

# МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЦИКЛІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ ДИСКРЕТНОГО ЧАСОВОГО РЯДУ ЗА МЕТОДОМ КОВЗНОГО ФОКУСУ

© 2019 ДМИТРЕНКО О. В., ІВАЩЕНКО П. О.

УДК 330.341

JEL: C15

## Дмитренко О. В., Іващенко П. О. Моделювання і прогнозування циклічної поведінки дискретного часового ряду за методом ковзного фокусу

Запропоновано й обґрунтовано новий метод моделювання і прогнозування дискретного часового ряду за допомогою методу ковзного фокусу. Ідея методу полягає у використанні фокального параметра як кількісного оцінювача форми параболічного відрізка тренду часового ряду. Оскільки фактичний ряд значень цього показника за характером циклічності нагадує послідовність «інноваційних» ковшив (джезв), виникла ідея використати фокуси відрізків парабол, що апроксимують ці ковші. Обрано найпростіший метод подвійних ковзних середніх третього порядку. За допомогою методу ковзного фокусу можливе отримання не тільки точкових або інтервальних прогнозів, а й більш складних, наприклад, відрізків парабол. Метод прогнозування за допомогою ковзного фокусу надає можливість змалювати узагальнюючу картину динаміки досліджуваного процесу, що продемонстровано на прикладі чинника «Інноваційна активність підприємств України». Він дозволив спрогнозувати активізацію інноваційної діяльності в Україні на період до 2024 року.

**Ключові слова:** ковзний фокус, інноваційна активність, подвійне ковзне середнє.

DOI:

Рис.: 1. Табл.: 2. Формул.: 1. Бібл.: 18.

**Дмитренко Олександр Володимирович** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економічної теорії та економічних методів управління, Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна (пл. Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

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

E-mail: ipaplin7@gmail.com

УДК 330.341

JEL: C15

UDK 330.341

JEL: C15

## Дмитренко А. В., Иващенко П. А. Моделирование и прогнозирование циклического поведения дискретного временного ряда по методу скользящего фокуса

Предложен и обоснован новый метод моделирования и прогнозирования дискретного временного ряда с помощью метода скользящего фокуса. Идея метода состоит в использовании фокального параметра как количественного оценщика формы параболы отрезка тренда временного ряда. Поскольку фактический ряд значений этого показателя по характеру цикличности напоминает последовательность «инновационных» ковшей (джезв), возникла идея использовать фокусы отрезков парабол, которые аппроксимируют эти ковши. Для построения прогнозов избран простейший метод двойных скользящих средних третьего порядка. С помощью метода скользящего фокуса возможно получение не только точечных или интервальных прогнозов, а и более сложных, например, отрезков парабол. Метод прогнозирования с помощью скользящего фокуса предоставил возможность дать обобщающую картину динамики исследуемого процесса, что продемонстрировано на примере показателя «Инновационная активность предприятий Украины». Он позволил спрогнозировать активизацию инновационной деятельности в Украине на период до 2024 года.

**Ключевые слова:** скользящий фокус, инновационная активность, двойное скользящее среднее.

Рис.: 1. Табл.: 2. Формул.: 1. Библ.: 18.

**Дмитренко Александр Владимирович** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории и экономических методов управления, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина (пл. Свободы, 4, Харьков, 61022, Украина)

**Иващенко 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

## Dmytrenko O. V., Ivashchenko P. A. Simulating and Forecasting Periodic Behavior of a Discrete Time Series Using the Moving Average Method

A new method for simulating and forecasting a discrete time series using the moving average method is proposed and substantiated. The idea of the method is to use the latus rectum as a quantitative estimator of the shape of a parabolic segment of a time series trend. Since the actual number of values of this indicator in terms of nature of its periodicity resembles an array of innovative buckets, there arose an idea of using the foci of parabolic segments which approximate these buckets. To build the forecasts, the simplest method of double moving averages of the third order was chosen. Using the moving average method, it is possible to obtain not only forecasts of points or intervals but also more complex ones, e.g., those of parabolic segments. The method of forecasting with the help of moving averages has provided an opportunity to give a generalizing picture of the changes in the process being studied, as demonstrated by the example of the indicator "Innovative Activity of Ukrainian Enterprises". It has made it possible to predict the intensification of innovation in Ukraine for the period up to 2024.

**Keywords:** moving average, innovative activity, double moving average.

Fig.: 1. Tabl.: 2. Formulae: 1. Bibl.: 18.

**Dmytrenko Oleksandr V.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Theory and Economic Methods of Management, V. N. Karazin Kharkiv National University (4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)

**Ivashchenko Peter A.** – Candidate of Sciences (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

Модельовання і прогнозування дискретного часового ряду, що характеризує питому вагу підприємств України, які займалися інноваціями, потребує врахування циклічної специфіки його джезво-подібної поведінки [1, с. 85; 2, с. 470; 3; 4, с. 46]. Відповідно, необхідна розробка методів прогнозування, які б враховували динаміку зміни форми прогнозованого об'єкта. Авторами визначено, що таким об'єктом може бути обрано джезво-подібний інноваційний ківш, який добре апроксимується відрізком параболи.

Аналіз наявних методів модельовання і прогнозування дискретних часових рядів виявив, що, по-перше,

всі (підкреслено авторами) вони орієнтовані на отримання точкових прогнозів і їх верхньої та нижньої границь; по-друге, завдання прогнозування форми відрізка часового ряду навіть не формулювалося [5–11].

Мета статті полягає в розробці методу модельовання і прогнозування динаміки форми дискретного часового ряду з урахуванням циклічності.

Нами пропонується метод прогнозування форми циклічної поведінки дискретного часового ряду. Він використовує апроксимацію часового ряду ланцюгом суміжних відрізків парабол, їх фокуси і директриси (рис. 1).

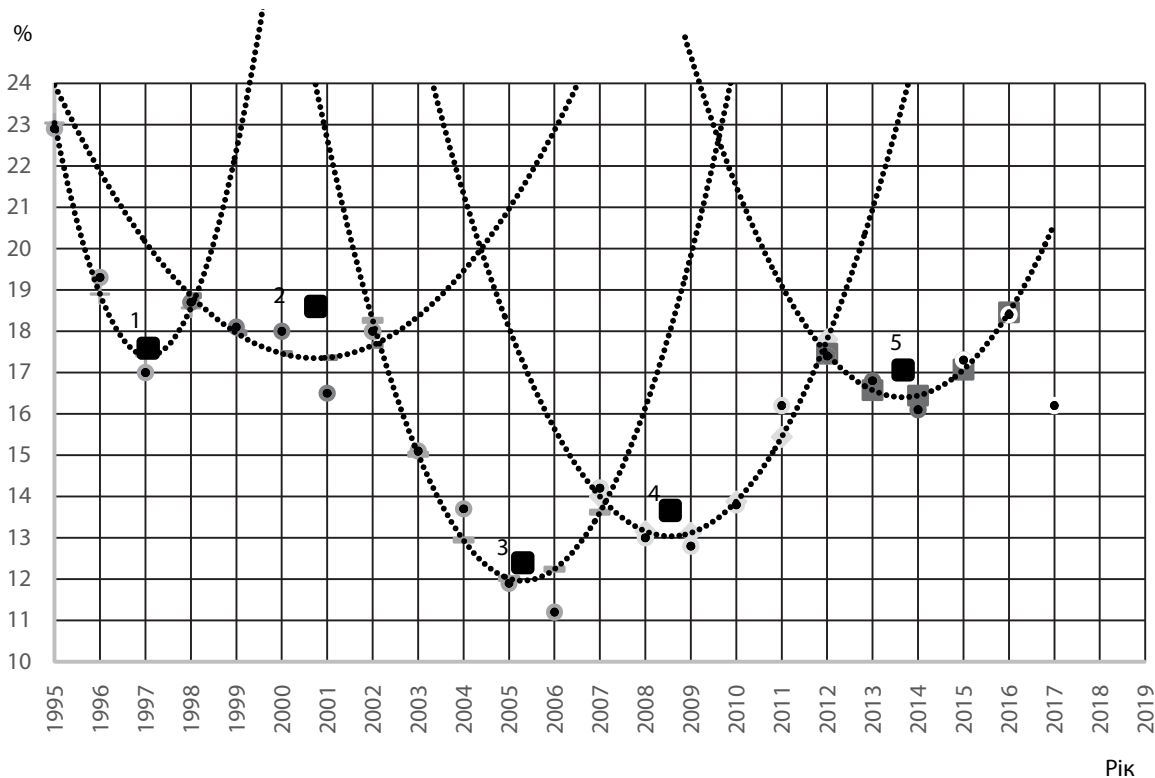


Рис. 1. Апроксимація відрізків дискретного часового ряду ланцюгом суміжних відрізків парабол

Джерело: авторська розробка.

На рис. 1 наведені:

- ✦ 23 точки часового ряду (з 1995 по 2017 рр. (див. табл. 1));
- ✦ п'ять відрізків парабол, що оцінюють поведінку часового ряду всередині інтервалів часу: [1995-1998], [1998-2002], [2002-2007], [2007-2012], [2012-2017];
- ✦ п'ять точок – фокусів парабол (квадратики «■»), координати яких (1-5) розраховані і наведені в табл. 2;
- ✦ директриси не представлені.

Таблиця 1

Річні значення чинника «Питому вагу підприємств України, які займалися інноваціями»

Рік	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
y%	22,9	19,3	17,0	18,7	18,1	18,0	16,5	18,0	15,1	13,7	11,9	
Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
y%	11,2	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 [1, с. 85; 2, с. 470; 3].

Метод базується на наступних міркуваннях. Добре відомо, що форма параболи за математичним змістом визначається її геометричним виглядом і відповідними математичними та геометричними властивостями.

Нас цікавить форма (відрізка) параболи, що апроксимує економічний чинник, за економічним змістом. Підставою є наочна форма відрізків парабол, наведена на рис. 1.

**П**араболічна (нелінійна, другого порядку) форма зв'язку може демонструвати спочатку спадання, а потім зростання результативного чинника при зростанні факторного чинника у визначених економічних межах. Це може бути параболічна регресія (нелінійна регресія з параболічним трендом), параметри якої можуть бути визначені методом найменших квадратів. Для найпростішої регресії параболічного типу характерна наявність результативного чинника першого порядку, факторного чинника другого порядку і лінійності оцінюваних параметрів (останніх – не більше трьох).

Використання параболи можливе у випадку, коли (на певному інтервалі зміни факторного чинника) змінюється характер зв'язку аналізованої ознаки (результативного чинника): прямий зв'язок змінюється на зворотний і навпаки. В такому разі можливе з'ясування максимального (або мінімального) рівня результуючої ознаки. Прикладами є: зв'язок між рівнем заробітної плати робітників фізичної праці і їх віком; зв'язок між

споживанням і рівнем доходу сім'ї; залежність витрат на виробництво від обсягу випуску продукції та ін.

Властивість симетричності параболи в економіці не завжди спрацьовує. Тоді розглядають сегменти параболи. Більше того, параметри параболічного зв'язку не завжди можуть бути змістовно і логічно інтерпретовані. В такому разі пропонуємо звернутися до інших характеристик параболи: фокусу, директриси, вершини.

В цій статті зроблено спробу використати фокус за його прямим призначенням – як характеристику форми параболи з залученням економетричних методів моделювання з метою побудування прогнозів.

Нехай парабола задана рівнянням

$$y = ax^2 + bx + c, \quad (1)$$

де  $a, b, c$  – її параметри.

В табл. 2 містяться результати оцінювання п'яти параболічних трендів  $y = a_i x^2 + b_i x + c_i$ , що відповідають відрізкам часу: [1995–1998]; [1998–2002]; [2002–2007]; [2007–2012]; [2012–2016]. Оцінки  $\hat{a}_i, \hat{b}_i, \hat{c}_i$  коефіцієнтів  $a_i, b_i, c_i$  отримані методом найменших квадратів [16, с. 9; 17, с. 22–51] відносно обраних інтервалів часу і відповідних їм висхідних даних, наведених в табл. 1.

Координати  $x_F, y_F$  фокусів оцінених відрізків парабол і фокального параметра  $p$  розраховані згідно співвідношень  $x_F = x_A, y_F = y_A + p/2$ , де  $x_A = -\hat{b} / (2\hat{a})$ ,  $y_A = \hat{c} - \hat{b}^2 / (4\hat{a})$ ,  $p = 1 / (2\hat{a})$ .

Таблиця 2

Рівняння відрізків парабол, що апроксимують висхідні дані, фокальні параметри та координати їх фокусів

№ з/п	Відрізок часу	Формула відрізків параболічного тренду	Фокальний параметр, p	Координати фокусу	
				$x_F$	$y_F$
1	[1995–1998]	$y = 1,325x^2 - 5292,22x + 5284459$	0,38	1997,1	17,6
2	[1998–2002]	$y = 0,2x^2 - 800,3x + 800617$	2,50	2000,8	18,6
3	[2002–2007]	$y = 0,5768x^2 - 2313,26x + 2319410$	0,87	2005,3	12,4
4	[2007–2012]	$y = 0,4x^2 - 1606,84x + 1613722$	1,25	2008,6	13,7
5	[2012–2016]	$y = 0,3786x^2 - 1524,64x + 1535073$	1,32	2013,7	17,1
6	[2016–2020]	$y = 0,6131x^2 - 2473,90x + 2495680$	0,82	2017,6	12,8
7	[2020–2024]	$y = 0,7692x^2 - 3111,23x + 3145933$	0,65	2022,3	12,0

Джерело: розраховано авторами.

Неоднаковість вибору довжин відрізків часу (див. другий стовпчик табл. 2) може бути пояснена їх прив'язкою до моментів зміни керівництва владних структур і відповідних змін в економіці та фінансуванні інноваційної діяльності.

В основу методу ковзного фокусу покладемо такий відомий факт. Використовуючи будь-які три точки площини, можна однозначно побудувати параболу, визначити її фокус і директрису. Окрім того, фокальний параметр (параметр параболи) характеризує її форму. Це виступає найважливішим аспектом у побудованні моделей, формулюванні і дослідженні методу прогнозування за допомогою ковзного фокусу. Мається на увазі,

що прогнозуються не тільки окрема точка часового ряду або інтервал його майбутніх змін, а й цілий об'єкт – відрізок параболи відповідної (прогнозованої) форми.

**В**нашому випадку інноваційні ківші (відрізки параболи) утворені не трьома, а, відповідно, 4, 5, 6, 6, 5 суміжними точками, на основі яких побудовані відрізки парабол, оцінені їх фокуси і директриси. Таким чином, на основі п'яти координат фокусів отримуємо чотири зміни їх координат і форм відрізків інтерполяційних парабол.

У двох останніх рядках табл. 2 наведено прогнозні координати двох фокусів відрізків парабол часового

ряду. Вони отримані послідовним ковзанням координат  $(x_F, y_F)$  за наступним алгоритмом [18, с. 146]:

Крок 1. Вибрати  $k$  ( $k = 2, 3, \dots$ ) і розрахувати

$M_t = \hat{Y}_{t+1}$ , де  $\hat{Y}_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i$  є усередненням часових даних  $Y_{t-k+1}, \dots, Y_t$  і може бути використане як прогноз на наступний період  $t + 1$  [18, с. 138].

Крок 2. Розрахувати  $M'_t = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t M_i$ .

Крок 3. Розрахувати

$$a_t = M_t + (M_t - M'_t) = 2M_t - M'_t.$$

Крок 4. Розрахувати  $b_t = \frac{2}{k-1}(M_t - M'_t)$ .

Крок 5. Виконати прогноз на  $\tau$  періодів уперед за формулою

$$\hat{Y}_{t+\tau} = a_t + b_t \tau.$$

Знаючи оцінені прогнозні координати фокусу, вершини і директрису параболи  $y = a_t x^2 + b_t x + c_t$ , неважко оцінити три її параметри ( $a_t, b_t, c_t$ ). Таким чином, будуються прогнозовані об'єкти – параболи з відповідною формою. В нашому випадку рівняння двох прогнозованих парабол ( $i = 6, 7$ ) за фокальним параметром і координатами фокусу представлені в двох останніх рядках табл. 2.

Окремо слід зауважити, що область визначення відрізка параболи (фактично – інтервал прогнозу) вибирається на основі змістовної інтерпретації часового ряду.

Аналіз результатів прогнозування методом ковзного фокусу містить такі міркування.

В останньому і двох прогнозованих періодах спостерігаємо зменшення значень фокального параметра:  $1,32 \downarrow 0,82 \downarrow 0,65$ . З геометричної точки зору маємо наближення точки фокусу до вершини параболи. Змістовно цей факт можна інтерпретувати як наближення гілок парабол, тобто *прогнозуємо прискорення (активізацію) процесів інноваційної активності підприємств України при переході від одного відрізка часу до суміжного*. Підтвердження (або спростування) вимовленої думки повинно бути обґрунтоване, наприклад, шляхом залучення додаткової інформації і застосування відповідних методів.

Пропонований метод ковзного фокусу, на думку авторів, не протирічить існуючим, традиційним методам прогнозування. Він доповнює загальну картину інноваційної діяльності в Україні і пов'язує її з соціально-економічною дійсністю.

Результати прогнозування за методом ковзного фокусу порівнюються з результатами, отриманими іншими методами. Наприклад, це можуть бути: метод статистичних рівнянь залежностей [12; 13], метод квазіадаптивного прогнозування [14], метод ARIMA [15],

метод екстремальної опорної точки, метод центра мас [16] та інші.

## ВИСНОВКИ

Запропонований новий метод моделювання і прогнозування дискретних часових рядів – метод ковзного фокусу дозволив спрогнозувати активізацію інноваційної діяльності на період до 2024 року. За його допомогою можливе отримання не тільки точкових або інтервальних прогнозів, а й більш складних, наприклад, відрізків парабол. Інакше кажучи, метод прогнозування за допомогою ковзного фокусу надає можливість змалювати узагальнюючу картину динаміки досліджуваного процесу, що продемонстровано на прикладі чинника «Інноваційна активність підприємств України».

Напрямок подальших розвідок можуть бути узагальнення методу ковзного фокусу на випадок динамічних множинних регресій. ■

## ЛІТЕРАТУРА

1. Наукова та інноваційна діяльність України, 2017 рік. Київ : Державна служба статистики України, 2018. 178 с.
2. Статистичний щорічник України за 2017 рік. Київ : Державна служба статистики України, 2018. 541 с.
3. Статистична інформація / Економічна статистика / Наука, технології та інноваційна діяльність (1990–2016) / Загальний обсяг витрат за напрямками інноваційної діяльності // Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. **Посохов І. М., Іващенко П. О., Іванова В. Б.** Циклічність інноваційної активності підприємств України // Статистичні методи та інформаційні технології аналізу соціально-економічного розвитку : матеріали XVIII Всеукр. наук.-практ. конф. (Хмельницький, 24 трав. 2018 р.). Хмельницький : ХУУП, 2018. С. 44–48.
5. **Luis Antonio de Santa-Eulalia Travail, Neumann D., Klases J.** A Simulation-Based Innovation Forecasting Approach Combining the Bass Diffusion Model, the Discrete Choice Model and System Dynamics. An Application in the German Market for Electric Cars // The Third International Conference on Advances in System Simulation SIMUL 2011. Barcelona, Spain. October 23–29, 2011. P. 81–87.
6. **Лукашин Ю. П., Рахлина Л. И.** Современные направления статистического анализа взаимосвязей и зависимостей. М. : ИМЭМО РАН, 2012. 54 с.
7. **Грудцина Ю. В.** Інноваційна діяльність в Україні: аналіз і прогнозування. *Бізнес Інформ*. 2019. № 2. С. 78–84.
8. **Светульников И. С.** Краткосрочное прогнозирование социально-экономических процессов с использованием модели с коррекцией. *Бізнес Інформ*. 2011. № 5 (1). С. 109–114.
9. **Клебанова Т. С., Рудаченко О. О.** Прогнозування показників фінансової діяльності підприємства житлово-комунального господарства за допомогою адаптивних моделей. *Бізнес Інформ*. 2015. № 1. С. 143–149.
10. **Meek C., Chickering D. M., Heckerman D.** Autoregressive Tree Models for Time-Series Analysis. Proceedings of the Second International SIAM Conference on Data Mining. Arlington, VA: SIAM, 2002. P. 229–244.
11. **Чучуева И. А.** Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобия : дис. .... канд. техн. наук : 05.13.18. Москва, 2012. 155 с.
12. **Кулинич О. І.** Вибір найкращого статистичного рівняння залежності // Статистичні методи та інформаційні техно-

логії аналізу соціально-економічного розвитку : зб. текстів доп. за матеріалами XVIII Всеукр. наук.-практ. конф. (Хмельницький, 24 трав. 2018 р.). Хмельницький : ХУУП, 2018. С. 4–7.

**13. Кулинич Р. О.** Економічні нормативні та прогнозні розрахунки методом статистичних рівнянь залежностей // Статистичні методи та інформаційні технології аналізу соціально-економічного розвитку : зб. текстів доп. за матеріалами XVIII Всеукр. наук.-практ. конф. (Хмельницький, 24 трав. 2018 р.). Хмельницький : ХУУП, 2018. С. 10–15.

**14. Іващенко П. О., Глушач Ю. С., Іванова В. Б.** Квазі-адаптивне прогнозування інноваційної діяльності підприємств України. *Бізнес Інформ*. 2018. № 6. С. 180–185.

**15. Давнис В. В., Тинякова В. И.** Адаптивные модели: анализ и прогноз в экономических системах. Воронеж : ВГУ, 2006. 380 с.

**16. Денисенко В. И.** Эмпириометрия : учеб. пособие. Владимир : Изд-во ВлГУ, 2017. 124 с.

**17. Гур'янова Л. С., Клебанова Т. С., Сергієнко О. А., Прокопович С. В.** Економетрика : навч. посіб. для студентів на пряму підготовки «Економічна кібернетика» всіх форм навчання. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 384 с.

**18. Ханк Д. Э., Уичерн Д. У., Райте А. Д.** Бизнес-прогнозирование. М. : Вильямс, 2017. 656 с.

## REFERENCES

Chuchuyeva, I. A. "Model prognozirovaniya vremennykh ryadov po vyborke maksimalnogo podobiya" [The time series prediction model for the maximum similarity sample]: dis. ... . kand. tekhn. nauk : 05.13.18, 2012.

Davnis, V. V., and Tinyakova, V. I. Adaptivnyye modeli: analiz i prognoz v ekonomicheskikh sistemakh [Adaptive models: analysis and forecast in economic systems]. Voronezh: VGU, 2006.

Denisenko, V. I. Empiriometriya [Empiriometry]. Vladimir: Izd-vo VIGU, 2017.

Hrudtsyna, Yu. V. "Innovatsiina diialnist v Ukraini: analiz i prognozuvannya" [Innovation in Ukraine: Analysis and Forecasting]. *Biznes Inform*, no. 2 (2019): 78-84.

Hurianova, L. S. et al. *Ekonometriyka* [Econometrics]. Kharkiv: KhNEU im. S. Kuznetsia, 2015.

Ivashchenko, P. O., Hlushach, Yu. S., and Ivanova, V. B. "Kvaziadaptivne prognozuvannya innovatsiinoi diialnosti pidpriemstv Ukrainy" [Quasi-adaptive forecasting of innovation activity of enterprises of Ukraine]. *Biznes Inform*, no. 6 (2018): 180-185.

Khank, D. E., Uichern, D. U., and Rayte, A. D. *Biznes-prognozirovaniye* [Business forecasting]. Moscow: Vilyams, 2017.

Klebanova, T. S., and Rudachenko, O. O. "Prognozuvannya pokaznykiv finansovoi diialnosti pidpriemstva zhytlovo-komunalnoho hospodarstva za dopomohoiu adaptivnykh modelei" [Fore-

casting of indicators of financial activity of the enterprise of housing and communal services using adaptive models]. *Biznes Inform*, no. 1 (2015): 143-149.

Kulynych, O. I. "Vybir naikrashchoho statystychnoho rivniana zalezhnosti" [Choosing the best statistical dependence equation]. *Statystichni metody ta informatsiini tekhnolohii analizu sotsialno-ekonomichnoho rozvytku*. Khmelnytskyi: KhUUP, 2018. 4-7.

Kulynych, R. O. "Ekonomichni normatyvni ta prohnozni rozrakhunky metodom statystychnykh rivnian zalezhnosti" [Economic normative and forecast calculations by the method of statistical equations of dependencies]. *Statystichni metody ta informatsiini tekhnolohii analizu sotsialno-ekonomichnoho rozvytku*. Khmelnytskyi: KhUUP, 2018. 10-15.

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

Meek, C., Chickering, D. M., and Heckerman, D. "Autoregressive Tree Models for Time-Series Analysis". *Proceedings of the Second International SIAM Conference on Data Mining*. Arlington, VA: SIAM, 2002. 229-244.

*Naukova ta innovatsiina diialnist Ukrainy, 2017 rik* [Scientific and innovation activity of Ukraine, 2017]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2018.

Posokhov, I. M., Ivashchenko, P. O., and Ivanova, V. B. "Tsyklichnyst innovatsiinoi aktyvnosti pidpriemstv Ukrainy" [Cycle of innovative activity of Ukrainian enterprises]. *Statystichni metody ta informatsiini tekhnolohii analizu sotsialno-ekonomichnoho rozvytku*. Khmelnytskyi: KhUUP, 2018. 44-48.

"Statystychna informatsiia / Ekonomichna statystyka / Nauka, tekhnolohii ta innovatsiina diialnist (1990-2016) / Zahalnyi obsiah vytrat za napriamamy innovatsiinoi diialnosti" [Statistical information / Economic statistics / Science, technology and innovation activities (1990-2016) / Total expenditures on innovation activities]. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

*Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2017 rik* [Statistical Yearbook of Ukraine for 2017]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2018.

Svetunkov, I. S. "Kratkosrochnoye prognozirovaniye sotsialno-ekonomicheskikh protsessov s ispolzovaniyem modeli s korektsiyey" [Short-term forecasting of socio-economic processes using a model with correction]. *Biznes Inform*, no. 5 (1) (2011): 109-114.

Travail, Luis Antonio de Santa-Eulalia, Neumann, D., and Klaisen, J. "A Simulation-Based Innovation Forecasting Approach Combining the Bass Diffusion Model, the Discrete Choice Model and System Dynamics. An Application in the German Market for Electric Cars". *The Third International Conference on Advances in System Simulation SIMUL 2011*. Barcelona, Spain, 2011. 81-87.