

УДК 338.4:311.21

АНАЛІТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РИНКУ БУДІВЕЛЬНИХ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ

ANALYTICAL POSSIBILITIES OF SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS FOR OPTIMIZATION OF MARKET OF BUILDING SERVICES IN UKRAINE

Кущенко О.І.

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри статистики, обліку та аудиту,
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Чуприна О.А.

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри статистики, обліку та аудиту,
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Kushchenko Olena

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer at Department of Statistics, Accounting, and Audit,
V.N. Karazin Kharkiv National University

Chupryna Olena

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer at Department of Statistics, Accounting, and Audit,
V.N. Karazin Kharkiv National University

*Актуальність бізнес-аналізу обґрунтовано необхідністю приймати управлінські рішення на основі якісно проведених аналітичних досліджень. У статті проведено аналітичне прогнозування будівельного бізнесу в Україні. Дано досить гнучкий алгоритм прогнозування за допомогою сингулярного спектрального аналізу значень обсягу виконаних будівельних робіт в Україні за 2010–2017 рр. Проведено перетворення однови-
мірного часового ряду на багатовимірний щодо подальшого розроблення прогнозу на 2018 р. та далі. Усі розрахунки зроблено з використанням програмного забезпечення Caterpillar SSA (Singular spectrum analysis). Як підтвердження прогнозу проведено порівняння його з офіційними даними Державної служби статистики України. Зроблено рекомендаційні висновки та пропозиції щодо використання статистичної методології.*

Ключові слова: динаміка сезонності бізнесу, алгоритм програмного забезпечення Caterpillar SSA, аналітичне прогнозування, розрахунок допустимої похибки прогнозування, порівняльний аналіз.

Актуальность бизнес-анализа обоснована необходимостью принимать управленческие решения на основе качественно проведенных аналитических исследований. В статье проведено аналитическое прогнозирование строительного бизнеса в Украине. Дан достаточно подробный алгоритм прогнозирования с помощью сингулярного спектрального анализа значений объема выполненных строительных работ в Украине за 2010–2017 гг. Произведено преобразование одномерного временного ряда в многомерный для дальнейшей разработки прогноза на 2018 г. и далее. Все расчеты проведены с использованием программного обеспечения Caterpillar SSA (Singular spectrum analysis). Как подтверждение прогноза проведено сравнение его с официальными данными Государственной службы статистики Украины. Сделаны рекомендательные выводы и даны предложения по использованию статистической методологии.

Ключевые слова: динамика сезонности бизнеса, алгоритм программного обеспечения Caterpillar SSA, аналитическое прогнозирование, расчет допустимой ошибки прогнозирования, сравнительный анализ.

Actuality of economic business-analysis is reasonable a necessity to accept administrative decisions on the basis of qualitatively conducted analytical studies. The object of this research are volumes of the executed construction-works in Ukraine for 2010-2017. The subject of research are the mass phenomena and processes, related to functioning of building industry in a country. Works of home authors served methodological basis of analytical research on questions of building business, statistical data, and also normatively-legal acts and laws. Research

methods is statistical methodology in all her variety. This statistical supervision, analytical typification, dynamic comparisons, study of progress of business trends, graphic and tabular methods of illustration of all phenomena and processes. Specifically, in the article on the basis of a systematic approach, analytical modeling and forecasting of the construction business in Ukraine was carried out. Analytical calculations of the trend values of the volume of construction work performed in the country for the specified years have been studied in detail. As a result, the work of the forecasting algorithm is shown using a singular spectral analysis of the values of the volume of construction work performed in Ukraine. A one-dimensional time series was converted into a multidimensional one for the further development of the forecast for 2018 and beyond. The calculation of the admissible prediction error turned out to be quite relevant. Algorithm of this calculation is given. All calculations were performed using the Caterpillar SSA (Singular spectrum analysis) software. A comparison of the forecast with the official data of the State Statistics Service of Ukraine. Recommended conclusions and suggestions for using the algorithm of statistical methodology are made. Researchers continue to work on the application of statistical methodology in various sectors of the economy. Also, in order to optimize the work of the construction services market, complex methodologies complementing each other will be applied and tested in other studies.

Key words: business seasonality dynamics, algorithm of Caterpillar SSA software, analytical forecasting, calculation of permissible forecasting error, comparative analysis.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У сучасному економічному просторі важливим ресурсом є інформація, вмиле використання якої дає змогу економити ресурси, отримувати нових клієнтів, мати переваги перед конкурентами. Підприємці вимушені приймати управлінські рішення в умовах мінливого ринкового середовища, як правило, не маючи повної та точної інформації стосовно діяльності конкурентів. Актуальність економічного аналізу обґрунтована необхідністю приймати рішення щодо розвитку будівельних послуг в Україні на підставі якісно проведених аналітичних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спираються автори. Дослідженню розвитку будівельної індустрії в Україні присвячено праці багатьох науковців. Науково-практичний інтерес становлять праці: В. Биба, В. Божанова, Т. Волкова, В. Гаташ, В. Гриненко, Л. Калініченко, О. Карлова, Є. Коваленко-Марченкова, З. Лагуткіна, Д. Овчаренко, В. Прокopenko, Л. Романенко, Ю. Сидорова, С. Сташевського, М. Столбова, П. Шиліук, І. Якимчук, О. Квасницької, Ж. Крисько та ін.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Усі вказані дослідження носять загальнонауковий та практичний характер, а ось економічній аналітиці за допомогою сингулярного спектрального аналізу з використанням програмного забезпечення приділено недостатньо уваги. Розробленню та детальному обговоренню прогнозу присвячується саме наша робота.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є аналітичний розгляд сезонності динаміки розвитку будівельного бізнесу на сучасному етапі формування економіки України; побудова алгоритму завантаження даних у програму Caterpillar SSA та графічного відображення часового ряду за 2010–2017 рр.; перетворення одновимірного часового ряду на

багатовимірний для подальшого розроблення прогнозу; аналітичний, порівняльний та критичний розгляд рівня прогнозування та надання рекомендацій, апробованих одним з авторів в інших дослідженнях [1 с. 738–744].

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Singular spectrum analysis (сингулярний спектральний аналіз), або SSA, – це метод аналізу часових рядів та прогнозування, який об'єднує елементи класичного аналізу часових рядів, багатofакторну статистику, багатовимірну геометрію, динамічні системи та обробку даних [2, с. 105].

Основний метод SSA складається з двох етапів: розкладання та реконструкції. Головна сутність методу – це перетворення одновимірного часового ряду у багатовимірний ряд. SSA заснований на розкладанні сингулярних значень конкретної матриці, побудованої за часовим рядом [3, с. 322–323]. Для часових рядів не передбачається ні параметрична модель, ні стаціонарність. Це робить SSA безмодельним методом і, отже, дає змогу мати дуже широкий діапазон застосовності [4, с. 99]. Саме тому даний метод може бути застосований і у нашому дослідженні для аналізу будівельного бізнесу в Україні за узагальнюючим показником – обсягом виконаних будівельних робіт (млн грн) у 2010–2017 рр. [5]. У проведенні дослідження та побудові прогнозу використаємо програму Caterpillar SSA [6].

Першим кроком у проведенні аналізу будівельного бізнесу в Україні буде завантаження даних у програму Caterpillar SSA, яка далі зробить графічне відображення завантаженого часового ряду (рис. 1).

Дивлячись на рис. 1, відразу стає зрозумілим, що останнім часом обсяг виконаних будівельних робіт іде у гору, тож будівельна індустрія в Україні набирає оберти поступово за період календарного року та починає працювати на повну потужність в осінній період часу.

Для подальшого прогнозування програма Caterpillar SSA пропонує перетворити одно-

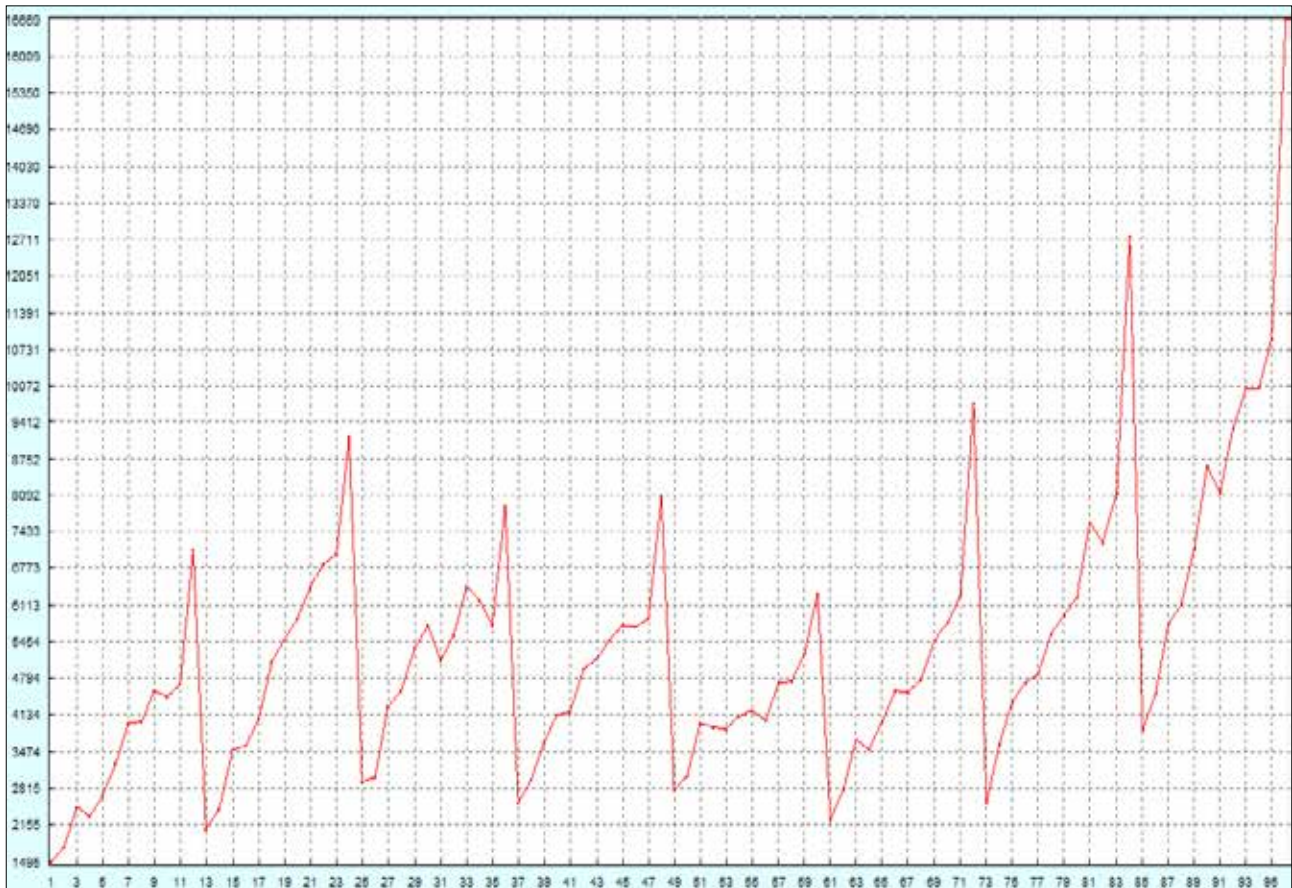


Рис. 1. Аналітична динаміка сезонності обсягу виконаних будівельних робіт в Україні (млн грн) у 2010–2017 рр.

Джерело: побудовано авторами за матеріалами [5]

вимірний часовий ряд на багатовимірний шляхом розбиття точок, у нашому випадку – обсягу виконаних будівельних робіт. Саме тут виникає найголовніше питання: на яку кількість точок потрібно розбити сукупність для найкращого результату прогнозу? Відповіді на це запитання не дасть жоден аналітик, бо для кожного динамічного ряду, для кожного типу даних це може бути своя кількість.

Під час проведення даного аналізу було застосоване розбиття на 18, 20, 22, 24, 28, 30 та 48 точок, застосовано різноманітні комбінації та зроблено висновок, що для даного обсягу даних за показником обсягу виконання будівельних робіт із первісною кількістю точок 96 найкраще застосувати розбиття на 48 точок, тобто скоротити ряд рівно у два рази, та перетворити одновимірний часовий ряд на багатовимірний.

Результати розбиття обсягу виконаних будівельних робіт в Україні в 2010–2017 рр. графічно зображено на рис. 2. Проаналізувавши наочне зображення, бачимо чітку діагональну лінію, яка спрямована з лівого нижнього кута у верхній правий, це й є вже перетворений з одновимірний у двовимірний часовий ряд. Якщо придивитися, то у лівому нижньому куті та почи-

наючи із середини до верху діагональної лінії по її сторонах розташовані менш помітні точки, це називається шумом.

Наступним кроком проведення аналізу є прибирання точок, у яких присутній шум, з уже перетвореного часового ряду. І тут знову постає питання, на яке ніхто не дасть чіткої відповіді: скільки точок і які потрібно прибрати? І тут знов кількість та порядок залежать лише від конкретної ситуації, а не від конкретного ряду показників, але найкращим рішенням буде починати усувати точки з кінця часового ряду.

Для конкретної ситуації та показника обсягу виконаних будівельних робіт шляхом підбору оптимального складу, утвореного двовимірного часового ряду, була винайдена найкраща комбінація, за якої якість прогнозу та його достовірність були в оптимальному стані

Найкраща комбінація для прогнозування обсягу виконаних будівельних робіт в Україні утворилася за усунення точок за номерами 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48. За усунення перерахованих точок та порівняння результатів прогнозування з іншими комбінаційними варіантами було прийнято рішення, що для даної ситуації винайдено оптимальне рішення та складений

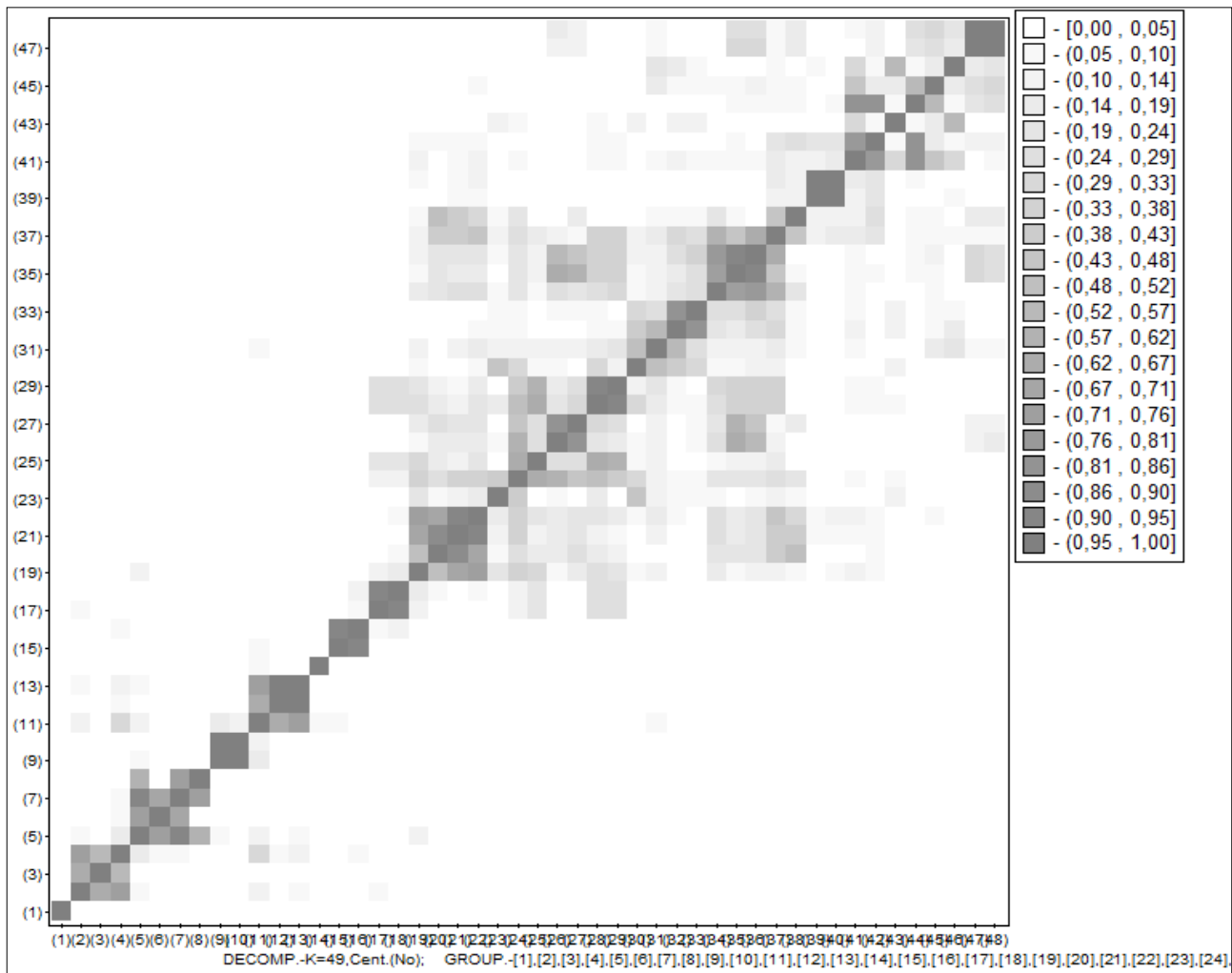


Рис. 2. Статистичне розбиття обсягу виконаних будівельних робіт в Україні у 2010–2017 рр. на 48 точок

Джерело: побудовано авторами за матеріалами [5]

найкращий із можливих варіантів прогнозу. Прогнозування було зроблено на 10 точок уперед починаючи з 91-ї точки, тобто прогноз охопив шість місяців 2017 р. та першу третину 2018 р., а саме січень, лютий, березень та квітень.

Результат прогнозування обсягу виконаних будівельних робіт в Україні на першу третину 2018 р. наочно представлено на рис. 3.

Аналітичне дослідження прогнозу візуально показує, що його результати є близькими до реальних значень. Про це свідчить те, що після 91-ї точки ліній на графіку стає дві та прогнозне значення так гарно налягає на реальне, що це майже не помітно. Так само достовірність прогнозу підтверджується завдяки падінню показника обсягу виконаних будівельних робіт на 97-й точці, тобто з початком нового календарного року. Але це тільки візуальні висновки, тому після детального ознайомлення з наочним зображенням прогнозу перейдемо до розрахунків похибки прогнозу шляхом зіставлення прогнозних значень другої частини 2017 р. та

фактичних даних обсягу виконання будівельних робіт за аналогічний період часу за допомогою статистичної формули 1:

$$y = \frac{\sum |x_i - x_{t}| * 1}{x_i * n} * 100, \quad (1)$$

де y – похибка прогнозу у відсотках;
 x_i – фактичне значення обсягу виконаних будівельних робіт в Україні (млн грн);

x_t – теоретичне (прогнозне) значення обсягу виконаних будівельних робіт в Україні (млн грн);
 n – кількість значень, для яких розраховується похибка прогнозу, у даному разі $n = 6$.

Результати розрахунків похибки прогнозу обсягу виконаних будівельних робіт в Україні за фактичними даними другого півріччя 2017 р. та прогнозними даними за аналогічний період наведено в табл. 1.

Розрахувавши в табл. 1 різницю між фактичними та теоретичними значеннями обсягу виконаних будівельних робіт в Україні, взяту за модулем, та поділивши різницю на фактичне

значення показника, отримаємо значення суми 0,068237014. Підставляємо результат у формулу 1 та отримаємо таке:

$$y = 0,068237014 * \frac{1}{6} * 100 = 0,974814 (\%).$$

Після проведення розрахунків отримаємо похибку прогнозу обсягу виконаних будівельних робіт приблизно 0,98%. Похибка прогнозу становила менше 1%, це означає, що точність проведеного прогнозу обсягу виконаних будівель-

них робіт на першу третину 2018 р. становить більше ніж 99%.

Порівняємо прогноз перших чотирьох місяців 2018 р. та офіційних статистичних даних, які наведено на сайті Державної служби статистики України. Порівняння наведено в табл. 2.

Проаналізувавши дані табл. 2, можна відзначити, що загалом прогноз показника обсягу виконаних будівельних робіт в Україні на першу третину 2018 р. вийшов непоганий, особливо на четвертий місяць – квітень, де різниця між офі-

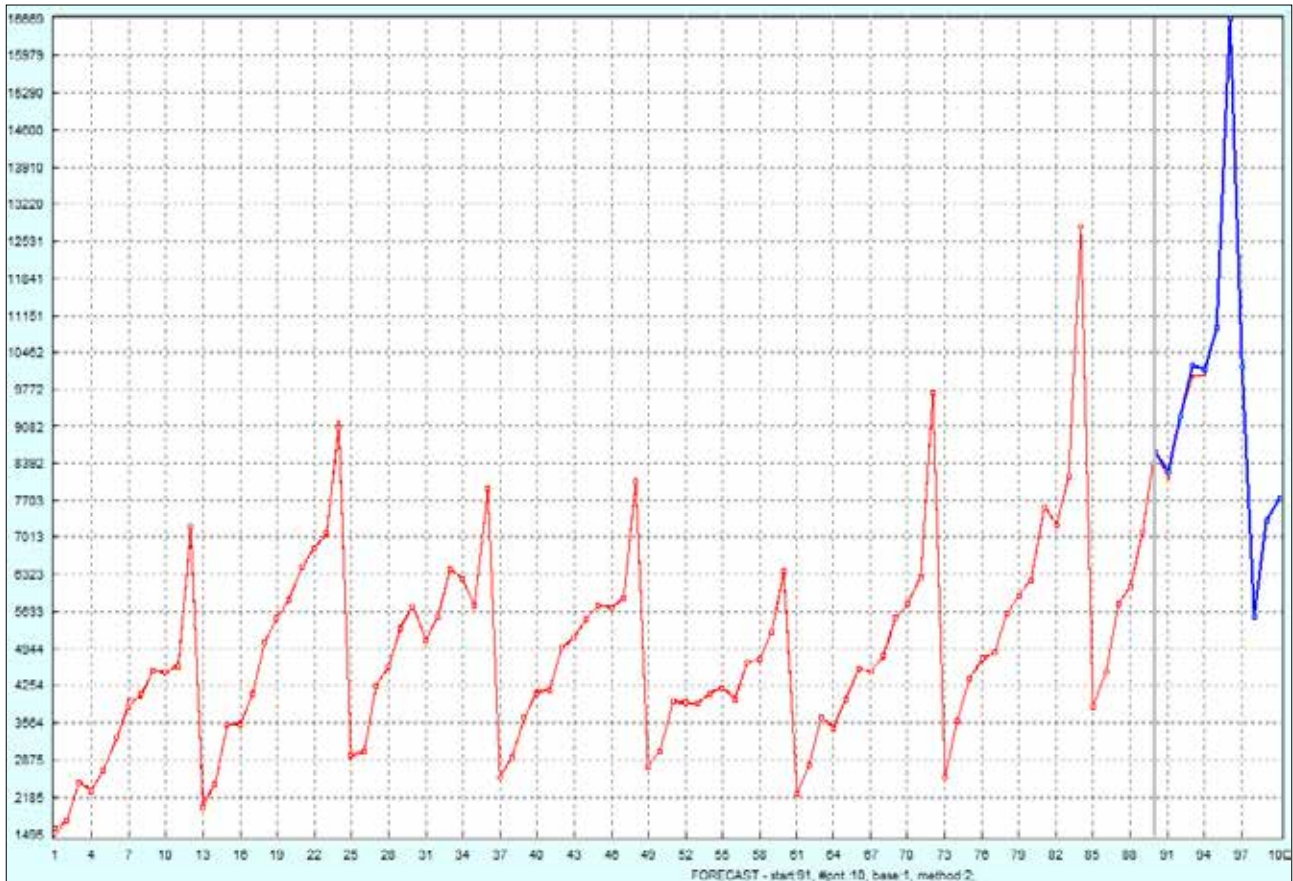


Рис. 3. Аналітичне прогнозування обсягу виконаних будівельних робіт в Україні (млн грн) на першу третину 2018 р.

Джерело: побудовано авторами за матеріалами [5]

Таблиця 1

Аналітичні результати розрахунків щодо виявлення похибки прогнозу обсягу виконаних будівельних робіт в Україні

Фактичні дані (x_i)	Прогнозні дані (x_t)	$ x_i - x_t /x_i$
8128,700	8221,127	0,011370453
9284,100	9521,752	0,025597742
10014,400	10205,479	0,019080424
10036,000	10134,619	0,009826525
10895,400	10899,099	0,000339501
16669,100	16656,052	0,000782766
Разом		0,068237014

Джерело: побудовано авторами за матеріалами [5]

**Аналітичне прогнозування обсягу виконаних будівельних робіт
на першу третину 2018 р. та порівняння з офіційними даними**

Період	Прогнозне значення (млн грн)	Фактичне значення (млн грн)	Різниця між фактичними та теоретичними значеннями (млн грн)
Січень 2018 (97)	10196,6	4833,6	-5363,0
Лютий 2018 (98)	5546,7	5650,7	104,0
Березень 2018 (99)	7338,0	7811,8	473,8
Квітень 2018 (100)	7744,7	7743,6	-1,1

Джерело: побудовано авторами за матеріалами [5]

ційними даними та даними Державної служби статистики становить лише -1,1 млн грн. Варто відзначити похибку у 104,0 млн грн у лютому місяці між фактичним та теоретичним значенням показника. Трохи гірше похибка виявилася у березні – 473,8 млн грн. Найгіршим серед прогнозованих періодів виявився перший – січень 2018 р. Фактичне значення обсягу виконаних будівельних робіт у першому місяці нового календарного року становило 4 833,6 млн грн, а прогнозне – 10 196,6 млн грн, що є завеликим значенням такого показника, як обсяг виконаних будівельних робіт, на початку календарного року. Похибка для січня 2018 р. становила цілих -5 363,0 млн грн, і для прогнозу з точністю 99% це велика розбіжність, але прогнозування наступних трьох місяців виявилось доволі вдалим та відзначається низьким рівнем розбіжності з фактичними даними.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Під час проведення сингулярного спектрального аналізу за перетворення одновимірних часових рядів, який має 96 точок, на двовимірний із кількістю точок 48 удалося відстежити шуми та прибрати їх. Саме через це похибка прогнозу під час прогнозування обсягів будівельної діяльності в Україні на першу третину 2018 р. становила 0,98%. Але порівняння фактичних значень перших чотирьох місяців 2018 р. та теоретичних виявилось приблизно точним лише для трьох із них. Прогнозне значення виявилось більшим за теоретичне для січня 2018 р. більше ніж на 5000 млн грн. Це тільки підкреслює те, що будівництво в Україні є непередбачуваним та знаходиться далеко від стабільного стану.

Загалом, якщо розглядати обсяг виконаних будівельних робіт (млн грн) як узагальнюючий показник, можна стверджувати, що за цим показником будівельний бізнес в Україні має стабільну та позитивну динаміку росту з кожним роком. Але якщо проаналізувати динаміку житлового будівництва та частку будівельної індустрії у ВВП України, стає зрозумілим, що будівництво в Україні хоча і не стоїть на місці, але й не просувається вперед, як повинна робити економічна галузь такого масштабу.

Розвиток будівельного бізнесу в Україні переживає не найкращі часи, насамперед через нестабільну політичну та економічну ситуацію в Україні у 2013–2019 рр., яка спричинила обвал будівельної діяльності у ці роки та посприяла розвитку інфляції; також вона викликала ріст цін на будівельні матеріали, їх виробництво та робочу силу. Саме ріст цих компонент сприяє зросту обсягу виконаних будівельних робіт із кожним роком, а не будівництво та реконструкція будівель та інженерних споруд.

Будівельному бізнесу в Україні потрібні реформи та нові свіжі погляди, залучення іноземного капіталу та пильний нагляд і допомога від держави, але на даному етапі становлення економічної системи України це неможливо. На жаль, економічна галузь, яка могла би підняти всю економіку країни на новий рівень, надати багато робочих місць та становити вагомий частку у ВВП України, на даному етапі ніяк не може оговтатися від кризи, тому наступним кроком у країні, скоріше за все, можна чекати остаточний занепад цієї економічної галузі, ніж її розквіт.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Кущенко О.І., Даниленко К.І. Аналітичне прогнозування будівельного бізнесу в Україні. *Економіка та суспільство*. 2019. Вип. 20. С. 738–744. URL: <http://economyandsociety.in.ua> DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2019-20-95>.
2. Hassani H., Heravi S., Zhigljavsky A. Forecasting European Industrial Production with Singular Spectrum Analysis. *International Journal of Forecasting*. 2009. № 25(1). P. 103–118.
3. Moskvina V.G., Zhigljavsky A. An algorithm based on singular spectrum analysis for change-point detection. *Communication in Statistics – Simulation and Computation*. 2003. № 32(4). P. 319–352.
4. Vautard R., Yiou P., Ghil M. Singular spectrum analysis: a toolkit for short, noisy and chaotic series. *Physica D*. 1992. № 58. P. 95–126.
5. Статистична інформація. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
6. Time series analysis and forecasting Caterpillar-SSA method URL: <http://www.gistatgroup.com>.