

КВАЗИАДАПТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

©2018 ІВАЩЕНКО П. О., ГЛУШАЧ Ю. С., ІВАНОВА В. Б.

УДК 330.3:519.2

Іващенко П. О., Глушач Ю. С., Іванова В. Б. Квазіадаптивне прогнозування інноваційної діяльності підприємств України

За допомогою квазіадаптивної моделі інноваційної активності підприємств України знайдені та досліджено прогнозні оцінки показника інноваційної активності підприємств України на 2019–2021 рр. Ідея методу квазіадаптивного прогнозування полягає в урахуванні в адаптивних моделях закономірностей зміни знаку параметрів. Поведінка показника інноваційної активності підприємств України має характерну циклічність, що нагадує ківш або джеззу в розрізі. Цю фігуру запропоновано називати «інноваційним ковшем». Прогнозується зменшення інноваційної активності підприємств у середньому на один відсоток. Квазіадаптивний підхід до прогнозування інноваційної активності підприємств дозволяє врахувати не тільки адаптивні риси поведінки часового ряду взагалі, а й особливості знакових змін присутніх в моделі параметрів, взаємозв'язок її складових. Це дає можливість дослідити внутрішню структуру часового ряду, що є позитивом для практичного використання.

Ключові слова: квазіадаптивне прогнозування, інноваційна діяльність, підприємства України.

Рис.: 2. **Табл.:** 2. **Формул.:** 6. **Бібл.:** 12.

Іващенко Петро Олексійович – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри статистики, обліку і аудиту, Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна (пл. Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

E-mail: ipaplin7@gmail.com

Глушач Юлія Станіславівна – старший викладач кафедри статистики, обліку та аудиту, Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна (пл. Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

E-mail: 4guli65@gmail.com

Іванова Вікторія Борисівна – викладач кафедри економічної кібернетики та управління економічною безпекою, Харківський національний університет радіоелектроніки (просп. Науки, 14, Харків, 61166, Україна)

E-mail: vita.vita.2020@gmail.com

УДК 330.3:519.2

UDC 330.3:519.2

Іващенко П. А., Глушач Ю. С., Іванова В. Б. Квазіадаптивное прогнозирование инновационной деятельности предприятий Украины
С помощью квазиадаптивной модели инновационной активности предприятий Украины найдены и исследованы прогнозные оценки показателя инновационной активности предприятий Украины на 2019–2021 гг. Идея метода квазиадаптивного прогнозирования заключается в учете в адаптивных моделях закономерностей изменения знака параметров. Поведение показателя инновационной активности предприятий Украины имеет характерную цикличность, что напоминает ковш или джеззу в разрезе. Эту фигуру предложено называть «инновационным ковшем». Прогнозируется уменьшение инновационной активности предприятий в среднем на один процент. Квазиадаптивный подход к прогнозированию инновационной активности предприятий позволяет учесть не только адаптивные черты поведения временного ряда в целом, но и особенности знаковых изменений присутствующих в модели параметров, взаимосвязь ее составляющих. Это дает возможность исследовать внутреннюю структуру временного ряда и является позитивом для практического использования.

Ключевые слова: квазиадаптивное прогнозирование, инновационная деятельность, предприятия Украины.

Рис.: 2. **Табл.:** 2. **Формул.:** 6. **Библ.:** 12.

Іващенко Петр Алексеевич – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры статистики, учета и аудита, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина (пл. Свободы, 4, Харьков, 61022, Украина)

E-mail: ipaplin7@gmail.com

Глушач Юлия Станиславовна – старший преподаватель кафедры статистики, учета и аудита, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина (пл. Свободы, 4, Харьков, 61022, Украина)

E-mail: 4guli65@gmail.com

Іванова Вікторія Борисівна – преподаватель кафедры экономической кибернетики и управления экономической безопасностью, Харьковский национальный университет радиоэлектроники (просп. Науки, 14, Харьков, 61166, Украина)

E-mail: vita.vita.2020@gmail.com

Ivashchenko P. A., Glushatch Yu. S., Ivanova V. B. The Quazi-Adaptive Forecasting of Innovation Activity of Ukrainian Enterprises

With the help of the quazi-adaptive model of innovative activity of enterprises of Ukraine, the forecast estimations of the indicator of innovative activity of enterprises of Ukraine for 2019–2021 have been found and researched. The idea of the quazi-adaptive forecasting method consists in accounting the changes in the parameter mark in adaptive models. The behavior of the indicator of innovative activity of Ukrainian enterprises has a characteristic cyclicity that resembles a bucket or cezve in a cut. This figure is suggested to be called the «innovation bucket». The decrease of innovation activity of enterprises in the average by one percent is forecasted. The quazi-adaptive approach to forecasting of innovative activity of enterprises allows to take into consideration not only the adaptive features of behavior of a time series as a whole, but also features of the mark changes present in the model of parameters, interrelation of its components. This makes possible to explore the internal structure of the time series and is positive for practical use.

Keywords: quazi-adaptive forecasting, innovative activity, enterprises of Ukraine.

Fig.: 2. **Tbl.:** 2. **Formulae:** 6. **Bibl.:** 12.

Ivashchenko Peter A. – PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Statistics, Accounting and Auditing, V. N. Karazin Kharkiv National University (4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)
E-mail: ipaplin7@gmail.com

Glushatch Yuliya S. – Senior Lecturer of the Department of Statistics, Accounting and Auditing, V. N. Karazin Kharkiv National University (4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)

E-mail: 4guli65@gmail.com

Ivanova Viktorija B. – Lecturer of the Department of Economic Cybernetics and Economic Security Management, Kharkiv National University of Radioelectronics (14 Nauky Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: vita.vita.2020@gmail.com

Про термін і метод квазіадаптивного прогнозування було вперше наголошено в [1]. Автори запропонували метод квазіадаптивного короткострокового прогнозування, який застосували для прогнозування потоків іноземних туристів, що відвідують західний регіон України. Д. Клименко виконав апробацію методу квазіадаптивного короткострокового прогнозування в рамках аналізу поведінки валютних курсів на ринку FOREX [2].

У роботі [3] Ю. Лукашином і Л. Рахлиною показано розвиток напрямку адаптивного моделювання і прогнозування часових рядів від найпростіших процедур експоненціального згладжування до адаптивних моделей, нелінійних за параметрами.

Ю. Лукашин у [4] навів значний спектр методів адаптивного прогнозування, в яких використовуються моделі нестационарних часових рядів зі змінними параметрами. Зокрема він проаналізував адаптивні моделі поліноміальних і стохастичних трендів, сезонних і циклічних коливань, гістограм, моделі сімейств ARIMA, ARCH. Ним наведено приклади прогнозування курсів акцій, валют, цін на золото.

Прогнозуванню попиту на туризм шляхом вилучення з підготовлених системою нечітких правил Takagi-Sugeno нечіткого виведення з елементами адаптації присвячене дослідження [5].

М. Нерлов у статті [6] нагадує про необхідність врахування можливої циклічності в часовому ряді, який підлягає прогнозуванню.

Власне прогнозуванню інноваційної активності промислових підприємств присвячено статтю Л. Волошук і О. Носовець [7]. Вони дослідили основоположні теорії дифузії інновацій та розробили, виходячи з них, моделі оцінки поширення нововведень. Ними розглянуті аспекти створення регіональної економічної моделі оцінки дифузії інноваційних товарів. Автори запропонували імітаційну системно-динамічну модель ринкової дифузії інновацій, реалізовану в програмі iThink, і надали прогноз інноваційної активності промислових підприємств на період 2016–2025 рр.

У [8] авторами була встановлена особливість поведінки чинника «питома вага підприємств, що займалися інноваціями». Особливість поведінки цього чинника полягає в джезвopodobності – як однієї з можливих комбінацій хвилеподібності і циклічності (рис. 1).

Аналіз згаданих публікацій говорить про актуальність і необхідність продовження досліджень методів адаптивного та квазіадаптивного прогнозування.

Мета пропонованої роботи – побудування квазіадаптивної моделі інноваційної активності підприємств України та знаходження прогнозних оцінок показника інноваційної активності на 2019–2021 рр.

Ідея методу квазіадаптивного прогнозування полягає в урахуванні в адаптивних моделях закономірностей зміни знаку параметрів.

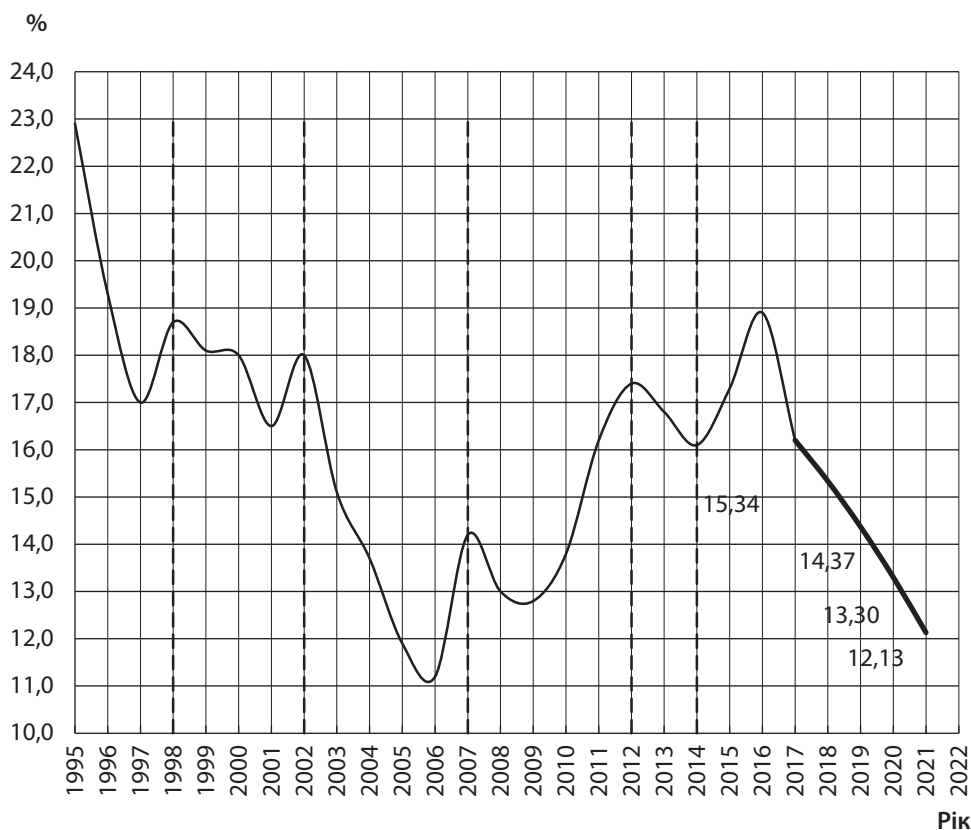


Рис. 1. Динаміка показника інноваційної активності підприємств України та його прогнози

Джерело: побудовано за даними Державної служби статистики України [9, с. 163] і [10].

Пояснимо ідею методу квазіадаптивного прогнозування на прикладі найпростішої моделі експоненційного згладжування.

Нехай досліджується часовий ряд x_t . Експоненційне згладжування ряду здійснюється за рекурентною формулою [4, с. 17]:

$$S_t = \alpha x_t + \beta S_{t-1}, \quad (1)$$

де S_t – значення експоненційної середньої в момент часу t ;

α – параметр згладжування, $\alpha = \text{const}$, $0 < \alpha < 1$;

$\beta = 1 - \alpha$.

Будемо спиратися на співвідношення

$$\alpha = \text{Sign}(\alpha) |\alpha|. \quad (2)$$

Покладемо

$$\hat{\alpha} = \widehat{\text{Sign}(\alpha)} |\hat{\alpha}|. \quad (3)$$

Тобто припускаємо, що оцінка $\hat{\alpha}$ параметра α є добуток оцінки його знаку $\widehat{\text{Sign}(\alpha)}$ та оцінки абсолютної величини $|\hat{\alpha}|$. Тоді прогноз (прогнозна оцінка) \hat{S}_t , побудований за виразом (1), враховує як оцінку абсолютної величини $|\hat{\alpha}|$, так і оцінку знаку $\widehat{\text{Sign}(\alpha)}$. Таким чином, префікс «квазі» означає, що адаптації підлягають і знак параметра, і його абсолютна величина. Звідси виникають квазіадаптивна модель для x_t і, відповідно, квазіадаптивний прогноз.

З'ясуємо особливості показника «інноваційна активність підприємств України». На рис. 1 представлено динаміку показника інноваційної активності підприємств України за період 1995–2017 рр. Його зміст розкриватиметься поступово.

Поведінка показника інноваційної активності підприємств України в перші три відрізки часу має характерну циклічність, що нагадує ківш або джеззу (турку) в розрізі, яка розширюється (4, 5, 6 точок). У [8] цю фігуру запропоновано називати «інноваційним ковшем». На наступних двох відрізках цикли динамічного ряду чинника інноваційної активності підприємств України теж нагадують інноваційний ківш, але повернутий на 180° відносно попередніх.

Таку поведінку чинника інноваційної активності можна пов'язати з політичними, економічними, науково-технічними змінами, що відбувалися у відповідні періоди в Україні.

Слід звернути увагу на те, що парламентські та президентські вибори в Україні відбувалися у 1994, 1998, 2002, 2006, 2007, 2012 рр. (достроково у 2014 р.). Ці точки досить наочно зіставляються з відповідними пунктирними вертикальними відрізками на рис. 1 і локальними максимумами показника інноваційної активності підприємств України в цих точках (за виключенням останньої).

Далі, факт повертання інноваційних ковшів на відрізках (1995–2007 рр.), (2007–2017 рр.) на 180° слід інтерпретувати як наростаючу дію світової кри-

зи (2006–2010 рр.), а її вплив на українську економіку (глобальний чинник) і наступні суттєві зміни – реакція української економіки.

Якщо охопити період 1995–2017 рр. цілком, то можна сказати, що динаміка чинника інноваційної активності утворює «великий інноваційний ківш».

Перейдемо до побудування прогнозних оцінок показника інноваційної активності підприємств України. Методика побудування прогнозних оцінок ґрунтується на матеріалі статті [1, с. 99–100].

Нехай X_{t_1}, \dots, X_{t_2} – часовий ряд послідовних річних даних (спостережень) про відповідний показник інноваційної активності підприємств України, $t_2 - t_1$ – довжина ряду, а, точніше, довжина досліджуваного відрізка ряду. Завдання полягає у виявленні більш менш стійких залежностей t -го спостереження від передуючих і, використовуючи інформацію про такі залежності, побудуванні прогнозу показника на $(t_2 + 1)$ -й момент. У [4, с. 340] розглянуто аналогічну постановку.

Після аналізу ряду на випадковість і здобуття інформації про характер поведінки ряду вже можна зробити спробу конкретизації завдання прогнозування. Вона пов'язана, по-перше, з вибором класу моделей і, по-друге, – з підбором або створенням конкретної моделі з вибраного класу. При цьому має бути наведена досить вагома аргументація відносно зробленого вибору.

Завдання побудови квазіадаптивного прогнозу показника інноваційної активності підприємств України полягає в отриманні прогнозних оцінок показника, що мінімізує суму квадратів похибок прогнозу.

Під квазіадаптивним прогнозом розуміємо прогнозні оцінки, що враховують прогнозу оцінку знаку похибки прогнозу.

Пропонується така схема побудування прогнозних оцінок показника інноваційної активності підприємств України, поданого часовим рядом річних

$$X = \{X_t\}_{t=t_1}^{t_2} \quad (t_1 = 1995, t_2 = 2017) \quad (\text{див. табл. 1 та рис. 1}).$$

Перейдемо до перших різниць $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$.

1. Виконується оцінка $\hat{a}_{1,0}, \hat{a}_{2,0}$ для початкових значень коефіцієнтів $a_{1,0}$ та $a_{2,0}$. Початковими даними є відрізок часового ряду $\Delta X = \{\Delta X_t\}_{t=t_1}^{t_2}$ показника.

Спочатку до ΔX застосовується метод найменших квадратів. Отримується вираз $\widehat{\Delta X}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t$

Для $t = t_1 - 1$ покладемо

$$\hat{a}_{1,0} = \hat{\beta}_0,$$

$$\hat{a}_{2,0} = \hat{\beta}_1.$$

2. Для $t = t_1, \dots, t_2$ розраховуються оцінки $\hat{a}_{1,t}, \hat{a}_{2,t}$ коефіцієнтів $a_{1,t}, a_{2,t}$ відповідно до співвідношень:

Інноваційна активність підприємств України

	Рік											
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
$X_t, \%$	22,9	19,3	17,0	18,7	18,1	18,0	16,5	18,0	15,1	13,7	11,9	11,2

Продовження табл. 1

	Рік										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$X_t, \%$	14,2	13,0	12,8	13,8	16,2	17,4	16,8	16,1	17,3	18,9	16,2

Джерело: складено за [9, с. 163; 10].

$$\hat{a}_{1,t} = \hat{\alpha}_1 \Delta X_t + (1 - \hat{\alpha}_1)(\hat{a}_{1,t-1} + \hat{a}_{2,t-1}) + \hat{\alpha}_3 f(\hat{e}_t, \hat{e}_{t-1}), \quad (4)$$

$$\hat{a}_{2,t} = \hat{\alpha}_2 (\hat{a}_{1,t-1} - \hat{a}_{1,t-1}) + (1 - \hat{\alpha}_2) \hat{a}_{2,t-1}, \quad (5)$$

де

$$f(\hat{e}_t, \hat{e}_{t-1}) = \text{Sign}(\widehat{\Delta e}_t) |\widehat{\Delta e}_t|,$$

$$\text{Sign}(\widehat{\Delta e}_t) = \text{Sign}(\hat{m}_t k_{t-1}),$$

$$\Delta e_t = e_t - e_{t-1},$$

$$\hat{m}_t = \text{Sign}(\hat{S}_{t-1}) = \begin{cases} +1, & \hat{S}_{t-1} > \varepsilon_S \\ 0, & |\hat{S}_{t-1}| \leq \varepsilon_S \\ -1, & \hat{S}_{t-1} < -\varepsilon_S \end{cases}$$

$$\hat{S}_t = \hat{a} \hat{m}_t + (1 - \hat{a}) \hat{S}_{t-1},$$

$$m_t = k_t k_{t-1},$$

$$k_t = \begin{cases} +1, & \text{якщо } \Delta e_t > \varepsilon_e \\ 0, & \text{якщо } |\Delta e_t| \leq \varepsilon_e \\ -1, & \text{якщо } \Delta e_t < -\varepsilon_e \end{cases}$$

У використаних співвідношеннях символи $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, e_t, \varepsilon_S, \varepsilon_e$ мають такий зміст: $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – чисельні параметри моделі, які змінюються в проміжку від 0 до 1; $e_t = \Delta X_t - \widehat{\Delta X}_t(t-1)$ – похибка перших різниць прогнозу; $\varepsilon_S, \varepsilon_e$ – розмір інтервалу байдужості для експоненційної середньої S_t і значень ряду e_t . Символи зі шляпками є відповідними оцінками.

3. Для кроку прогнозу $\tau = 1$, відлік часу $t = t_1, \dots, t_2$ і початкових значень $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ розраховується початкова прогнозна оцінка $\widehat{\Delta X}_\tau(t)$ часового ряду ΔX_t за формулою

$$\widehat{\Delta X}_\tau(t) = \hat{A} + \hat{a}_{1,t} + \hat{a}_{2,t} \tau. \quad (6)$$

4. Розраховується сума квадратів похибок прогнозу SSE:

$$SSE = \sum_{t_1}^{t_2} e_t^2.$$

5. З метою покращення якості прогнозу відшукуються значення оцінок параметрів $A, \alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, що мінімізують SSE.

Моделю (4)–(6) являє собою повну трипараметричну модель прогнозування Дж. Бокса і Г. Джен-

кінса [11]. Вона є вдосконаленням моделі Хольта шляхом включення різниці похибок $\Delta e_t = e_t - e_{t-1}$ з коефіцієнтом α_3 [4, с. 36; 12].

Квазіадаптивну поведінку часового ряду Δe_t зображено на рис. 2.

Параметр A (і його оцінка) характеризують постійний (середній) рівень показника (6).

Стосовно встановлення розміру інтервалів байдужості $[-\varepsilon_S, \varepsilon_S]$ і $[-\varepsilon_e, \varepsilon_e]$, слід зауважити, що це – прерогатива осіб, які приймають рішення (експертів, спеціалістів у сфері інноваційної діяльності).

У результаті обчислень за наведеною схемою отримуємо такі результати. Для заданих значень інтервалів байдужості $\varepsilon_S = 0,02$ і $\varepsilon_e = 1,00$ оцінки параметрів $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, A$ набувають значень: $\hat{\alpha} = 0,05; \hat{\alpha}_1 = 0,0000; \hat{\alpha}_2 = 0,0756; \hat{\alpha}_3 = 0,0000; \hat{A} = 0,0526$. Нульове значення оцінки коефіцієнта α_3 підтверджує висновок про необов'язковість включення в модель різниці похибок. Це можна пояснити наявністю стохастичного характеру даних і нестійкою кореляцією похибок.

На рис. 1 і в табл. 2 надано прогнозні оцінки показника інноваційної активності підприємств України на період 2018–2021 рр.

Таким чином, квазіадаптивна модель (4)–(6) на 2018–2021 рр. пропонує прогнозні оцінки 15,34%, 14,37%, 13,30%, 12,13% відповідно (див. табл. 2).

Таблиця 2

Прогнозні оцінки показника інноваційної активності підприємств України

	Рік			
	2018	2019	2020	2021
Прогноз показника інноваційної активності підприємств, %	15,34	14,37	13,30	12,13

Тобто прогнозуємо зменшення інноваційної активності підприємств на відрізок часу з 2018 р. до 2021 р. у середньому на 0,83% щорічно. Середня абсолютна похибка прогнозу MAPE склала 12%.

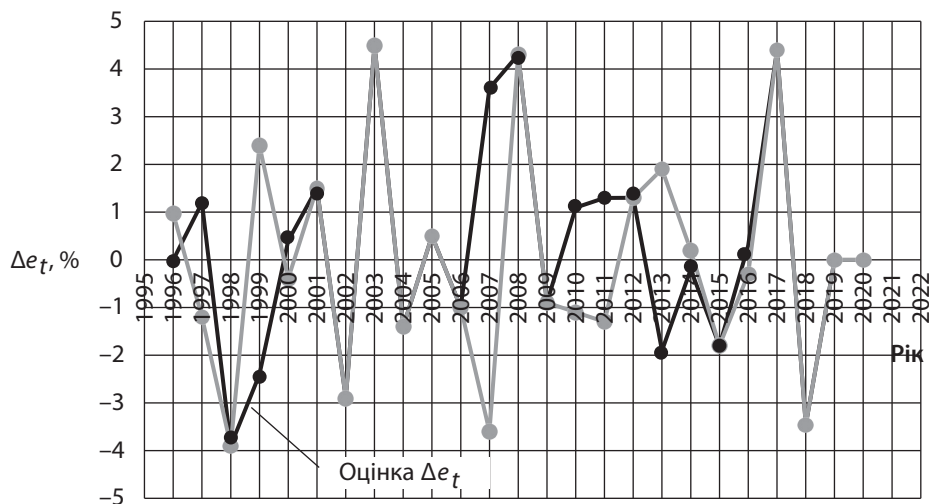


Рис. 2. Квазіадаптивна поведінка часового ряду Δe_t

ВИСНОВКИ

Поведінка чинника інноваційної активності підприємств України має характерну циклічність, що нагадує ківш або джеззу в розрізі.

Квазіадаптивний підхід до прогнозування інноваційної активності підприємств дозволяє врахувати не тільки адаптивні риси поведінки часового ряду взагалі, а й особливості знакових змін присутніх в моделі параметрів, взаємозв'язок її складових. Це дає можливість дослідити внутрішню структуру часового ряду, що є позитивом для практичного використання.

Отримані прогнозні оцінки говорять про майбутнє поступове зменшення інноваційної активності промислових підприємств протягом 2018–2021 рр.

Подальші дослідження припускають порівняння квазіадаптивного підходу з адаптивним, розробку методик встановлення інтервалів байдужості. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Іващенко П. О., Сисоєва С. І. Квазіадаптивне прогнозування туристичної діяльності. *Бізнес Інформ*. 2012. № 9. С. 98–101.
2. Клименко Д. Н. Квазіадаптивное прогнозирование поведения валютных курсов на примере рынка FOREX. *Инновации и инвестиции*. 2012. № 4. С. 162–165.
3. Лукашин Ю. П., Рахлина Л. И. Современные направления статистического анализа взаимосвязей и зависимостей. М.: ИМЭМО РАН, 2012. 54 с.
4. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. 416 с.
5. Xu, X., Law, R., Chen, W. Tang, L. Forecasting tourism demand by extracting fuzzy Takagie – Sugeno rules from trained SVMs. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*. 2016. Vol. 1. Issue 1. P. 30–42. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468232216000056>
6. Nerlov, M. Autoregressive and Moving-Average Time-Series Processes. *The New Palgrave Dictionary of Economics*. 2018. P. 608–615.

7. Волощук Л. О., Носовець О. І. Прогнозування інноваційної активності промислових підприємств інструментами імітаційного моделювання бізнес-процесів. *Економіка: реалії часу*. 2015. № 6 (22). С. 147–155. URL: <http://economics.oru.ua/files/archive/2015/No6/147.pdf>

8. Посохов І. М., Іващенко П. О., Іванова В. Б. Циклічність інноваційної активності підприємств України // Статистичні методи та інформаційні технології аналізу соціально-економічного розвитку: зб. текстів доповідей за матеріалами XVIII Всеукраїнської наук.-практ. конф. (24 травня 2018 р.). Хмельницький: Хмельницький університет управління та права, 2018. С. 44–48.

9. Наукова та інноваційна діяльність України: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2016. 257 с.

10. Інноваційна активність підприємств України. URL: https://ukrstat.org/uk/express/expres_u.html

11. Box, G. E. P., Jenkins, G. M. Some Statistical Aspects of Adaptive Optimization and Control. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B. Methodological*. 1962. Vol. 24. No. 2. URL: https://www.researchgate.net/publication/266934025_Some_Statistical_Aspects_of_Adaptive_Optimization_and_Control

12. Holt, C. C. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*. 2004. Vol. 20. Issue. 1. P. 5–10.

REFERENCES

- Box, G. E. P., and Jenkins, G. M. "Some statistical aspects of adaptive optimization and control" *Journal of the Royal Statistical Society: Series B. Methodological*. Vol. 24, no. 2 (1962). URL: https://www.researchgate.net/publication/266934025_Some_Statistical_Aspects_of_Adaptive_Optimization_and_Control
- Holt, C. C. "Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages". *International Journal of Forecasting*. Vol. 20, no. 1 (2004): 5-10.
- "Innovatsiina aktyvnist pidpriemstv Ukrainy" [Innovative activity of enterprises of Ukraine]. https://ukrstat.org/uk/express/expres_u.html
- Ivashchenko, P. O., and Sysoieva, S. I. "Kvaziadaptivne prohozuvannya turystychnoi diialnosti" [Quasi-adaptive forecasting of tourism activity]. *Biznes Inform*, no. 9 (2012): 98-101.

Klimenko, D. N. "Kvaziadaptivnoye prognozirovaniye povedeniya valyutnykh kursov na primere rynka FOREX" [Quasi-adaptive forecasting of the behavior of exchange rates on the example of the FOREX market]. *Innovatsii i investitsii*, no. 4 (2012): 162-165.

Lukashin, Yu. P. *Adaptivnyye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennykh ryadov* [Adaptive methods of short-term forecasting of time series]. Moscow: Finansy i statistika, 2003.

Lukashin, Yu. P., and Rakhlina, L. I. *Sovremennyye napravleniya statisticheskogo analiza vzaimosvyazey i zavisimostey* [Modern directions of statistical analysis of relationships and dependencies]. Moscow: IMEMO RAN, 2012.

Naukova ta innovatsiina diialnist Ukrainy [Scientific and innovative activity of Ukraine]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2016.

Nerlov, M. "Autoregressive and Moving-Average Time-Series Processes". In *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 608-615, 2018.

Posokhov, I. M., Ivashchenko, P. O., and Ivanova, V. B. "Tsyklichnist innovatsiinoi aktyvnosti pidpriemstv Ukrainy" [Cycles of innovative activity of Ukrainian enterprises]. *Statystychni metody ta informatsiini tekhnologii analizu sotsialno-ekonomichnoho rozvytku*. Khmelnytskyi: Khmelnytskyi universytet upravlinnia ta prava, 2018. 44-48.

Voloshchuk, L. O., and I Nosovets, O. "Prohnozuvannia innovatsiinoi aktyvnosti promyslovykh pidpriemstv instrumentamy imitatsiinoho modeliuвання biznes-protsesiv" [Forecasting of innovative activity of industrial enterprises by means of simulation of business processes]. *Ekonomika: realii chasu*. 2015. <http://economics.opu.ua/files/archive/2015/No6/147.pdf>

Xu, X. et al. "Forecasting tourism demand by extracting fuzzy Takagie – Sugeno rules from trained SVMs". *CAAI Transactions on Intelligence Technology*. Vol. 1, is. 1 (2016): 30-42. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468232216000056>