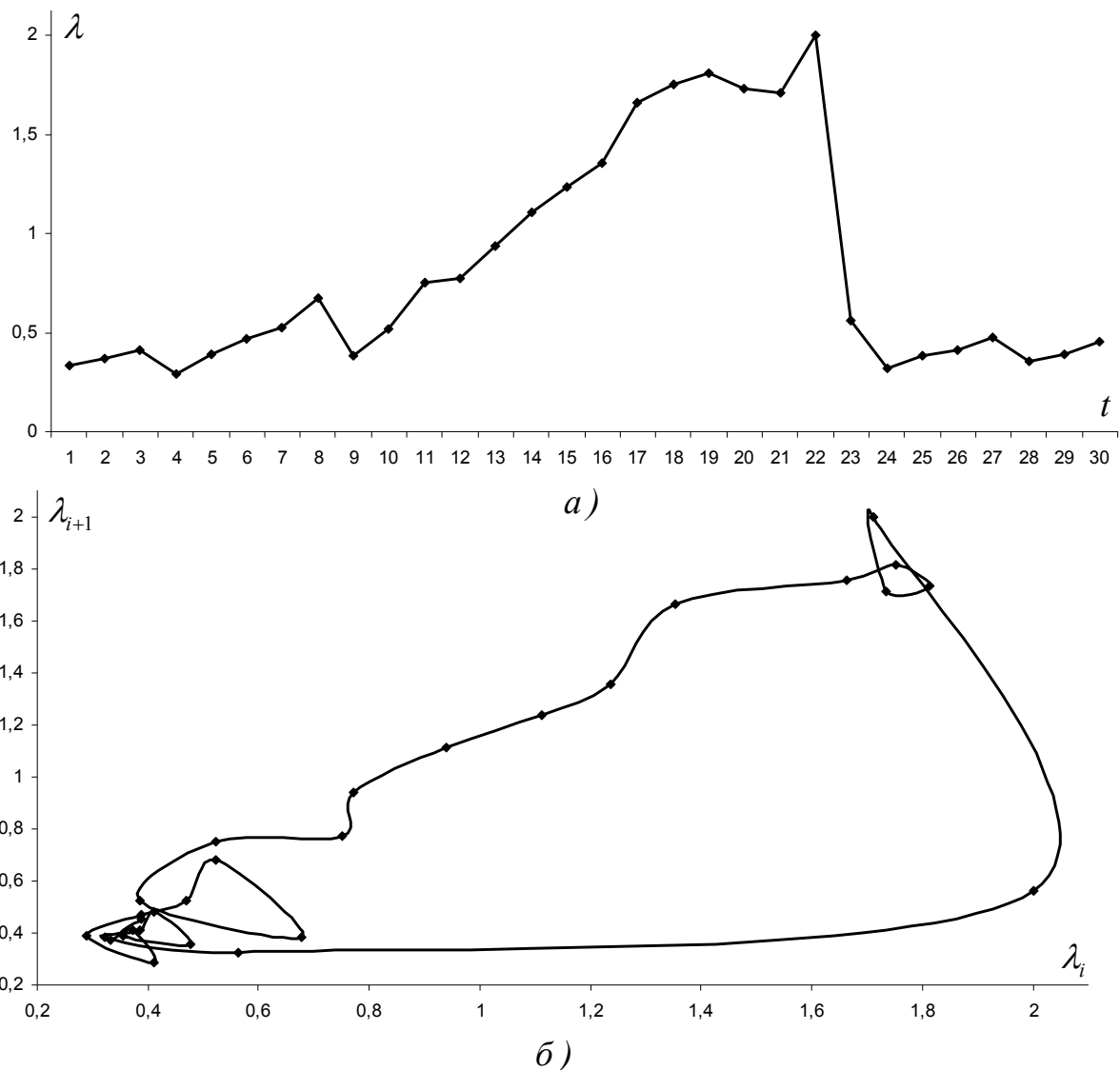


Рисунок 1 – Часовий ряд оптимальних ретроспективних значень внутрішнього параметра прогновної моделі (а) і його фазовий портрет (б)

Визначення терміна «квазіцикл» в деякому розумінні близьке до визначення загальноприйнятого поняття «цикл». Різниця між цими двома поняттями полягає в тому, що початкова та кінцева точки квазіциклу не обов'язково повинні збігатися. Кінцева точка квазіциклу визначається її входженням в окіл початкової точки. При цьому допускається самоперетин початкової та кінцевої ланок квазіциклу, якщо це призводить до найкращого зближення його початкової та кінцевої точок.

Для будь-якого часового ряду передпрогнозна інформація на основі його фазового портрету може бути розділена на три групи [16]. До першої групи відносять інформацію, яка представляється розкладанням фазового портрету цього часового ряду на квазіцикли (див. рис. 2).

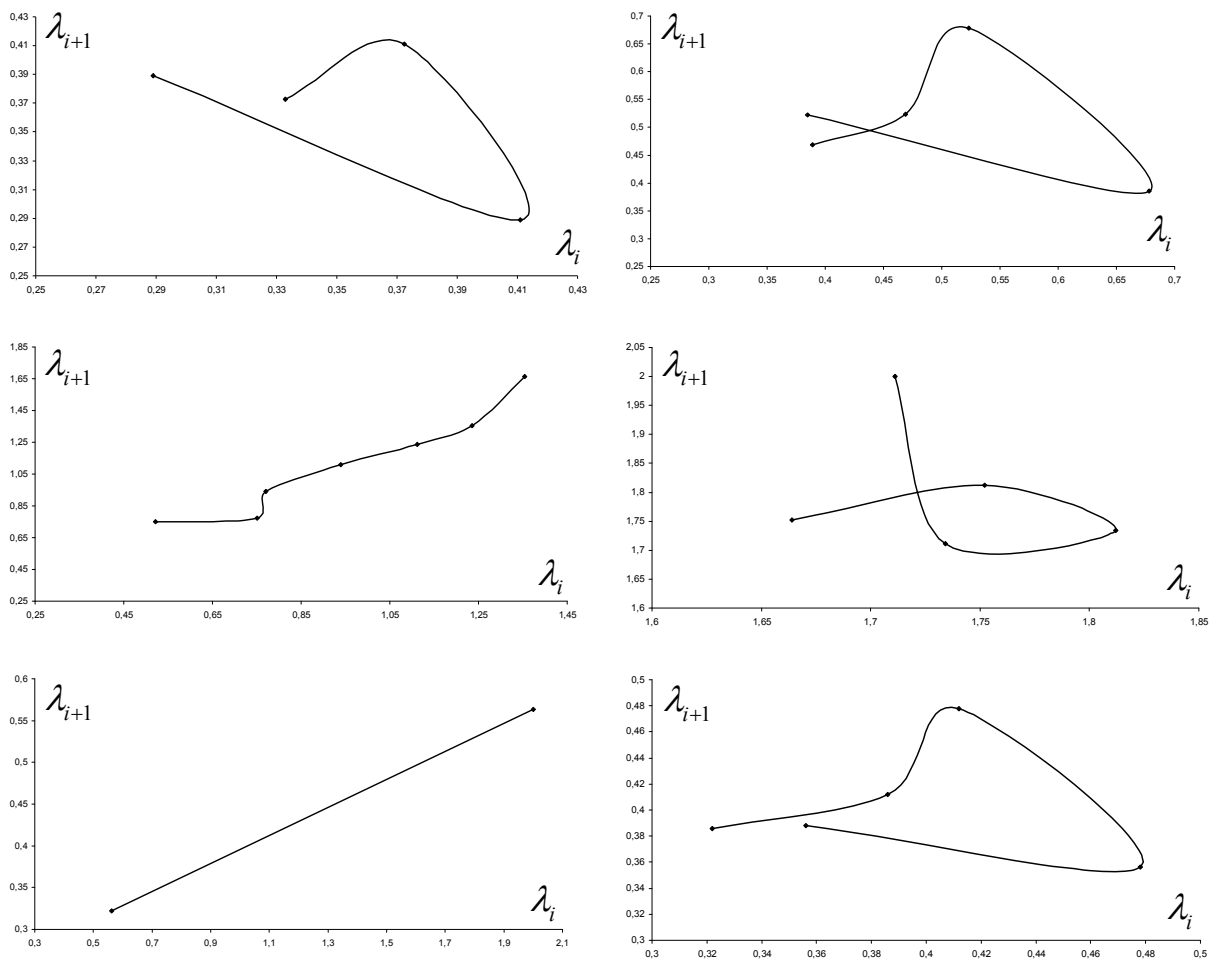


Рисунок 2 – Квазіцикли ретроспективного фазового портрету внутрішнього параметра прогновної моделі

Для кожного квазіциклу будується габаритний прямокутник (див. рис. 3), точка перетину діагоналей якого і вважається центром відповідного квазіциклу (вона ж являє собою центр обертання відповідного квазіциклу). Параметри всіх квазіциклів та їх габаритних прямокутників можна звести до табл. 1.

До другої групи відносять інформацію, представлену траєкторіями дрейфу центрів квазіциклів (рис. 4).

До третьої групи відносять інформацію, представлену траєкторією дрейфу напівпериметрів габаритних прямокутників квазіциклів, отриманих в результаті розкладання розглянутого фазового портрету, а також фазовим портретом цієї траєкторії (рис. 5).

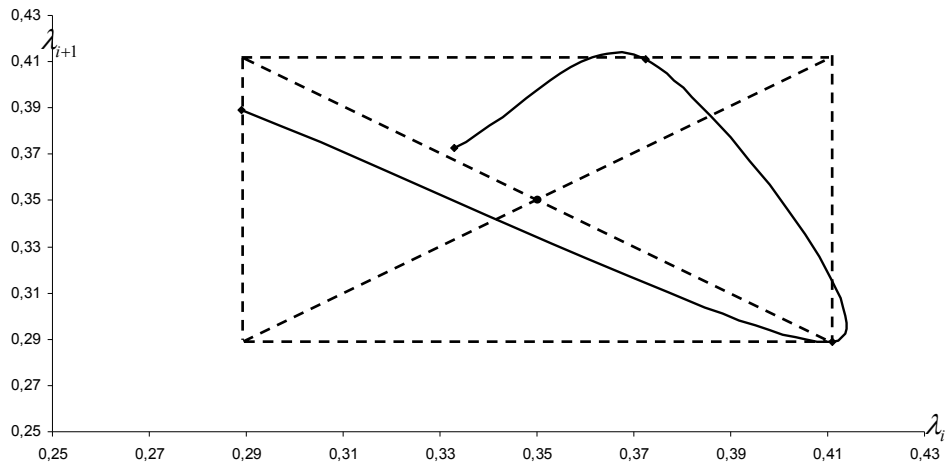


Рисунок 3 – Перший квазіцикл ретроспективного фазового портрету внутрішнього параметра прогновної моделі (рис. 2б) і його габаритний прямокутник

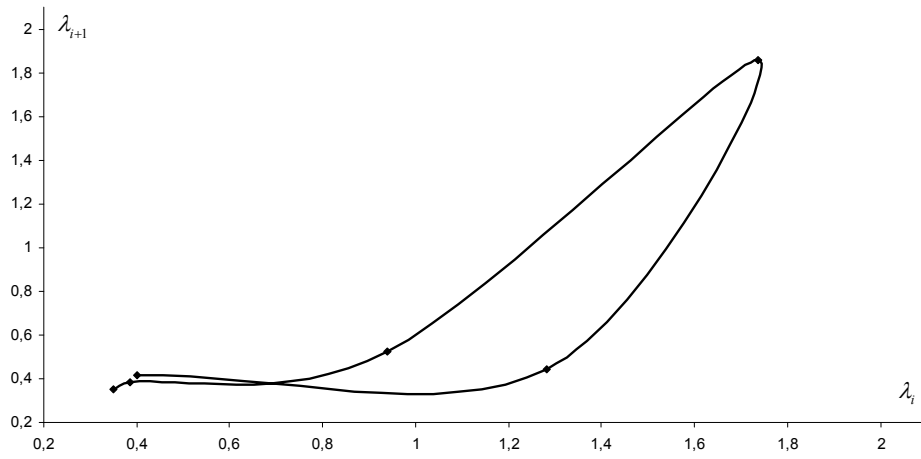


Рисунок 4 – Траєкторія дрейфу центрів габаритних прямокутників квазіциклів ретроспективного фазового портрету внутрішнього параметра прогновної моделі

Таблиця 1

Параметри квазіциклів ретроспективного фазового портрету внутрішнього параметра
прогнозної моделі (рис. 2б)

Номер квазіциклу	Довжина	Центр	Напівпериметр
1	4	(0,35; 0,35)	0,244
2	5	(0,385; 0,385)	0,586
3	7	(0,938; 0,522)	0,832
4	5	(1,738; 1,8555)	0,437
5	2	(1,2815; 0,4425)	1,678
6	5	(0,4; 0,417)	0,278

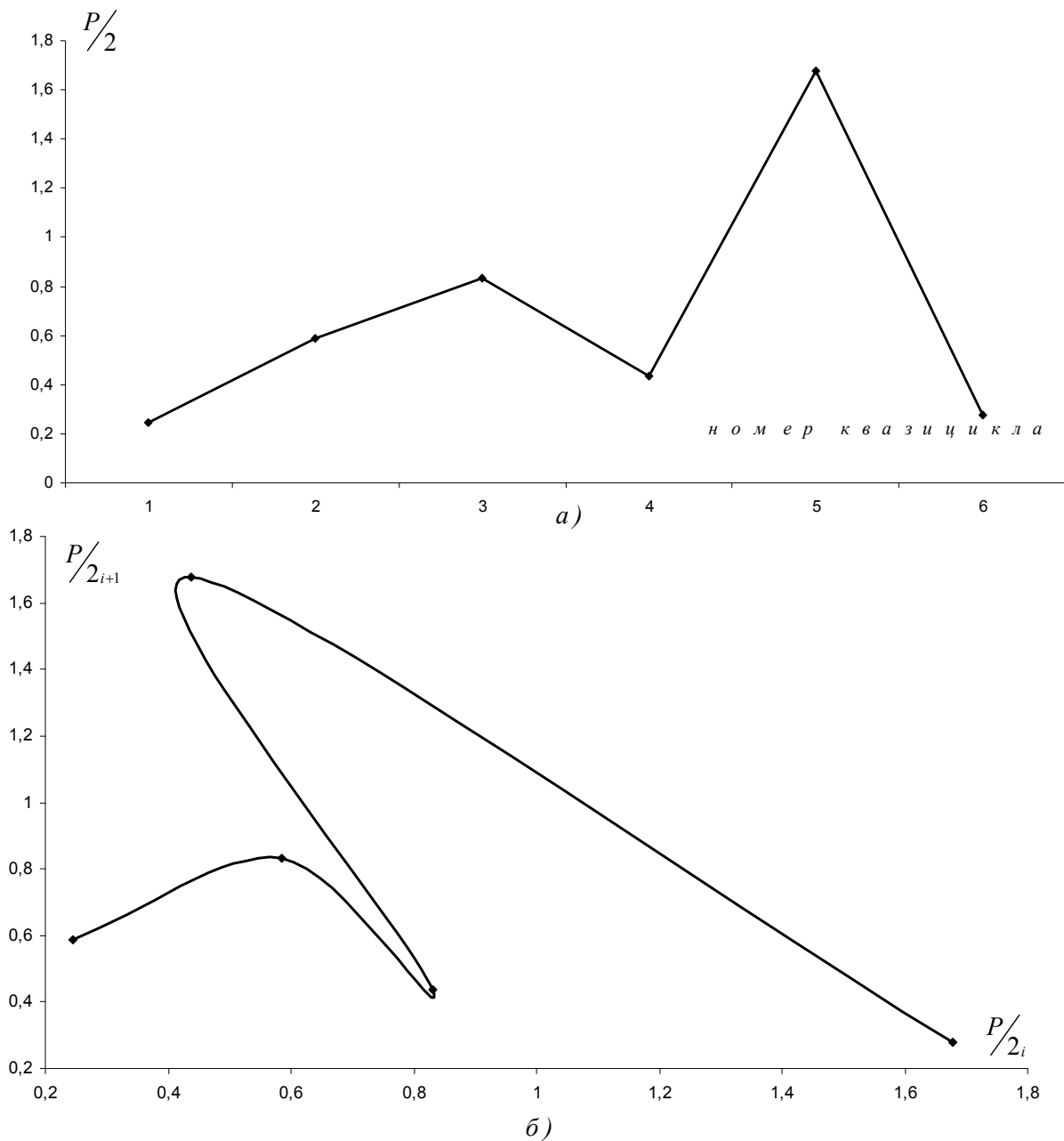


Рисунок 5 – Траєкторія дрейфу напівпериметрів габаритних прямокутників квазіциклів
на рис. 2б (а) і її фазовий портрет (б)

Діаграму декомпозиції процесу параметричного синтезу прогнозної моделі представимо на рис. 6.

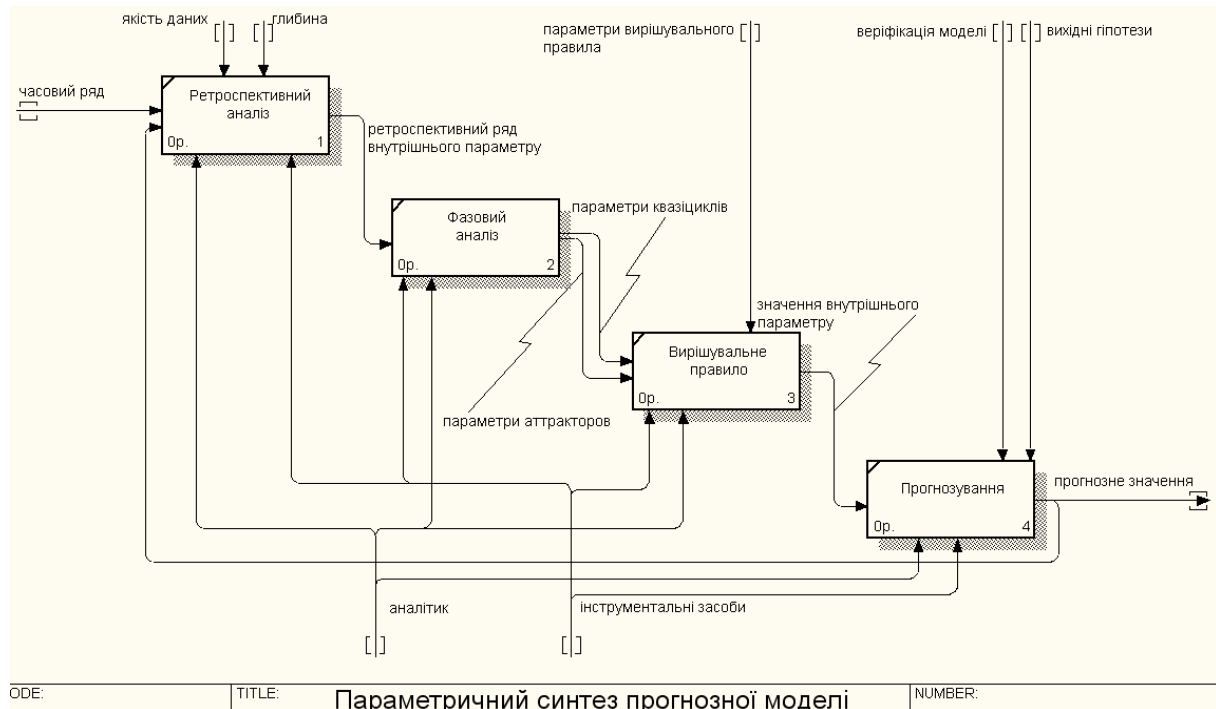


Рисунок 6 – Декомпозиція процесу налаштування прогнозної моделі на основі аналізу ретроспективних фазових портретів внутрішнього параметра

На основі аналізу ретроспективного фазового портрету внутрішнього параметра прогнозної моделі можна згенерувати обґрунтовану оцінку внутрішнього параметра моделі для отримання актуального прогнозу досліджуваного часового ряду. При цьому методологічний апарат фазового аналізу виступає як «вирішувальне правило» для вибору внутрішнього параметра прогнозної моделі. Ця інформація, поряд з іншими результатами параметричного синтезу, може бути використана дослідником як в процесі прогнозування значень часового ряду, так і в процесі вибору адекватної прогнозної моделі для прогнозування конкретного часового ряду.

Висновки

Запропоновано метод налаштування однопараметричної прогнозної моделі, що базується на аналізі ретроспективних фазових портретів внутрішнього параметра моделі. Запропонований метод дозволяє враховувати і візуалізувати динаміку ретроспективних оптимальних значень внутрішнього параметра, тим самим підвищити точність прогнозування в порівнянні з традиційними підходами до вибору параметра прогнозної моделі. Перевагою запропонованого методу, крім наочності, є принципова можливість аналітичної оцінки якості моделі в ході її використання, що

полегшує користувачеві процес параметричної настройки прогнозової моделі і сприяє кращому розумінню особливостей самого досліджуваного процесу.

Література

1. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
2. Гече, Ф. Е. Розробка методу синтезу прогнозуючої схеми на основі базових прогнозуючих моделей [Текст] / Ф. Е. Гече, О. Ю. Мулеса, С. Ф. Гече, М. М. Вашкеба // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 3/2 (23). – С. 36–41.
3. Кухарев, В. Н. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении [Текст] / В. Н. Кухарев, В. Н. Салли, А. М. Эрперт. – К. : Вища школа, 1991. – 328 с.
4. Романенков, Ю. А. Параметрические критерии качества ретроспективных прогнозных оценок [Текст] / Ю. А. Романенков // Вісник Національного технічного університету «ХПИ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х. : НТУ «ХПИ». – 2015. – № 1 (1110). – С. 85 – 90.
5. Brown R.G. Smoothing forecasting and prediction of discrete time series. – N.Y., 1963.
6. Вартанян В. М. Параметрический синтез прогнозной модели экспоненциального сглаживания / В. М. Вартанян, Ю. А. Романенков, А. В. Кононенко // Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – № 59 – С. 9-16.
7. Рабочая книга по прогнозированию / Редкол.: И.В. Бестужев-Лада (отв. ред.). – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
8. Светульников, С.Г. О расширении границ применения метода Брауна // Известия Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов. 2002. - №3. - С. 94-107.
9. Методы социально-экономического прогнозирования: учебник для вузов. Том II / С.Г. Светульников, И.С. Светульников. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 103 с.
10. Васильев, А. А. Методы выбора постоянной сглаживания в модели прогнозирования Брауна // Вестник Тверского государственного университета, 2013, №1 (серия «Экономика и управление». 2013, вып. 17). – С. 183-196.
11. Васильев, А. А. Исследование модели прогнозирования Брауна при

классических и запредельных значениях постоянной сглаживания / А.А. Васильев, Е.В. Васильева // Вестник Тверского государственного университета, 2013, №1 (серия «Экономика и управление». 2013, вып. 17). – С. 197-213.

12. Вартамян, В. М. Анализ адекватности моделей прогнозирования экономических показателей предприятий / В.М. Вартамян, Ю.А. Романенков, А.В. Кононенко // Бизнес Информ. – Харьков: Хар. Нац. эконом. ун-т, 2007. – № 3-4. – С. 103-106.

13. Романенков Ю. А. Метод параметрического синтеза модели Брауна на основе ретроспективной многокритериальной оптимизации [Текст] / Ю. А. Романенков, Т. Г. Зейниев // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава : ПолтНТУ, 2014. – №2(41). – С. 48-56.

14. Зейниев Т. Г. Постановка задачи синтеза оптимальных робастных прогнозных оценок в модели экспоненциального сглаживания [Текст] / Т. Г. Зейниев, Ю. А. Романенков // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2014»: Тези доповідей. – Харків. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2014. – Том 3. – С. 5.

15. Петерс Э. Хаос и порядок на рынке капитала. Новый экономический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. – М.: Мир, 2000. – 333 с.

16. Беляков, С. С. Использование агрегирования в методах нелинейной динамики для анализа и прогнозирования временных рядов котировок акций [Текст] : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 : защищена 21.10.05 / Беляков Станислав Сергеевич. – Ставрополь, 2005. – 157 с.

17. Паровик, Р. И. Фазовый анализ временных рядов геофизических полей [Текст] / Р. И. Паровик, П. П. Фирстов // Вест. КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. – 2013. – №1. – С.23-29.