

*О. І. Маслак,
д. е. н., професор, завідувач кафедри економіки,
Кременчуцький національний університет ім. М. В. Остроградського
О. О. Безручко,
аспірант кафедри економіки,
Кременчуцький національний університет ім. М. В. Остроградського*

ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ СИНГУЛЯРНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

*O. Maslak,
doctor of economics, professor, head of department of economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
O. Bezruchko,
postgraduate of department of economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*

PREDICTION OF LEVEL OF ENTERPRISE'S ECONOMIC POTENTIAL USING THE METHOD OF SINGULAR SPECTRAL ANALYSIS (METHOD "CATERPILLAR")

Стаття присвячена вивченню найпоширеніших сучасних методик прогнозування економічних процесів. Досліджено алгоритм застосування сингулярного спектрального аналізу для прогнозування рівня економічного потенціалу підприємства в умовах циклічних коливань.

This article is devoted to the study of the most common modern methods of forecasting economic processes. The algorithms use singular spectrum analysis to predict the level of economic potential of the company in terms of cyclical fluctuations.

Ключові слова: економічний потенціал; циклічні коливання; сингулярний спектральний аналіз; прогнозування.

Key words: economic potential, cyclical fluctuations; singular spectrum analysis, forecasting.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У сучасних мінливих умовах господарювання управлінські рішення повинні прийматися максимально швидко та адекватно існуючій ситуації, що потребує докладного вивчення та аналізу наявної інформації, виділення закономірностей у розвитку того чи іншого явища та обґрунтованого прогнозування майбутнього.

Під прогнозом (від грец. Prognosis — передбачення) розуміють науково обґрунтований опис можливих варіантів станів досліджуваного об'єкту в майбутньому, а також альтернативних шляхів їх досягнення [3].

Прогнозування потенціалу підприємства особливої актуальності набуває при дослідженні процесів його формування та розвитку в умовах циклічних еко-

номічних коливань. Можливість передбачити стадію життєвого циклу потенціалу фірми в середньо- та довгостроковій перспективі дасть змогу підвищувати якість програм розвитку господарюючого суб'єкта, забезпечувати максимально ефективно їх виконання, визначити можливі "критичні точки" у розвитку потенціалу та запобігти виникненню кризових явищ.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Значний внесок у розробку теоретичних та методичних підходів прогнозування економічних процесів здійснили такі науковці: С. Айвазян, А. Анчишкін, Дж. Бокс, В. Глушков, Дж. Джонстон, Г. Дженкінс, Дж. Кендалл, А. Плеханова, А. Стюарт, Г. Тейл, Т. Хачатуров, Е. Янч та багато інших.

Таблиця 1. Основні методи прогнозування розвитку економічних процесів

Група методів	Підгрупа методів	Назва методу	Основні положення методики	Недоліки
Базові методи	Якісні (інтуїтивні)	Індивідуальні експертні методи (анкетування, інтерв'ю, метод індивідуальних експертних оцінок, метод побудови сценарію, аналітичний підхід і т.д.)	В основі цих підходів лежить проведення аналізу досліджуваного об'єкту (процесу, явища) групою експертів (фахівців, спеціалістів певної галузі, населення) або індивідуально одним спеціалістом певної галузі та побудові прогнозів на основі їхньої точки зору	Суб'єктивність; відсутність обґрунтованих математичних розрахунків
		Колективні експертні методи (метод колективних експертних оцінок, метод Дельфі, метод «мозкової атаки», історичні аналогії, метод «корені зілля» і т.д.)		
	Кількісні	Екстраполяційні методи (методи простого ковзного середнього, зваженого ковзного середнього, експоненціального згладжування, метод трендового проектування (екстраполяції трендів); авторегресійні моделі (метод Бокса-Дженкінса та ін.)	Базується на думці, що еволюційний (ретроспективний) період розвитку досліджуваного процесу можна використовувати для прогнозування майбутнього	Недостатньо враховують мінливість навколишнього середовища та ймовірність різкої зміни характеру розвитку досліджуваного економічного процесу.
		Причинні (каузальні) методи (проста лінійна регресія, множинна лінійна регресія, багатовимірна регресія часового ряду, факторний аналіз)	В основі цих методів лежить аналіз причинних зв'язків; виокремлення основних та допоміжних факторів, які впливають на об'єкт прогнозу	
Специфічні методи		Інтелектуальні методи прогнозування (нейронні мережі; дерева рішень; прогнозування на основі апарату нечіткої логіки; генетичні алгоритми; еволюційне програмування; показники мір та невизначеності; визначення асоціацій і послідовностей; комбіновані методи; аналіз часових рядів та їх прогнозування за допомогою методу Фур'є; вейвлет-аналіз часових рядів; метод SSA (Singular Spectrum Analysis – аналіз сингулярного спектра) або метод «Гусениця»)	Виникають на основі поєднання базових процедур та інструментів прогнозування	Іноді складені для реалізації, адже в основному засновані на досить складних та громіздких математичних розрахунках. Однак, сучасні можливості автоматизації цих підходів за допомогою комп'ютерних програмних пакетів дають змогу децю усунути останній недолік

Джерело: [4, 7].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Незважаючи на наявність досить широкого спектру статистичного та математичного інструментарію, виникає складність при виборі методики прогнозування економічного потенціалу підприємства, яка б давала можливість не лише максимально точно передбачити рівень потенціалу у майбутньому, але й враховувати циклічність у процесах його розвитку [6]. Тому пошук оптимальних методів діагностики та прогнозування розвитку потенціалу підприємства на перспективу є досить актуальною темою в сучасних умовах господарювання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Якість та точність результатів прогнозування суттєво залежать від правильності вибору методики прогнозування. На сьогоднішній день існує понад 150 методик прогнозування економічних процесів. При цьому число базових методів, які в тих чи інших варіаціях повторюються в інших, набагато менше. Багато з них належать до окремих процедур прогнозування, інші відрізняються від базових або один від одного кількістю приватних прийомів і послідовністю їх застосування.

Таким чином, у загальному вигляді існуючі методики прогнозування можна умовно розділити на 2 великі групи: базові та специфічні. При цьому до першої групи відносять систему стандартних методів якісного та кількісного прогнозування, а до другої — більш складні та сучасні методики, засновані на поєднанні класичних прийомів та інструментів (табл. 1).

Методи якісного прогнозування особливо важливі та доцільні у випадках, коли дані за минулі періоди часу недоступні або ненадійні (наприклад, при прогнозуванні обсягу реалізації нового товару, який не існував ще на ринку).

Однак, якісні методи занадто суб'єктивні і тому не досить достовірні. Кількісні методи базуються на використанні інформації за минулі періоди часу, на дослідженні тенденцій процесу в минулому та аналізі основних взаємозалежностей між його складовими елементами.

Використання ефективних та достовірних методів прогнозного аналізу, за допомогою яких можна передбачати зміну траєкторії розвитку економічного потенціалу підприємства, дає змогу розширити можливості інформаційно-аналітичного забезпечення управлінських рішень, спрямованих на

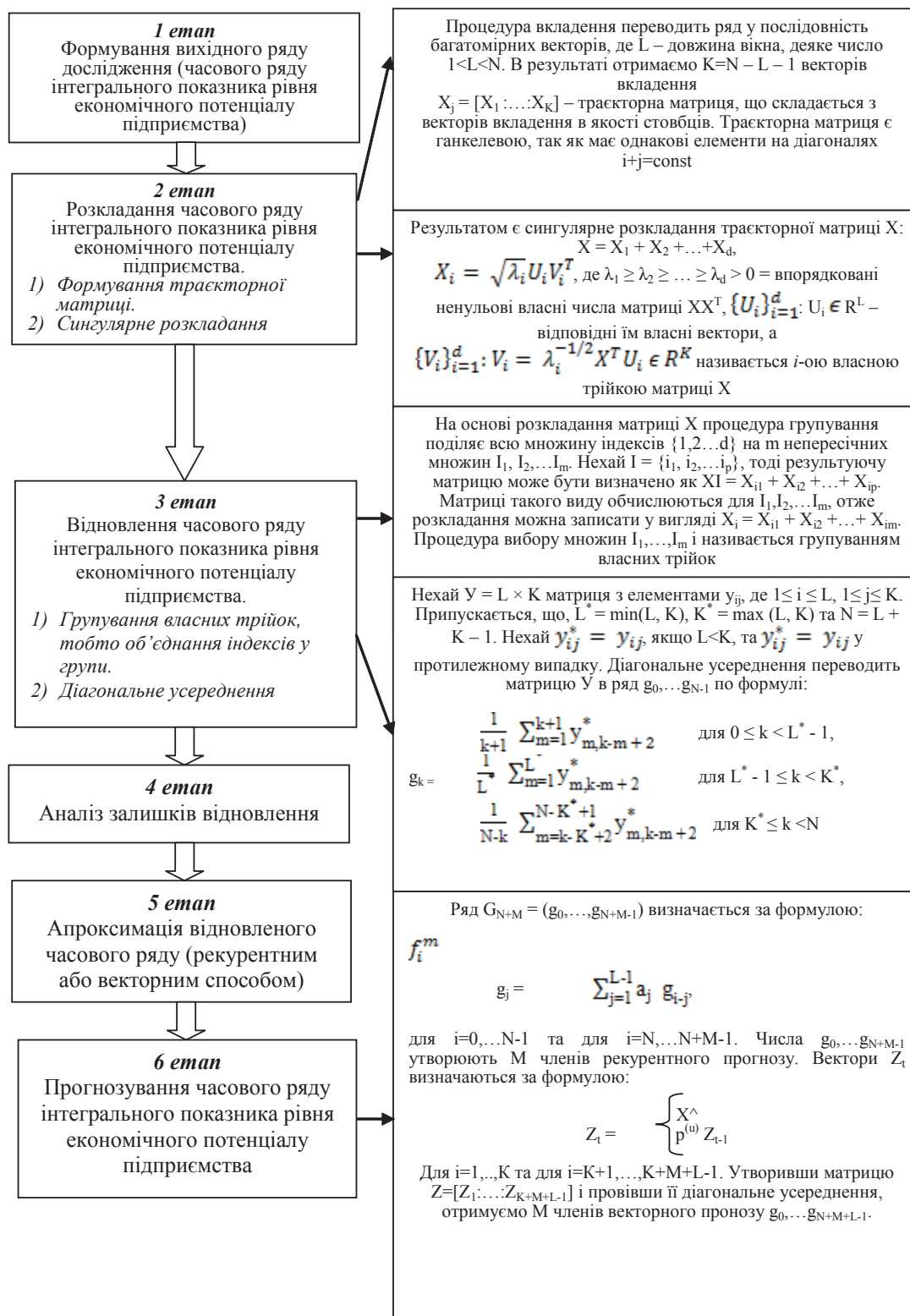


Рис. 1. Алгоритм прогнозування економічного потенціалу підприємства за допомогою методу SSA (Singular Spectrum Analysis)

Джерело: [1, 9].

своєчасне виявлення і запобігання кризових явищ у діяльності підприємства.

У теперішній час особливої інтерес викликають питання, пов'язані з передбаченням кризових і передкризових фінансових ситуацій у майбутньому, коли вирішується доля підприємства, визначається доцільність його подальшої діяльності. На всіх стадіях життєвого циклу фірми необхідна діагностика її життєздатності та перспектив розвитку, у

зв'язку з чим, прогнозування рівня економічного потенціалу підприємства в реальних умовах господарювання та з врахуванням циклічних коливань у процесі його розвитку можна віднести до числа однієї з дуже важливих сфер прогнозування.

Серед підходів до прогнозування циклічної поведінки економічних процесів, які, на наш погляд, є особливо важливими в умовах мінливого економічного середовища, можна виділити такі:

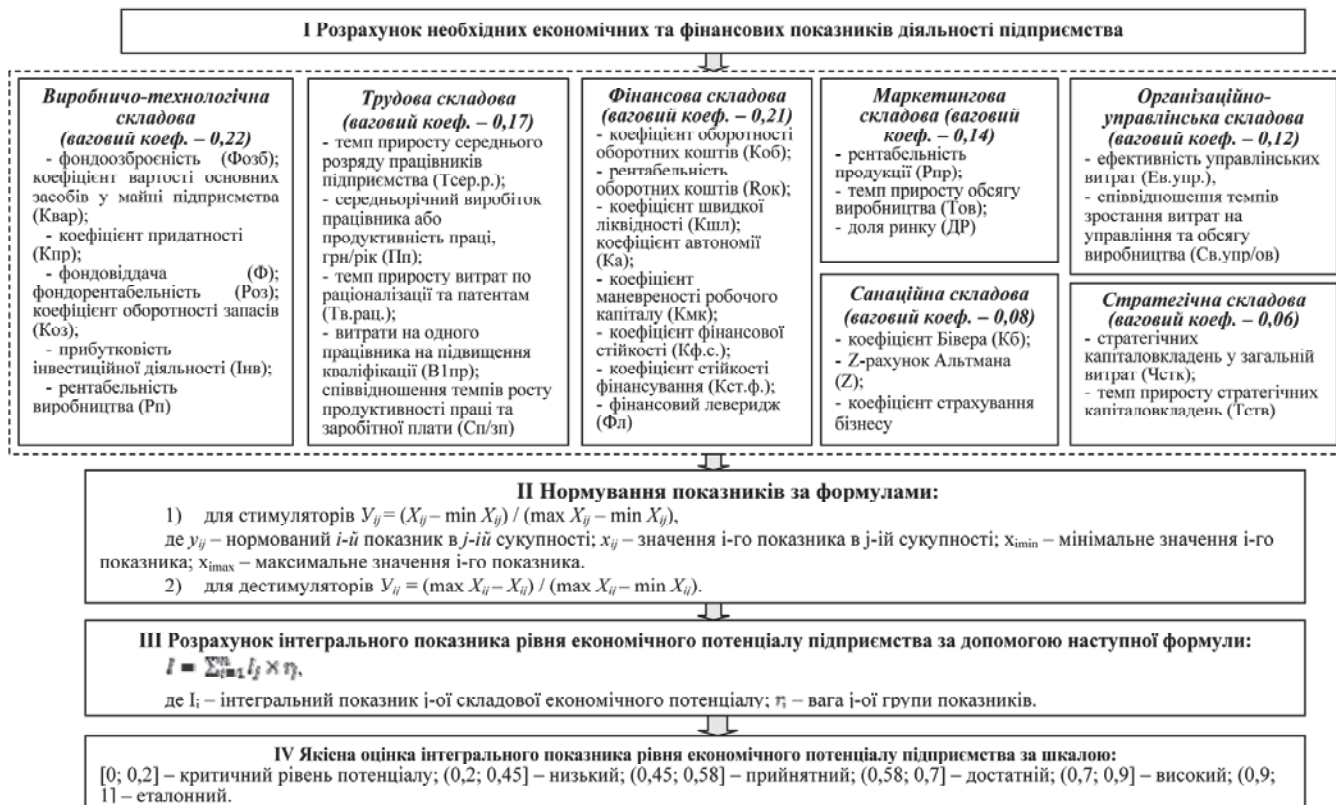


Рис. 2. загальний алгоритм визначення інтегрального показника рівня економічного потенціалу підприємства

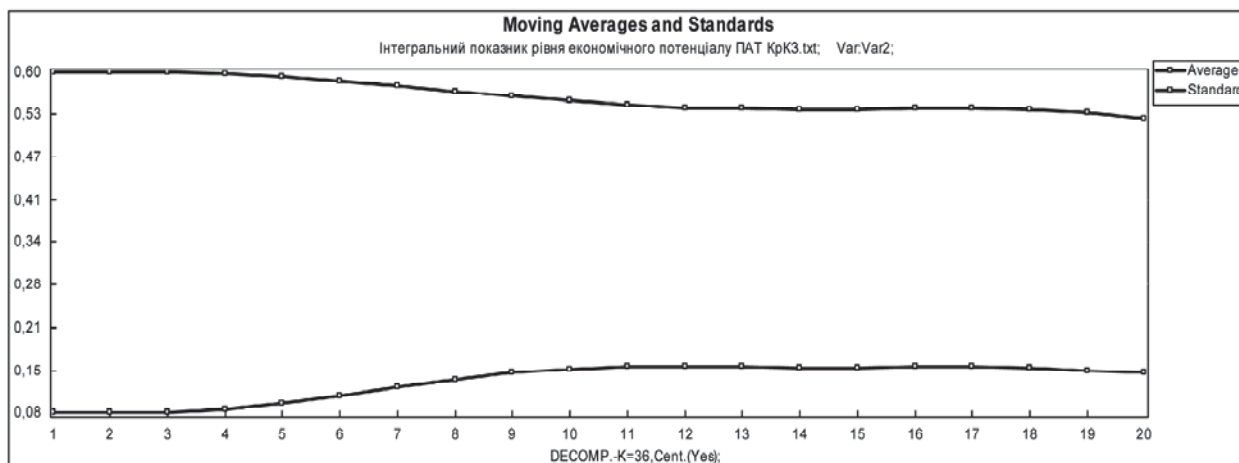


Рис. 3. Середні значення та стандарти стовбців матриці ряду

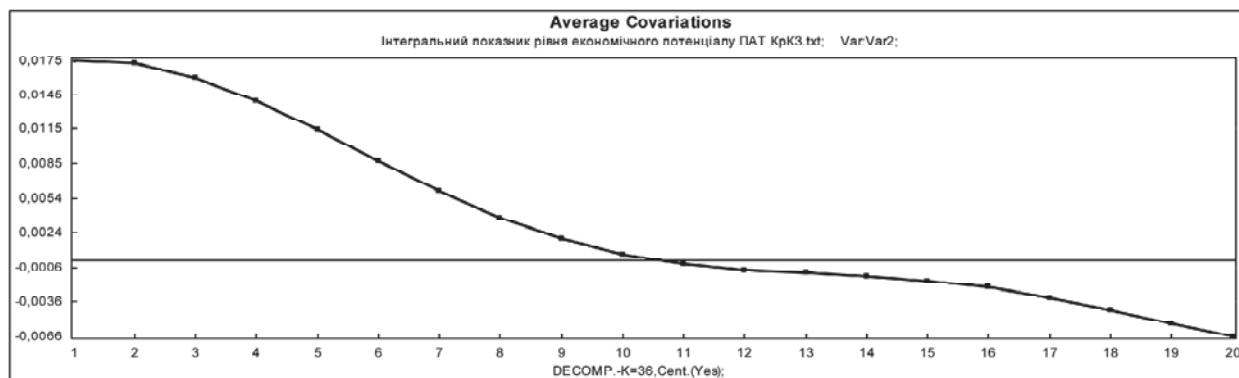


Рис. 4. Ряд осереднених коваріацій

1) детермінований підхід включає: ряди та перетворення Фур'є; вейвлет-аналіз часових рядів; диференціальні рівняння Вінтерса; метод "гусениця" або SSA (Singular Spectrum Analysis);

2) стохастичний підхід: періодичні ланцюги Маркова; модель ARIMA; регресійні моделі; стаціонарний випадковий процес;

3) підхід на основі теорії нейронних мереж та мо-

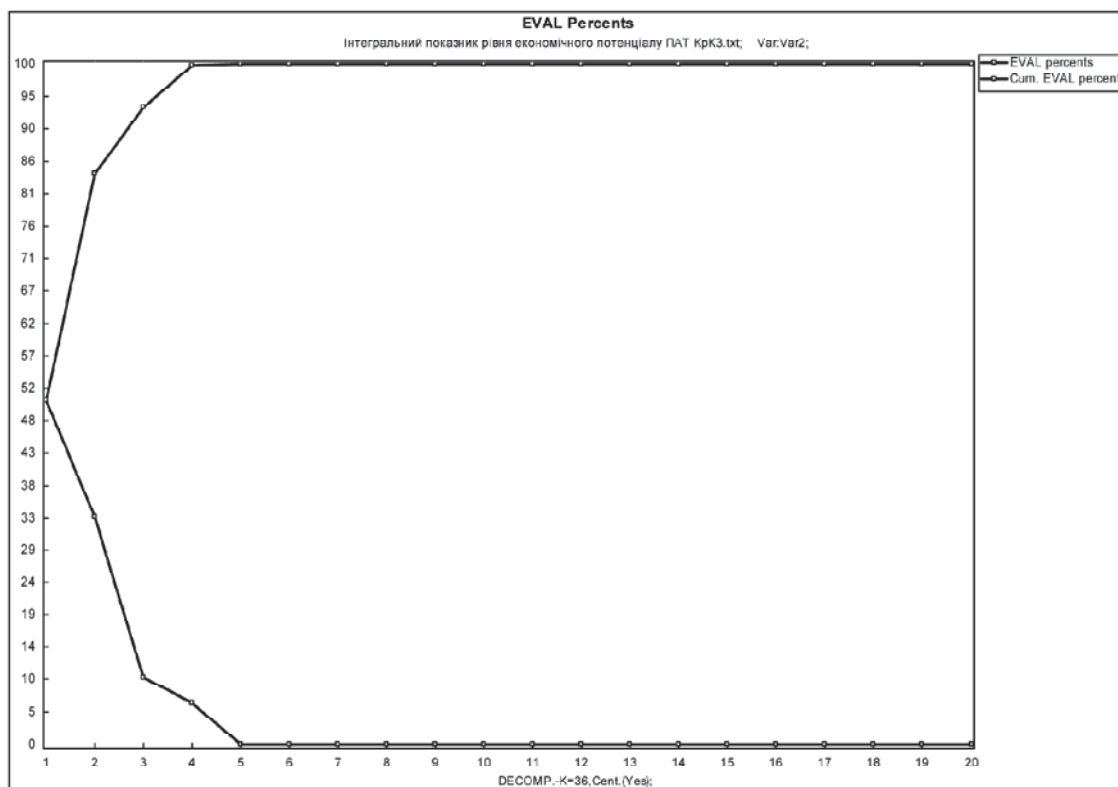


Рис. 5. Власні числа часового ряду в відсотках та накопичені відсотки для ПАТ "КркЗ"

делей нечіткої математики [2].

На сьогодні час актуальним є прогнозування економічних процесів та явищ за допомогою методів математичної статистики, однак, традиційні підходи, засновані на використанні класичних моделей "тренд + шум", "авторегресії — ковзного середнього" дають задовільні результати лише для часових рядів досить простої структури.

Класичні методи аналізу часових рядів, такі як аналіз Фур'є, регресійний аналіз чи вейвлет-аналіз використовують розкладання вихідної функції по фіксованій системі базисних функцій, що породжує властивість строгої періодичності.

Альтернативним підходом у цьому випадку може стати аналіз та проноз часових рядів економічних показників методом Singular Spectrum Analysis або "гусениця".

Метод "Гусениця" незалежно розроблявся в Росії, Великобританії та США (там його аналог і отримав назву SSA — Singular Spectrum Analysis) та показав себе як потужний засіб дослідження часових рядів (в основному в метрології, гідрології, кліматології, геофізиці тощо).

У Росії ідея методу "Гусениця" була втілена в Санкт-Петербурзькому університеті (в той час — Ленінградський державний університет) у 60—70-х ро-

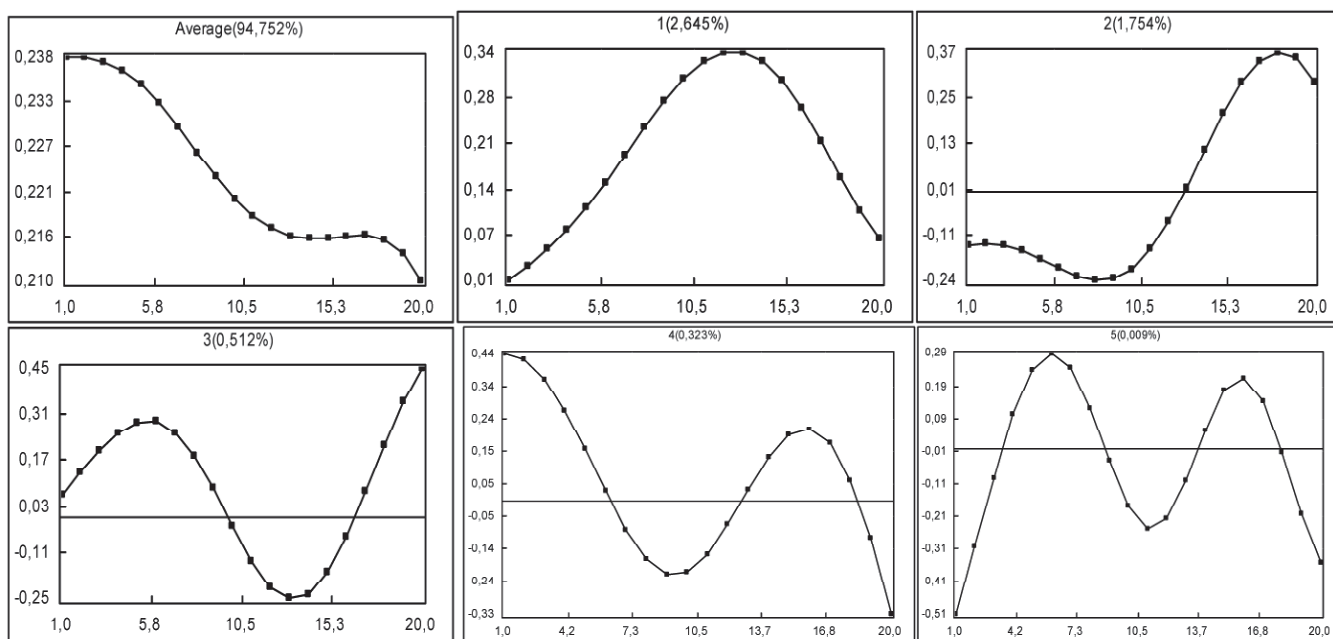


Рис. 6. Головні компоненти часового ряду інтегрального показника рівня економічного потенціалу ПАТ "КркЗ"

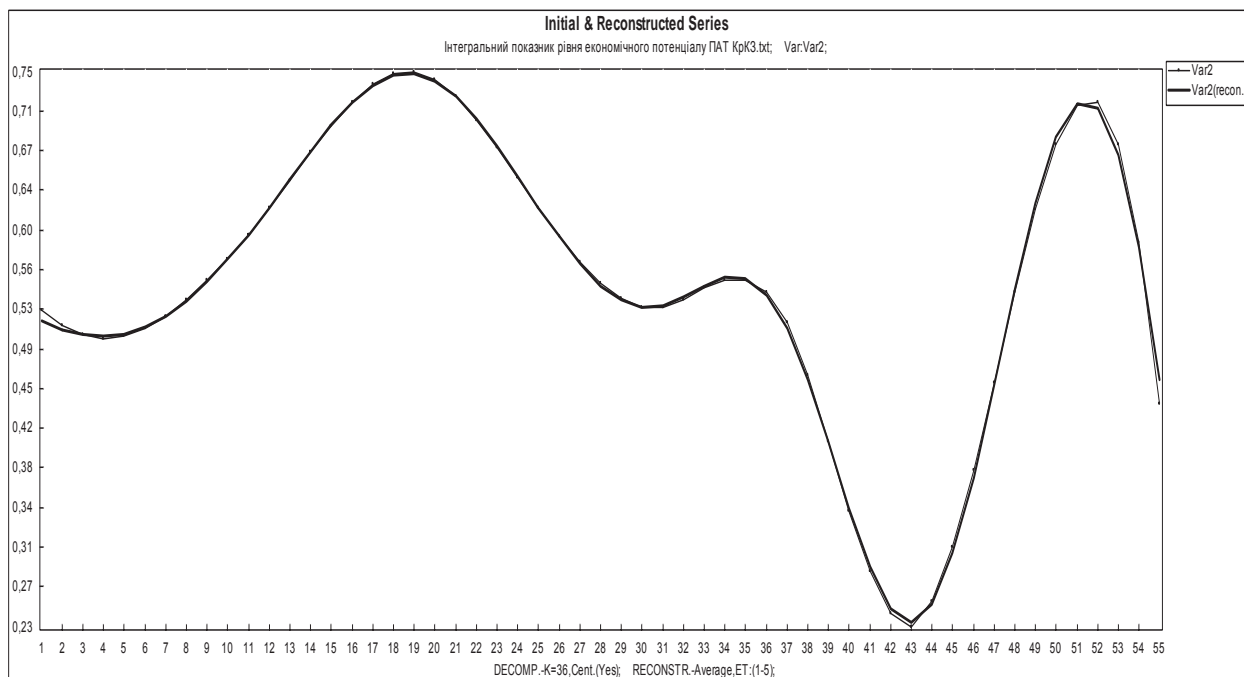


Рис. 7. Відновлення досліджуваного часового ряду по середньому та першим п'яти головним компонентам

ках ХХ ст. Вважається, що активна робота в цьому напрямі розпочалася з наукової праці О.М. Калініна, виконаної під керівництвом великого математика А.Н. Колмогорова в 1961 році [1].

Перший опис базового статистичного методу було опубліковано вже на початку 70-х років у спеціальному випуску журналу, присвяченому нафтовій геології. Широке розповсюдження методу "Гусениця" на заході почалося в середині 80-х років. Результатом застосування методу є розклад часового ряду на компоненти, що, як правило, можуть бути інтерпретовані як повільні тренди, сезонні й інші періодичні або коливальні складові, а також шумові компоненти.

Метод SSA дає змогу дослідити структуру часових рядів, сполучає в собі переваги багатьох інших методів, зокрема аналізу Фур'є і регресійного аналізу, відрізняючись при цьому простотою і наочністю у застосуванні [10].

Алгоритм реалізації методу SSA складається з таких етапів: 1) розгортання одновимірного ряду в багатовимірний; 2) сингулярний розклад вибіркової коваріаційної матриці; 3) обчислення для матриці власних чисел та відповідних власних векторів; 4) обчислення головних компонент; 5) часткове віднов-

лення вихідного ряду; 6) прогнозування; 7) наближена побудова функції приналежності прогнозованого елементу [1, 5].

Візуальне і аналітичне вивчення, як власних векторів, так і головних компонентів, отриманих в результаті лінійної фільтрації, може дати інформацію про структуру досліджуваного процесу і властивості складових його додатків. Зокрема, серед головних компонент можна виділити: 1) пов'язані з трендом (повільно мінливі); 2) періодичні; 3) шумові.

Загальний алгоритм застосування сингулярного спектрального аналізу для діагностики та прогнозування економічного потенціалу підприємства представлено на рис. 1.

Інтегральний показник рівня економічного потенціалу був розрахований на основі узагальнюючих показників його основних складових: виробничо-технологічної, трудової, фінансової, маркетингової, організаційно-управлінської, санаційної та стратегічної (рис. 2).

Прикладом для реалізації означених розрахунків слугувало одне з провідних машинобудівних підприємств Полтавського регіону — Публічне акціонерне товариство "Кременчуцький Колісний завод".

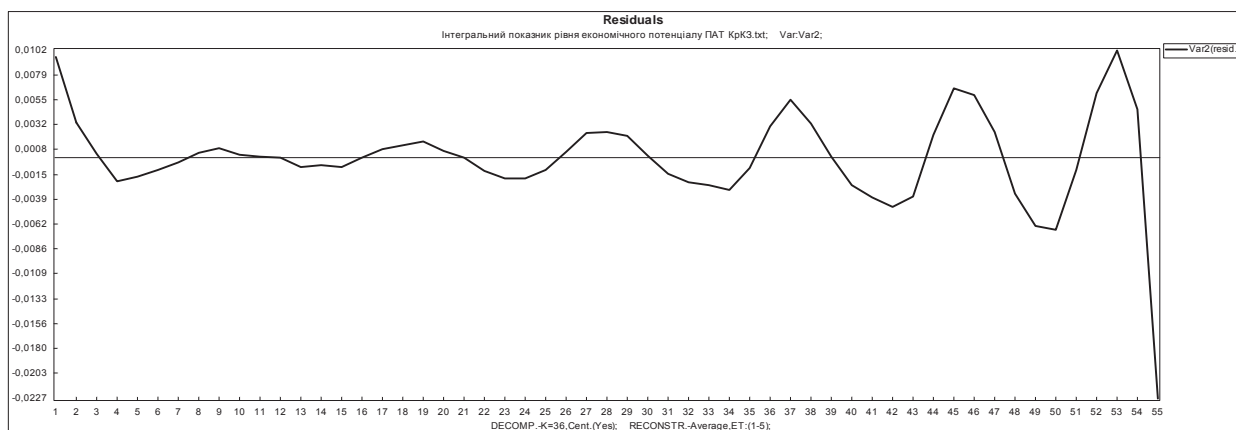


Рис. 8. Залишки часового ряду інтегрального показника рівня економічного потенціалу ПАТ "КркЗ" після відновлення

Таблиця 2. Вихідні дані та результати прогнозування

Рік	Дата	Інтегральний показник рівня економічного потенціалу ПАТ «КрКЗ» (фактичне значення)	Прогнозне значення	Фактичне значення – Прогнозне значення
2002	31.12.2002	0,526	-	-
2003	28.02.2003	0,511	-	-
	30.04.2003	0,503	-	-
	30.06.2003	0,499	-	-
	31.08.2003	0,502	-	-
	31.10.2003	0,509	-	-
	31.12.2003	0,520	-	-
2004	29.02.2004	0,535	-	-
	30.04.2004	0,553	-	-
	30.06.2004	0,573	-	-
	31.08.2004	0,596	-	-
	31.10.2004	0,621	-	-
2005	31.12.2004	0,646	-	-
	28.02.2005	0,672	-	-
	30.04.2005	0,696	-	-
	30.06.2005	0,718	-	-
	31.08.2005	0,735	-	-
	31.10.2005	0,745	-	-
2006	31.12.2005	0,747	-	-
	28.02.2006	0,739	-	-
	30.04.2006	0,724	-	-
	30.06.2006	0,702	-	-
	31.08.2006	0,676	-	-
2007	31.10.2006	0,648	-	-
	31.12.2006	0,62	-	-
	28.02.2007	0,594	-	-
	30.04.2007	0,571	-	-
	30.06.2007	0,551	-	-
2008	31.08.2007	0,537	-	-
	31.10.2007	0,529	-	-
	31.12.2007	0,529	-	-
	29.02.2008	0,536	-	-
	30.04.2008	0,546	-	-
	30.06.2008	0,553	-	-
2009	31.08.2008	0,554	-	-
	31.10.2008	0,543	-	-
	31.12.2008	0,514	-	-
	28.02.2009	0,465	-	-
	30.04.2009	0,404	-	-
	30.06.2009	0,340	-	-
2010	31.08.2009	0,284	-	-
	31.10.2009	0,245	-	-
	31.12.2009	0,233	-	-
	28.02.2010	0,256	0,236	0,02
	30.04.2010	0,307	0,272	0,035
	30.06.2010	0,377	0,337	0,04
2011	31.08.2010	0,459	0,422	0,037
	31.10.2010	0,542	0,518	0,024
	31.12.2010	0,619	0,609	0,01
	28.02.2011	0,679	0,684	-0,005
	30.04.2011	0,716	0,727	-0,011
	30.06.2011	0,719	0,731	-0,012
2012	31.08.2011	0,679	0,690	-0,011
	31.10.2011	0,589	0,610	-0,021
	31.12.2011	0,439	0,499	-0,06
	28.02.2012	-	0,374	-
	30.04.2012	-	0,257	-
	30.06.2012	-	0,170	-
2013	31.08.2012	-	0,134	-
	31.10.2012	-	0,163	-
	31.12.2012	-	0,262	-
	28.02.2013	-	0,427	-
	30.04.2013	-	0,637	-
	30.06.2013	-	0,867	-
2014	31.08.2013	-	0,932	-
	31.10.2013	-	0,966	-
	31.12.2013	-	0,994	-
	28.02.2014	-	0,987	-
	30.04.2014	-	0,975	-
	30.06.2014	-	0,864	-
2014	31.08.2014	-	0,526	-
	31.10.2014	-	0,156	-
	31.12.2014	-	0,142	-

Таблиця 3. Критерії оцінки якості прогнозу за величиною MAPE

MAPE	Точність прогнозу
Менше 10 %	Висока
10 % – 20 %	Добра
20 % – 40 %	Задовільна
40 % – 50 %	Погана
Більше 50 %	Незадовільна

Джерело: [8].

Для реалізації етапів сингулярного спектрально-го аналізу, представлених на рис. 1, застосуємо сучасний програмний пакет CaterpillarSSA.

Так, на рис. 3 відображено середні значення і стандарти для матриці спостережень, що відповідає досліджуваному часовому ряду (в даному випадку інтегрального показника рівня економічного потенціалу ПАТ "КрКЗ" за 55 періодів по 2 місяці кожний).

Середня і стандарт, побудовані програмою CaterpillarSSA у вкладці "Разложение", подають інформацію на рівні перших двох моментів, вони відповідають середньому і стандарту для самого часового ряду, отриманих методом ковзної середньої з параметром, рівним N+1.

За допомогою ряду осереднених коваріацій (рис. 4) можна прослідкувати основну періодичність досліджуваного показника.

На рис. 5 відображені власні числа коваріаційної матриці, відсотки власних чисел і накопичені відсотки — це стандартні характеристики сингулярного розкладу. "Сходінки" на графіку свідчать про наявність періодичних складових ряду [9].

Специфіка в цьому випадку полягає в тому, що одна синусоїдальна складова породжує в ідеальній ситуації пару власних векторів (і відповідну пару головних компонент) з однаковими періодами ("синус" і "косинус") і рівними власними числами. У реальній ситуації ці дві головні компоненти відповідають близьким власним числам.

Аналіз власних чисел дає змогу передбачити, за якими компонентами варто проводити відновлення досліджуваного часового ряду. У нашому випадку "довжину гусениці" обрано 20, а відновлення ряду проводиться за 5 компонентами. Це добре видно на рис. 5, так як, починаючи з 6-го компонента, власні числа приблизно дорівнюють 0, тобто не інформативні.

На рис. 6 подані середня та перші п'ять головних компонент досліджуваного часового ряду, по яким було проведено відновлення ряду (за допомогою вкладки "Восстановление" у застосовуваному програмному пакеті).

У цьому випадку вклад, поданих перших п'яти компонент та середньої часового ряду складає 99,99 %, що пояснює практичний збіг початкового та відновленого ряду (рис. 7–8).

Наступним етапом методу "Гусениця" є прогнозування часового ряду. У табл. 2 подано результати прогнозування інтегрального показника рівня економічного потенціалу ПАТ "КрКЗ" аналітичним методом на базі відновленого ряду. Прогнозний період було обрано з початку 2010 р. до кінця 2014 р. Таким чином, ми маємо змогу порівняти прогнозні та фактичні показники рівня економічного потенціалу за 2010 та 2011 р. та визначити середню абсолютну похибку прогнозу.

Для визначення точності прогнозу використовуємо характеристику MAPE (середня абсолютна похибка), яка розраховується за формулою:

$$MAPE = \frac{100}{n} \cdot \sum \left| \frac{y_t - y_{\text{пр}t}}{y_t} \right| \quad (1),$$

де y_t — фактичне значення показника в t-ому періоді;

$y_{\text{пр}t}$ — прогнозне значення показника в t-ому періоді.

Чим менше значення цієї величин, тим вища якість "ретро-прогнозу" [8]. Критерії оцінки похибки прогнозування MAPE представлені у табл. 3.

Для нашого випадку характеристика MAPE становить 5,6 %, що свідчить про високу якість прогнозування рівня економічного потенціалу підприємства методом SSA "Гусениця".

До того ж, отримані результати прогнозування дають змогу передбачати період спаду у діяльності підприємства до кінця 2012 р., стадію підйому протягом 2013 р. та поступовий спад у 2014 р.

ВИСНОВКИ

Таким чином, вибір методу прогнозування має велике значення у процесі передбачення тенденції розвитку досліджуваного економічного явища або процесу. З результатів дослідження можемо зробити висновок, що застосування сингулярного спектрального аналізу (методу SSA "Гусениця") для прогнозування рівня економічного потенціалу підприємства дає досить адекватні результати, створює можливість враховувати фактор циклічності у розвитку підприємства та його складових, передбачати зміни стадій життєвого циклу фірми та приймати більш ефективні управлінські рішення.

Література:

1. Голяндина Н.Э. Метод "Гусеница-SSA": учебное пособие. — Спб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2004. — 52 с.
2. Горкуненко А.Б. Порівняльний аналіз математичних моделей циклічних економічних процесів в інформаційних системах підтримки прийняття економічних рішень / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко // Науковий вісник НАТУ України. — 2012. — Вип. 22.5. — С. 345—351.
3. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования: [учебное пособие, практикум, тесты, программа курса] / Дуброва Т.А., М.Ю. Архипова. — М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. — 136 с.
4. Козловський С.В. Макроекономічне моделювання та прогнозування валютного курсу в Україні / С.В. Козловський, В.О. Козловський. — Вінниця: "Книга-Вега" ВАТ "Вінницька обласна друкарня", 2005. — 240 с.
5. Крупський К.Л. Розробка алгоритму автоматичного вибору головних компонентів для моделі "Гусениця" в задачі прогнозування попиту фахівців на регіональному ринку праці / К.Л. Крупський // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — 2011. — № 2 [156]. — Час. 1. — С. 148—153.
6. Маслак О.І., Квятковська Л.А., Безручко О.О. Особливості формування економічного потенціалу підприємства в умовах циклічних коливань / О.І. Маслак, Л.А. Квятковська, О.О. Безручко // Актуальні проблеми економіки. — 2012. — № 9. (135) — С. 36—46.
7. Пакулін С.Л. Методологічний апарат прогнозування соціально-економічного розвитку / С.Л. Пакулін // Вісник Дніпропетровського університету. Серія "Економіка". — 2011. — Вип. 5 (3). — С. 246—254.
8. Присенко Г.В. Прогнозування соціально-економічних процесів: [навчальний посібник] / Присенко Г.В., Равікович Є.І. — К.: КНЕУ, 2005. — 378 с.
9. Раєвнева О.В. Модель прогнозування градієнта розвитку машинобудівного підприємства ПуАТ "Харверст" / О.В. Раєвнева, А.С. Середа // Вісник Донецького університету. Сер. В: Економіка і право, Спецвип. — 2011. — Т. 2. — С. 226—230.
10. Черняк О.І. Аналіз та прогнозування динаміки ВВП України за допомогою методу SSA / О.І. Черняк, М.Я. Кудіненко // Економіка і прогнозування. — 2002. — № 4. — С. 134—147.

Стаття надійшла до редакції 13.05.2013 р