

*Т. І. Просянкіна-Жарова,  
здобувач, Національний університет біоресурсів і природокористування*

# УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АГРАРНОГО РЕГІОНУ

**Виконано аналіз розвитку регіону України з використанням статистичних даних. Розглянуто особливості побудови математичних моделей для аналізу та короткострокового прогнозування регіональних макроекономічних процесів. Запропоновано підходи для побудови моделей на коротких часових вибірках із використанням сучасних методів інтелектуального аналізу даних байєсівських мереж, регресії на лагових змінних, розширеної авторегресії, кластерного аналізу та трендових поліномів. Наведено приклади побудови прогнозуючих моделей для прогнозування валового регіонального продукту та рівня інвестицій Черкащини на короткостроковий період. Наведено описи використаних методів.**

***In this paper the analysis of development of economic region of Ukraine is performed with the use of statistical data. The special features of mathematical models construction techniques for analysis and short forecasting of regional macroeconomic processes are considered. The approaches are studied to constructing mathematical models with short time series and with use of intellectual data analysis techniques such as Bayesian networks, regression with lagged variables, extended autoregression, cluster analyze and trend polynomials. Examples for constructing forecasting models for a regional net product and investments in Cherkasy region are given. The description of the optimal method used are also given.***

*Ключові слова: інтелектуальний аналіз даних, мережі Байєса, короткострокове прогнозування, соціально-економічні показники, інвестиції, аграрний регіон.*

*Key words: data-mining, Bayesian Networks, short forecasting, social-economy indicators, investment, agrarian region.*

## ВСТУП

Динамічні зміни, що відбуваються в макроекономічній системі України, під впливом глобалізації світової економіки зміщують центр економічних реформ в регіони, підвищуючи їх роль у забезпеченні конкурентоспроможності вітчизняної економіки. Тому при розробці державних програм та стратегій важливо не тільки вказати на щорічне зростання соціально-економічних показників на 1—5%, а й науково обґрунтувати можливі варіанти розвитку подій в регіоні. Адекватні прогнози на коротких та неповних статистичних вибірках різноманітних соціально-економічних показників побудувати, використовуючи лише популярні моделі множинної регресії, авторегресії тощо, практично неможливо. Тому в практику роботи відповідних органів державного управління та місцевого самоврядування під час розробки програм соціально-економічного розвитку слід активніше впроваджувати сучасні засоби інтелектуального аналізу даних, поєднуючи їх використання з традиційними економетричними моделями.

## ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою статті є обґрунтування пропозицій щодо вибору органами місцевого самоврядування та державного управління сучасних методик короткострокового прогнозування обсягів інвестицій, необхідних для забезпечення сталого економічного зростання в аграрному регіоні та розробка пропозицій щодо удосконалення системи розробки програм соціально-економічного розвитку на наступний рік.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Проблеми регіонального розвитку, зокрема поглиблення диференціації соціально-економічного розвитку окремих адміністративно-територіальних утворень, раціональне використання природно-виробничого потенціалу, інвестиційне забезпечення регіональної економіки, необхідність модернізації системи регіонального управління тощо, постають все гостріше. Вирішення даних питань потребує, з одного боку, узгодження інтересів учасників всіх рівнів макроекономічної системи, з

**Таблиця 1. Порівняння результатів прогнозування валового регіонального продукту Черкаської області за побудованими моделями**

Роки	ВРП (реальний), млн грн.	Прогноз за моделями								
		Авторегресійна модель першого порядку	Модель-комбінація авторегресії першого порядку та лінійної регресії із включенням семи регресорів	Модель лінійної регресії із попереднім застосуванням дерев рішень	Модель регресії, в якості вхідних змінних якої використано їх комбінації в вигляді добутків та поліномів	Нейронна мережа з попереднім відбором вхідних змінних, найбільш корельованих з вихідною	Нейронна мережа з попереднім відбором вхідних змінних	Нейронна мережа з попереднім зменшенням кількості вхідних змінних на основі кластерного аналізу	Модель регресії, в якості вхідних змінних використано кластери	Комбінована модель мережі Байеса із використанням множинної регресії
2000	3179		3074.8	3205.4	2785.8	3123.4	3179.0	3167.2	3156.4	3372.3
2001	3590	3709.2	3602.6	3571.3	3566.9	3632.6	3590.0	3587.2	3973.1	3438.5
2002	3852	4280.2	3774.2	3878.1	3789.8	3813.7	3852.0	3849.3	3819.3	3498.1
2003	4565	4644.2	4631.9	4529.3	4550.7	4596.4	4565.0	4562.3	4326.7	4801.2
2004	6623	5634.8	6807.3	6623.0	6927.2	6758.5	6623.0	6628.6	7154.3	7046.1
2005	9014	8493.9	8838.6	9013.4	8731.6	8801.5	9014.0	9011.0	8330.1	8598.5
2006	10957	11815.7	11129.5	10948.0	9978.5	11079.6	10957.0	10957.6	10797.4	11092.9
2007	13656	14515.0	13630.7	13669.6	10747.7	13638.1	13656.0	13656.4	13833.4	13748.1
2008	19101	18264.7	19047.4	19099.0	13603.3	19093.2	19101.0	19091.8	19146.5	18872.3
2009	18707	25829.4	19909.2	18858.8	11269.7	18423.2	20833.4	15469.8	21061.5	18701.6
2010	*	21113.0	20619.5	20020	20068.8	19894.8	19676.0	20004.0	20096.4	20132.6
2011	*	23676.0	21942.1	16138	21361.8	20093.0	21886.5	20729.8	23747.9	17526.3

\* статистичні дані відсутні.

іншого — децентралізації державного управління, посилення ролі органів регіонального управління [1].

З огляду на викладене, підвищується роль органів державного управління щодо забезпечення оптимального функціонування економічної системи регіону, що характеризується багатоцільовою установкою, адаптивністю та різноманітним критерієм оцінки її ефективності. Особливо гостро дані проблеми проявилися під час фінансової кризи. На відміну від промислово розвинених областей, економіка аграрних регіонів виявила стійкість у відношенні до впливу зовнішнього середовища. Тому економічна система аграрного регіону потребує детального вивчення, зокрема дослідження тенденцій та перспектив розвитку, виявлення шляхів забезпечення простого, а згодом і розширеного відтворення. Необхідно розглянути методи й засоби, що дозволять координувати поточну ситуацію в економіці області з огляду на те, що вона є складовою макроекономічної системи, та передбачити особливості та варіанти розвитку подій у регіоні під впливом майбутніх змін, забезпечуючи дотримання загальної концепції зростання. Крім того, слід враховувати структурні зміни, які спричиняються глобалізацією економічного простору, зростанням відкритості економіки регіону, що значно ускладнює дослідження зв'язків регіону на макро- та мікро рівнях.

Одним із шляхів вирішення поставлених завдань є вдосконалення існуючої системи соціально-економічного планування та прогнозування, суттєвим недоліком

якої є відсутність практики використання методів інтелектуального аналізу даних, які дозволяють опрацювати великі набори статистичних показників, виявляючи закономірності їх взаємозв'язку та вплив на узагальнюючий показник регіонального розвитку — валовий регіональний продукт. Також не окреслюються обсяги інвестицій, необхідні для забезпечення сталого економічного зростання.

Зокрема, обсяги інвестицій, за існуючої системи, зазвичай плануються, виходячи з припущення, що їх щорічний приріст становитиме 5—7%. За такого варіанта, прогнозовані значення на короткостроковий та довгостроковий періоди практично не узгоджуються. Невідомо також, як зміна динаміки даного показника відобразиться на конкурентоспроможності регіону тощо. Інші показники соціально-економічного розвитку прогножуються або виходячи з обсягів щорічного приросту, або на основі експертних оцінок, що також не завжди виправдано, оскільки така система прогнозування не дозволяє враховувати в повному обсязі фактори, що впливають на розвиток економічної ситуації в регіоні.

На даний час існує широкий набір сучасних методик та інструментів моделювання та прогнозування часових рядів соціально-економічних процесів різної природи, але на рівні регіону оптимальної моделі не запропоновано. Особливе місце серед інструментів моделювання та прогнозування соціально-економічних процесів займають сучасні методи інтелектуального

аналізу, які дозволяють обробляти великі обсяги статистичних даних, відстежувати зв'язки між окремими показниками, доповнювати ряди даних, будувати сценарії розвитку подій. Однак у практиці роботи органів державного управління та місцевого самоврядування дані методики не набули розповсюдження, хоча розвиток інформаційних технологій створює умови як для накопичення великих масивів статистичної інформації, так і для автоматизації проведення необхідних розрахунків.

З метою розробки пропозицій щодо удосконалення системи короткострокового планування соціально-економічного розвитку регіону, зокрема його інвестиційного забезпечення, було побудовано декілька моделей валового регіонального продукту Черкаської області та проведено порівняння якості моделювання та прогнозування за кожною з них. Вихідною змінною, що характеризує тенденції розвитку економічної системи регіону, було обрано обсяг валового регіонального продукту. Для побудови моделей для короткострокового прогнозування валового регіонального продукту проаналізовано часові ряди основних

соціально-економічних показників Черкаської області за 2000—2010 рр.: вартість основних засобів ( $x_1$ ), доходи населення ( $x_2$ ), індекс споживчих цін ( $x_3$ ), фінансовий результат від звичайної діяльності ( $x_4$ ), обсяг реалізованої промислової продукції (робіт, послуг) ( $x_5$ ), валова продукція сільського господарства ( $x_6$ ), валова продукція рослинництва ( $x_7$ ), валова продукція тваринництва ( $x_8$ ), обсяг інвестиції в основний капітал ( $x_9$ ), відправлення вантажів ( $x_{10}$ ), перевезення пасажирів ( $x_{11}$ ), роздрібний товарообіг ( $x_{12}$ ), обсяг реалізованої продукції (робіт, послуг) ( $x_{13}$ ), експорт товарів ( $x_{14}$ ), імпорт товарів ( $x_{15}$ ), кількість постійного населення ( $x_{16}$ ), кількість зайнятих ( $x_{17}$ ), кількість безробітних ( $x_{18}$ ), рівень безробіття ( $x_{19}$ ), середньорічна кількість найманих працівників ( $x_{20}$ ), середньорічна номінальна заробітна плата ( $x_{21}$ ). Вихідна змінна — валовий регіональний продукт ( $Y$ ).

На основі вказаних часових рядів було побудовано дев'ять моделей валового регіонального продукту Черкаської області, переважна більшість яких є комбінованими. Характерною особливістю використаних методик є застосування попереднього відбору вхідних даних, найбільш корельованих з вихідною змінною. Порівняння результатів прогнозування обсягів валового регіонального продукту представлено у табл. 1.

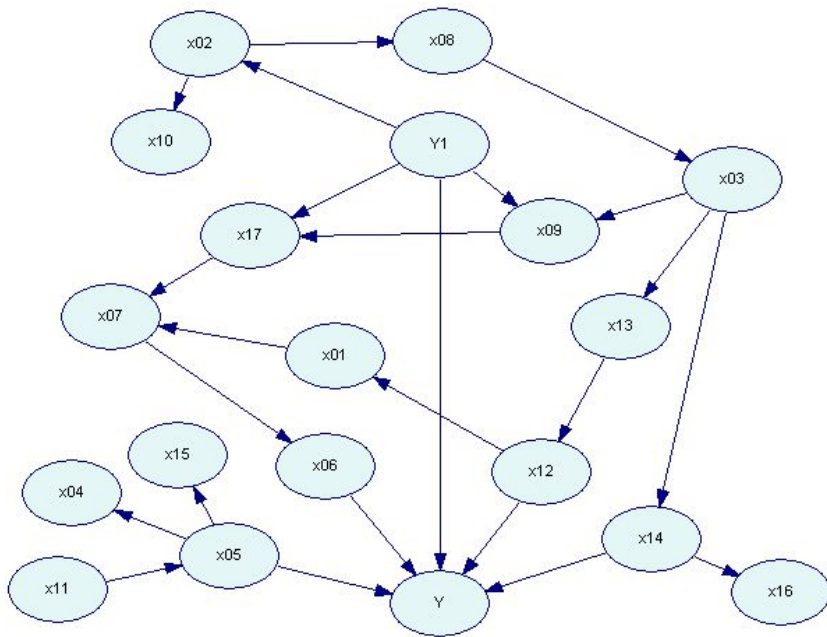
**Таблиця 2. Опис моделей, побудованих з метою вибору оптимальної методики прогнозування валового регіонального продукту Черкаської області на короткострокову перспективу**

Назва моделі	Рівняння (метод побудови) моделі
Авторегресійна модель першого порядку	$Y = -07.2958383 + 1.389284341 * Y(-1)$
Модель-комбінація авторегресії першого порядку та лінійної регресії із включенням семи регресорів	$Y = 19473.1 + 3.1457 * Y(-1) - 1.4539 * x_1 + 0.1269 * x_2 + 0.0131 * x_3 - 36.7921 * x_4 - 5.7203 * x_6 + 3.8303 * x_7$
Модель лінійної регресії із попереднім застосуванням дерев рішень	$Y = -6755.1 + 39.0251 * x_3 + 10.1674 * x_{21} + 0.9975 * x_6$
Модель регресії, в якості вхідних змінних якої використано їх комбінації у вигляді добутоків та поліномів	$Y = -1577.7 + 0.00733 * x_3 * x_6 - 0.00000481 * x_1 * x_7 + 0.00799 * x_{10} * x_{12} + 0.017 * x_{17} * x_{21}$
Нейронна мережа з попереднім відбором вхідних змінних, найбільш корельованих з вихідною	Вхідні параметри $x_3, x_6, x_2$ . Налаштування нейронної мережі: - тип мережі - багатощаровий персептрон. Кількість прихованих вершин = 3. Критерій оптимізації моделі нейронної мережі - мінімум середньої похибки моделі нейронної мережі
Нейронна мережа з попереднім відбором вхідних змінних	Вхідні параметри $x_1, x_{10}, x_{12}, x_{17}, x_{21}, x_6, x_7$ . Налаштування нейронної мережі: - тип мережі - багатощаровий персептрон. Кількість прихованих вершин = 3. Критерій оптимізації моделі нейронної мережі - мінімум середньої похибки моделі нейронної мережі
Нейронна мережа з попереднім зменшенням кількості вхідних змінних на основі кластерного аналізу	Кількість вхідних змінних-кластерів – 5. Налаштування нейронної мережі: - тип мережі - багатощаровий персептрон. Кількість прихованих вершин = 3. Критерій оптимізації моделі нейронної мережі - мінімум середньої похибки моделі нейронної мережі
Модель регресії, в якості вхідних змінних використано кластери	$Y = 8964.4 - 4419.2 * Clus_4 - 2314 * Clus_2 * Clus_3 + 1395 * Clus_1 * Clus_1 + 1047.8 * Clus_4 * Clus_4$
Комбінована модель у вигляді мережі Байєса із використанням множинної регресії	Вхідні параметри до мережі Байєса: всі. Налаштування мережі: - алгоритм побудови топології – K2; - критерій оптимізації топології мережі Байєса – мінімальна ентропія; - імовірнісний висновок на основі побудови множинної регресії із використанням рекурентного методу найменших квадратів.

Як видно з табл. 1, при розробці прогнозів на короткострокову перспективу кращими виявились моделі, побудовані із використанням сучасних методик інтелектуального аналізу даних (data-mining). Для уточнення характеристик процесу попередньо було виконано аналіз часткової автокореляційної функції, в результаті якого було виявлено, що при прогнозуванні валового регіонального продукту регіону слід враховувати лаг та використовувати в аналізі як додаткову змінну  $Y(-1)$ . Опис розроблених моделей представлений у таблиці 2.

Найкращі результати були одержані за комбінованою моделлю у вигляді мережі Байєса із використанням множинної регресії (похибка прогнозу, в порівнянні з реальними значеннями складає менше 2%). Тому дану методику можна запропонувати для короткострокового прогнозування валового регіонального продукту. Особливістю даної методики є проведення попереднього дослідження, за якого із значної кількості статистичних показників для подальшого використання, відбираються найбільш істотні.

Пропонована методика короткострокового прогнозування валового регіонального продукту складається з двох етапів, кожний з яких, у свою чергу, реалізується за послідовності кроків.



**Рис. 1. Топологія мережі Байєса для короткострокового прогнозування валового регіонального продукту Черкаської області**

Етап 1. Будується топологія мережі Байєса, що надає інформацію, яка дозволяє виявити причинно-наслідкові зв'язки між змінними та силу зв'язків між ними.

Крок 1. З метою усунення трендової складової, обчислюються відхилення між поточним та попереднім значенням для всіх змінних.

Крок 2. Знайдені на попередньому кроці відхилення перетворюються в номінальні змінні завдяки використанню квантильного перетворення (для даного випадку задано чотири квантілі).

Крок 3. Будується топологія мережі Байєса. В даному випадку використано програмне забезпечення GeNIe 2.0, з наступними налаштуваннями:

- метод побудови K2;
- критерій оптимізації — мінімальна ентропія.

Етап 2. Прогнозування обсягу валового регіонального продукту на основі побудованої причинно-наслідкової структури мережі Байєса.

Крок 1. На основі побудованої топології мережі Байєса визначаються найбільш значимі змінні, що впливають на цільову змінну.

Крок 2. Будується рівняння множинної регресії із примусовим включенням до моделі виявлених найбільш значимих змінних. Найбільш значимими для подальшого прогнозування виявилися показники обсягу реалізованої промислової продукції (x5), експорт товарів (x14), роздрібний товарообіг (x12), чисельність постійного населення (x16), відправлення вантажів (x10), валова продукція сільського господарства (x6) та значення валового регіонального продукту за попередній рік (Y-1).

Оцінка параметрів моделі виконана на основі рекурентного методу найменших квадратів засвідчила її прийнятну якість та адекватність прогнозу.

Як показало проведене дослідження, найкращими виявились моделі, побудовані комбінованими методами. Перевагами застосування таких методик є можливість аналізу широкого кола факторів, що впливають на результативний показник, доповнення рядів даних, передбачення можливих негативних тенденцій (зменшення валового регіонального продукту). Особливо актуальним є доповнення рядів даних, оскільки окремі показники відповідно до чинного законодавства є конфіденційною інформацією, а використати їх необхідно, інакше прогноз може бути спотворено.

На основі прогнозу обсягу валового регіонального продукту можна розрахувати потребу економіки області в інвестиційних ресурсах, визначивши її на рівні 20—30 % обсягу валового регіонального продукту для забезпечення простого відтворення або 40 % — для розширеного відтворення [5, с. 273].

## ВИСНОВКИ

Активізація інвестиційної діяльності в аграрному регіоні є визначальним чинником його розвитку. Запропонована методика дозволить удосконалити процес розробки коротко- та середньострокових програм соціально-економічного розвитку регіону. Перевагами такого підходу є можливість використання великої кількості параметрів навіть на коротких часових рядах, що дозволить детально проаналізувати стан та окреслити перспективи розвитку системи інвестиційної діяльності аграрного регіону, підвищить якість розроблюваних програм обмеживши суб'єктивізм думок експертів математично обґрунтованими розрахунками. Перспективою подальших досліджень є розробка пропозицій щодо удосконалення методик прогнозування в рамках розробки стратегій соціально-економічного розвитку регіону.

## Література:

1. Про стимулювання розвитку регіонів: Закон України від 08.09.2005 р. № 2850-IV // Відомості Верховної Ради України. — 2005. — № 51. — С. 548.
  2. Регіональний розвиток Черкаської області за 2010 р: стат. зб. — Черкаси, 2011. — С. 343.
  3. Статистичний щорічник Черкаської області за 2010 рік. — Черкаси, 2011. — С. 546.
  4. Бідюк П.І., Кузнєцова Н.В., Терент'єв О.М. Система підтримки прийняття рішень для аналізу фінансових даних // Наукові вісті НТУУ "КПІ". №1. — К.: НТУУ "КПІ" ВПІ ВПК "Політехніка", 2011. — С. 48—61.
  5. Сухарев О.С. Синергетика інвестицій: учеб.-метод пособие / О.С. Сухарев, С.В. Шман'єв, А.М. Курьянов; под. ред. професора О.С. Сухарева. — М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. — 368 с.
- Стаття надійшла до редакції 06.03.2012 р.*