

*М.І. ПУГАЧОВ, доктор економічних наук,
професор, заступник директора
О.М. ГРИБИНЮК, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
А.О. МЕЛЬНИК, кандидат економічних наук,
старший науковий співробітник
Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки»*

Прогноз динаміки внутрішнього валового продукту України за допомогою нейронних мереж

Постановка проблеми. В умовах поглиблення світових економічних криз виважені заходи економічної політики відіграють ключову роль у подальшому розвитку держави. Це вимагає застосування нових системних підходів щодо аналізу, прогнозу та кількісного оцінювання впливу різного роду чинників на динаміку ВВП окремих країн. Перспективним інструментарієм є використання нейронних мереж, які поєднують у собі авторегресійні моделі з нейронними компонентами різних рівнів складності, що поліпшує якість прогнозу в умовах асиметричної інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теорії нейронних мереж активно розроблялися наприкінці 50-х та на початку 60-х років ХХ ст. Розробниками цих теорій є: К. Бішоп [1], А. Вейга [6], Т. Визель, Л. Волгін [11], О. Галушкін [2], О. Горбань [3], М. Длі [12], О. Івахненко [4], О. Каляєв, Н. Кизим [9], Т. Кохонен [5], Т. Клебанова [9], Круглов [6, 12], І. Лук'яненко [7], А. Матвійчук [8], М. Медейрос [17–19], В. Міщенко [10], С. Неймарк, Р. Нельсон, В. Пономаренко [9], Ф. Розенблатт, Дж. Тейлор, Т. Тера свит [14, 16, 17], Дж. Хансен, Д. Хебб, Д. Хьюбел, А. Юденко [12] й інші. Накопи-

чення значного обсягу теоретичних знань актуалізувало застосування нейронних мереж для розв'язання різних прикладних завдань, у тому числі і в економіці. Деякі положення залишаються дискусійними та потребують подальшого розвитку. Проте наявні математичні моделі дозволяють робити прогнози високого ступеня достовірності.

Мета статті – виявлення основних внутрішніх і зовнішніх чинників та прогноз змін динаміки ВВП за допомогою нейронних мереж.

Виклад основних результатів дослідження. В умовах світових економічних криз зростає вірогідність їх негативного впливу на економічний розвиток окремих країн світу, які є активними учасниками світогосподарських процесів. Виявлення передумов світових економічних криз на національному рівні передбачає проведення безперервного аналізу й прогнозів розвитку як світової, так і національної економік.

Останнім часом при прогнозуванні поширення набувають математичні моделі, побудовані за принципом функціонування біологічних нейронних мереж (нейронні мережі), які на відміну від регресійних дають змогу враховувати асиметричність інформації, наявність нелінійних зв'язків, невизначеність розвитку економічних процесів, непередбачувану швидку зміну суб'єктивних

факторів. Нейронні мережі застосовуються при вирішенні складних неформалізованих задач, для яких не визначені аналітичні алгоритми розв'язання, вхідні дані є неповними та суперечливими. До основних напрямів застосування нейронних мереж належать: розпізнавання цільових ознак об'єкта дослідження, прогнозування змін кількісної ознаки об'єкта, динамічне прогнозування числових значень об'єкта у часі, автоматичне групування об'єктів.

При моделюванні процесів розвитку економіки нейронні мережі дають змогу груповим обліком великої кількості незалежних змінних визначати найвпливовіші з них, які з великою ймовірністю визначають зміни ВВП.

Так, на відміну від регресійних моделей при формалізації й ідентифікації передумов криз, які обмежені припущенням збереження розвитку основних тенденцій минулого у майбутньому, нейронні мережі враховують асиметричність інформації, зростаючу невизначеність і вплив суб'єктивних чинників в умовах криз, непередбачувані зміни тенденцій, виявляють нелінійні взаємозв'язки.

Для визначення передумов криз у вітчизняній економіці здійснено кореляційно-регресійний аналіз та проведено порівняльний аналіз його результатів із тим, що одержані при застосуванні нейронних мереж як до внутрішніх, так і до зовнішніх чинників. Зроблено висновок, що найбільш гнучкими та ефективними при роботі з економічними даними є синтезовані нейронні мережі зворотного поширення помилки (feed-forward back propagation, FFBP), вони є структурами, які з довільною точністю апроксимують будь-яку неперервну функцію кількох змінних. Архітектура FFBP включає два або три рівня: вхідний, прихований, вихідний. Вхідний і вихідний рівні виконують лінійні перетворення і агрегування вхідних даних, а прихований рівень визначає основні властивості нейронної мережі, які виконують не лінійні, а логічні «перемикання» – «якщо – то». Математично їх можна виразити логістичною функцією, яка має вигляд:

$$\psi(s) = \frac{1}{1 + e^{-ks}}, \quad (1)$$

де $\psi(s), \psi(s) \in R$ – значення функції активації нейрона;

$s, s \in R$ – зважена сума вхідних значень (входів штучного нейрона);

$k, k > 0$ – параметр, що визначає «кривизну» функції, швидкість її переходу від значень, близьких до нуля, до значень, близьких до одиниці.

На практиці найрозповсюдженішою авторегресійною моделлю з нейронним компонентом зворотного поширення помилки з одним вихідним є AR-NN(p, q), яка має вигляд:

$$y_t = \beta_0' w_t + \sum_{j=1}^q \beta_j G(\gamma_j' w_t) + \varepsilon_t, \quad (2)$$

де y_t – залежна змінна в поточному періоді;

w_t – вектор регресорів (лагових значень залежної змінної) порядку $(1 \times p)$;

β_0 – вектор лінійних параметрів авторегресії порядку $(1 \times p)$;

q – кількість нейронів прихованого шару;

β_j – вектор вагових коефіцієнтів вихідного шару нейромережі порядку $(1 \times p)$;

γ_j – вектор вагових коефіцієнтів прихованого шару порядку $(1 \times p)$;

$G(\)$ – функція активації прихованих нейронів;

ε_t – вектор незалежних ідентично розподілених залишків.

Об'єктом прогнозування обрано динаміку ВВП України й значення приросту цього показника, які є найбільш показовими для оцінки економічного стану в країні. Моделювання здійснювалося оцінкою динаміки двох груп чинників – внутрішніх і зовнішніх. Дані взято за період 1999-2013 років.

При виявленні впливу внутрішніх чинників досліджено такі показники: дефлятор ВВП, валове нагромадження, державний борг, інфляція, зростання грошової маси, бюджетне сальдо, податкові доходи, державні витрати, баланс поточного рахунку ПБ, частка імпорту й експорту у ВВП, частка промисловості, сільського господарства, торгівлі товарами та послугами у ВВП, частка банківського капіталу, реальна відсоткова

ставка, обсяг внутрішніх кредитів, капіталізація фондового ринку, обсяг портфельних і прямих інвестицій.

У результаті самонавчання нейронною мережею із заднім ходом (зворотним поширенням помилки) при прогнозі ВВП було відібрано такі найзначущі чинники, як: валове нагромадження капіталу, державний борг, інфляція, зростання грошової маси, податкові доходи, державні витрати, баланс поточного рахунку ПБ, частка імпорту у ВВП, частка промисловості, сільського гос-

подарства, торгівлі послугами у ВВП, частка банківського капіталу, обсяг внутрішніх кредитів, капіталізація фондового ринку, обсяг портфельних і прямих інвестицій.

У процесі аналізу було відібрано 10 моделей з найменшою абсолютною похибкою, програма тестувала моделі й результат їх ранжування за величиною помилки. З них найкращою виявилася лінійна модель без прихованого (внутрішнього) шару, відображена на рисунку 1.

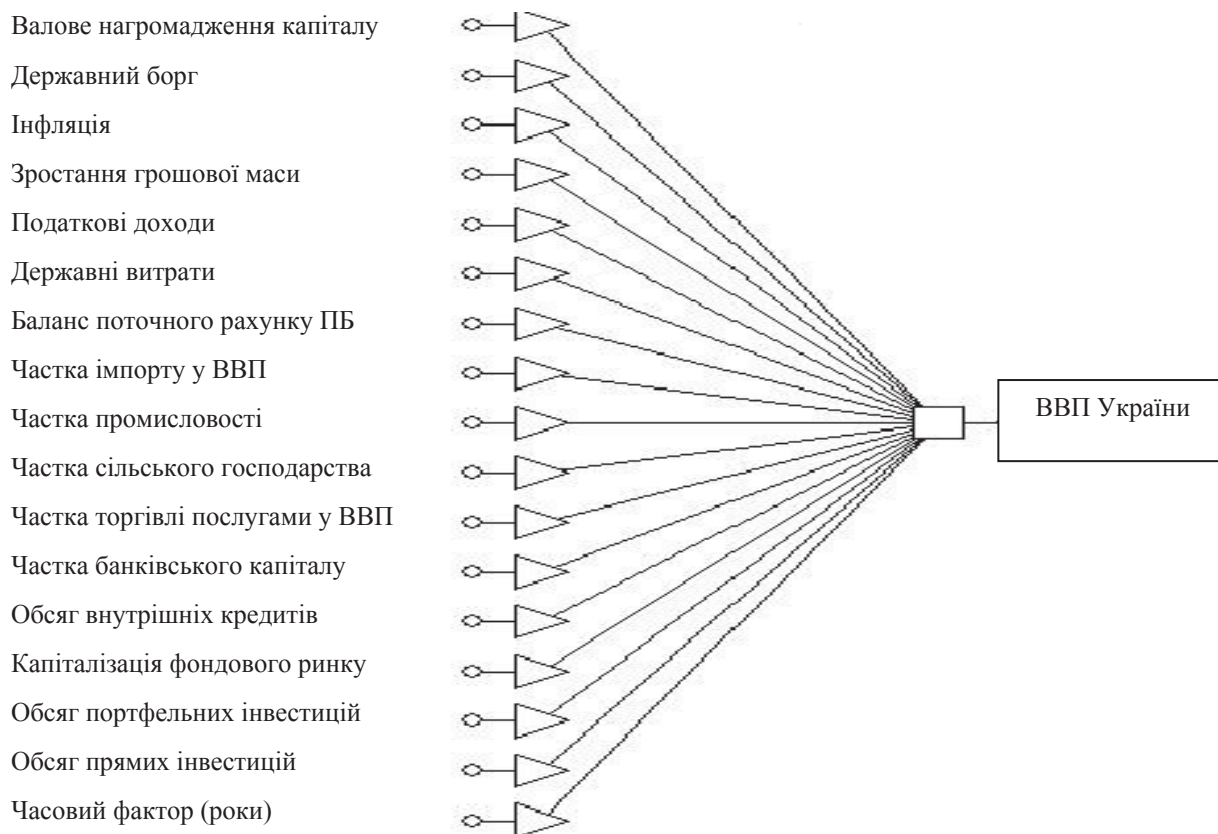


Рис. 1. Структура моделі з нейронним компонентом з однією вихідною для прогнозу ВВП за групою внутрішніх показників

Джерело: Розраховано авторами.

При прогнозі росту ВВП було обрано мультитиперсептронну модель із прихованим внутрішнім рядом, яка включала такі показники з групи внутрішніх чинників, як: валове нагромадження, частка податкових доходів у ВВП, частка імпорту, капіталізація фондового ринку, частка торгівлі послугами у ВВП (рис. 2).

При виявленні впливу на прогноз показників із групи зовнішніх чинників були досліджені такі показники, як: світове ВВП, обсяг прямих інвестицій, обсяг товарного

експорту, обсяг товарного імпорту, валовий національний дохід за купівельною спроможністю, валовий національний дохід, рівень безробіття, обсяг портфельних інвестицій, інфляція, обсяг експорту технологій. Дані взяті за період 1996-2013 років.

У результаті прогнозного моделювання величини ВВП за допомогою нейронної мережі із заднім ходом (зворотним поширенням помилки) було відібрано такі найбільш значущі чинники, як: світове ВВП, обсяг товарного експорту, валовий національний

дохід за купівельною спроможністю, валовий національний дохід, рівень безробіття, обсяг портфельних інвестицій, інфляція, обсяг експорту технологій. Але структури мо-

делей різні. Так, на рисунку 3 відображено модель для прогнозу величини ВВП, а на рисунку 4 для прогнозу приросту ВВП.

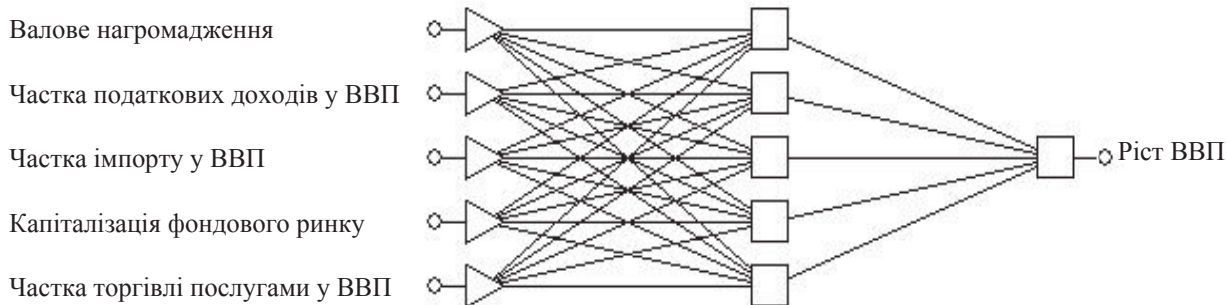


Рис. 2. Структура моделі з нейронним компонентом з однією вихідною для прогнозу приросту ВВП за групою внутрішніх показників

Джерело: Розраховано авторами.

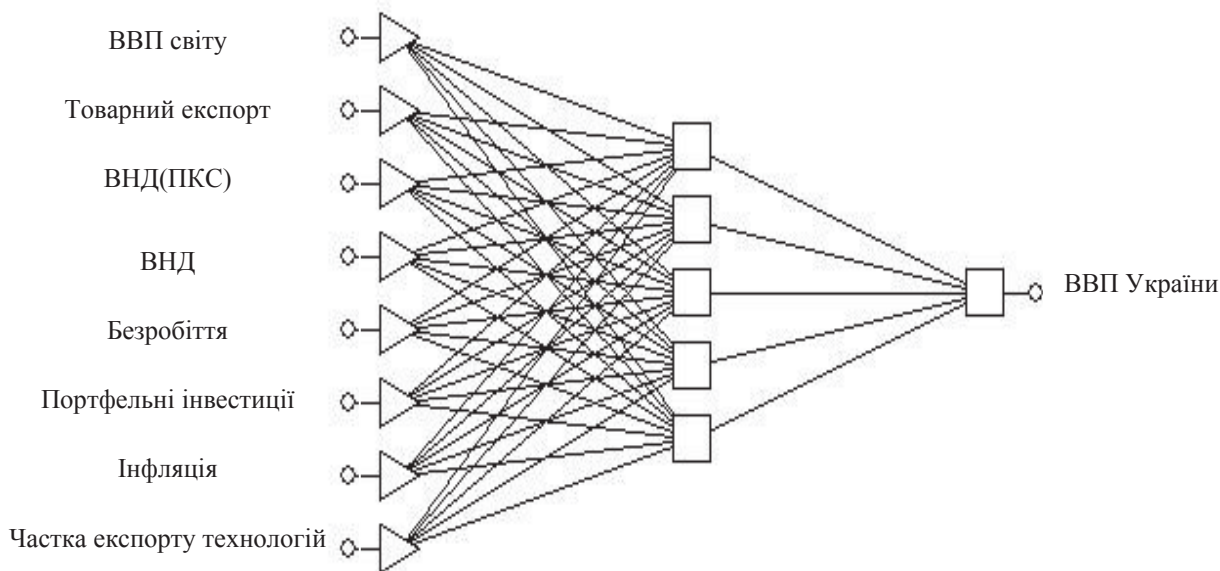


Рис. 3. Структура моделі з нейронним компонентом з однією вихідною для прогнозу ВВП за зовнішніми чинниками

Джерело: Розраховано авторами.

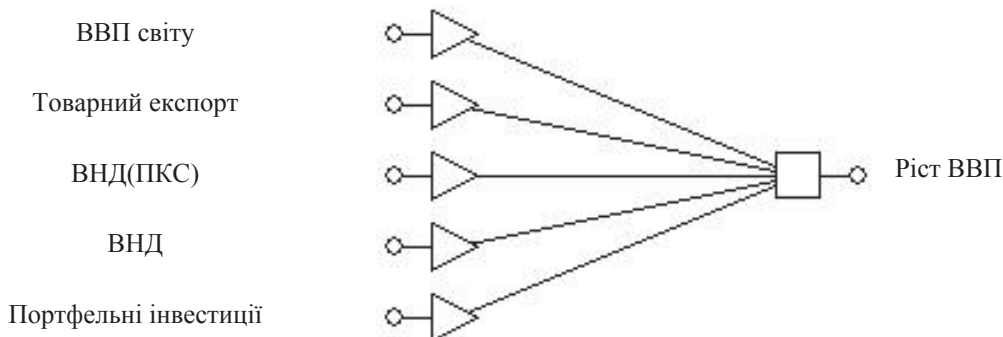


Рис. 4. Структура моделі з нейронним компонентом з однією вихідною для прогнозу приросту ВВП за зовнішніми чинниками

Джерело: Розраховано авторами.

Рисунок 3 демонструє, що прихований (внутрішній) рівень включає п'ять складових, а на рисунку 4 модель відібрала п'ять показників і не містить внутрішнього шару. Для прогнозування змін ВВП та його приросту під впливом зовнішніх чинників за кожним обраним моделлю показником здійснено прогноз за кривими, які приводяться до модифікованої експоненти. А саме: модифікованою експонентою, кривою Гомпертца, логістичною кривою. У результаті проведених обрахунків обрано регресійні залежності та прогнозні значення, які мають найбільші величини коефіцієнта кореляції і детермінації. Вони стали вхідними показниками для нейронної моделі.

Одержані за допомогою нейронної мережі прогнозні дані дали можливість прогнозувати величину ВВП та його приросту за групами внутрішніх і зовнішніх показників. Результати зведені у таблицю. Графічно прогноз ВВП відображено на рисунку 5, а зміни приросту ВВП – на рисунку 6.

Результати прогнозу величини ВВП та приросту ВВП України за допомогою нейронної мережі, млрд грн

Роки	Показники		Абсолютне відхилення
	внутрішні	зовнішні	
ВВП			
2015	1754,70	1611,94	142,758
2016	1891,56	1691,70	199,854
Приріст ВВП			
2015	-14,7065	-5,92635	8,780
2016	-16,9924	-5,20958	11,783

Джерело: Складено авторами.

Як видно з таблиці, у 2015-2016 роках прогнозується зростання ВВП, а прогноз його приросту вказує на погіршення економічного стану й відсутність росту економіки.

Відповідно збільшення обсягу ВВП може відбуватися на рахунок девальвації національної валюти та підвищення цін.

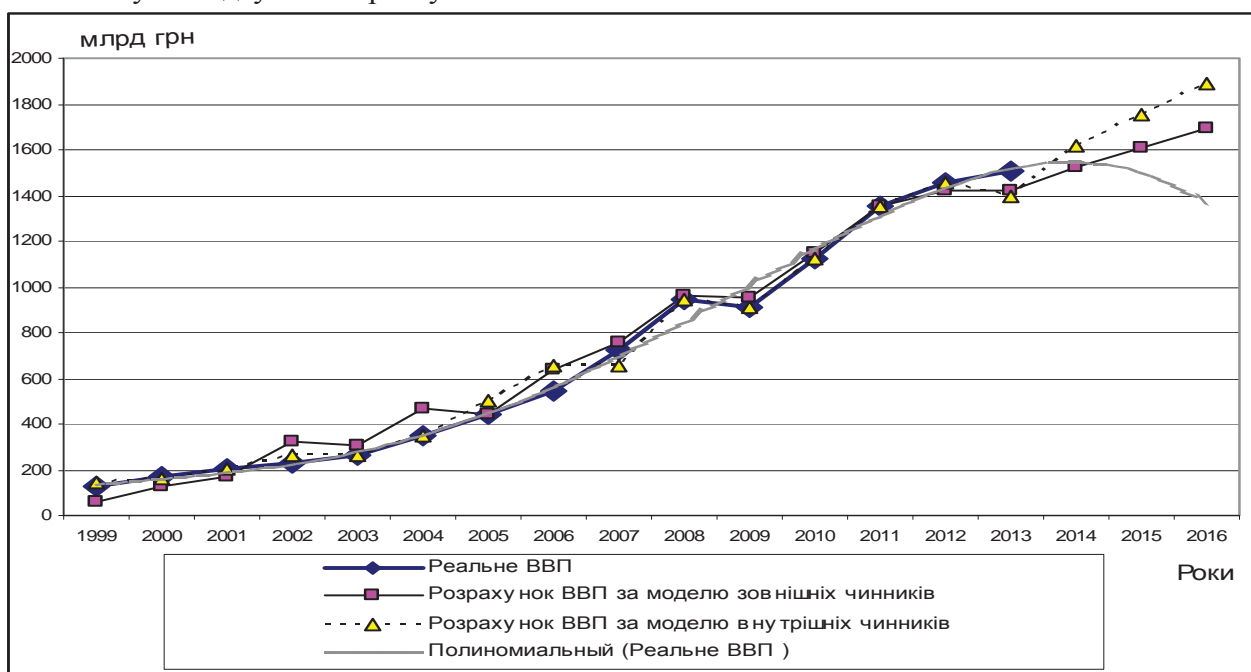


Рис. 5. Прогнозна динаміка ВВП з урахуванням зовнішніх і внутрішніх чинників

Джерело: Розраховано авторами.

Показник приросту ВВП вказує на глибоку рецесію економіки України, яка пов'язана з економічними й політичними проблемами. Можемо зробити висновок, що

зміни показників внутрішньої групи є більш значальнішими для прогнозу величини ВВП і його приросту, ніж зовнішні показники.

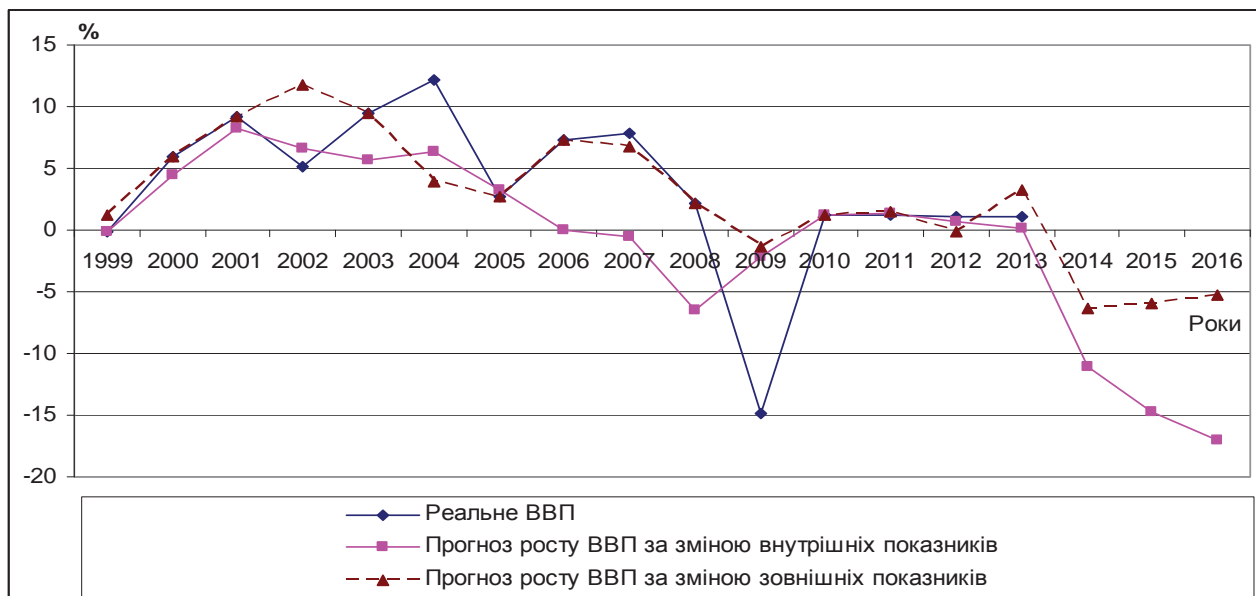


Рис. 6. Прогноз динаміки приросту ВВП з урахуванням зовнішніх і внутрішніх чинників

Джерело: Розраховано авторами.

Оскільки сучасний етап розвитку економіки України характеризується зростанням невизначеності, непередбачуваних економічних змін, тенденцій, які ускладнюють урахування лінійності взаємозв'язків між основними макроекономічними чинниками, виникає необхідність застосовувати гнучкіші засоби системного аналізу, такі як нейронні мережі. Останні дають змогу за допомогою нескладного математичного апарату відтворювати складні нелінійні процеси, які можуть посилитися в умовах глобалізації світової економіки.

Висновки. При зростаючій невизначеності щодо економічного розвитку та непередбачуваних змін, асиметричності інформації, дуже важко встановлювати за допомогою математичного апарату взаємозв'язки між основними макроекономічними індикаторами. Тому застосування гібридних моделей, що поєднують регресійні або авторегресійні компоненти й штучні нейронні мережі, є досить ефективним, оскільки вони здатні відтворювати складні нелінійні процеси за до-

помогою економетричного апарату. Зокрема, авторегресійні нейронні мережі (AR-NN) дозволяють реалізовувати поведінку лінійних коливань довкола свого середнього, рівень якого може нелінійно змінюватися в часі. Складнішим випадком є регресійні гібридні моделі плавного переходу (ST(A)R) та багаторежимні гібридні моделі плавного переходу, в яких нелінійною є структура поведінки не лише середнього значення (перетину), але й решти коефіцієнтів регресійного рівняння.

Наведений приклад розробленої та оціненої на реальній інформації нейронної моделі прогнозування, що враховує вплив внутрішніх і зовнішніх змін на вітчизняну економіку, підтверджує можливість їх застосування для системного аналізу, прогнозу й кількісного оцінювання впливу на основні макроекономічні показники в умовах невизначеності, асиметричності інформації та можливої зміни тенденцій економічного розвитку.

Список використаних джерел

1. Дорф Р. Современные системы управления / Дорф Р., Бишоп К. / пер. с англ. Б. И. Копылова. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.
2. Галушкин А. И. Применение нейрокомпьютеров в финансовой деятельности [Текст] / А. И. Галушкин. – Новосибирск: Наука, 2002. – 215 с.
3. Горбань И.И. Теория гиперслучайных явлений: физические и математические основы / Горбань И. И. / НАН Украины, Ин-т проблем математических машин и систем. – К. : Наук. думка, 2011. – 317 с.
4. Ивахненко А. Г. Самоорганизация прогнозирующих моделей [Текст] / А. Г. Ивахненко, Й.А. Мюллер. – К. : Техника, 1985. – 225 с.

5. Кохонен Т. Ассоциативная память / Т. Кохонен ; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 238 с.
6. Круглов В. В. Гибридные нейронные сети / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – М., 2005. – 224 с.
7. Лук'яненко І. Г. Моделювання впливу зміни монетарних режимів на фінансово-економічний розвиток країн з перехідною економікою / І. Лук'яненко, В. Жук // Економіка і прогнозування. – 2011. – №2. – С. 130-151.
8. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: моног. / А. В. Матвійчук. – К.: КНЕУ, 2011. – 439 с.
9. Модели оценки и анализа сложных социально-экономических систем: моногр. / под ред. В. С. Пономаренко, Т. С. Клебанова, Н. А. Кизима. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2013. – 664 с.
10. Організаційно-методичні підходи до запровадження в НБУ системи оцінки стійкості фінансової системи: Інформаційно-аналітичні матеріали / під ред. В. І. Міщенко, О. І. Кіреєва, М. М. Шаповалової. – К.: Центр наукових досліджень НБУ, 2005. – 97 с.
11. Реляторные, непрерывнологические и нейронные сети и модели [Текст] : труды междунар. конф. "Континуальные логико-алгебраические исчисления и нейроматематика в науке, технике и экономике"(2001, 15-17 мая; Ульяновск). Т. 2 / Ульяновский государственный технический университет ; под ред. Л.И. Волгина. – Ульяновск : УлГТУ, 2001. – 164 с
12. Юденков А. В. Математическое программирование в экономике / А. В. Юденков, М. И. Дли, В. В. Круглов. – М. : Финансы и статистика, 2010. – 240 с.
13. Chiang H. Essays on monetary policy and international trade: Ph.D dissertation: Texas A&M University / Hui-Chu Chiang. – Texas 2008. – 100 с.
14. Dijk D., Terasvirta T., Franses P. H. Smooth transition autoregressive models-A survey of recent developments/ D. Dijk, T. Terasvirta, P. H. Franses // Econometric Institute. Reseach Report. – 2000. – № EI2000-23/A. – С. 3-41.
15. Dijk D, Franses P. H. Modelling Multiple Regimes in the Business Cycle/ D.Dijk, P.H.Franses // Macroeconomic Dynamics. – 1999. – № 3. – С. 311-340.
16. Eitrheim O., Terasvirta T. Testing the adequacy of smooth transition autoregressive models/O. Eitrheim, T. Terasvirta //Journal of Econometrics. – 1996. – Т. 74. – № 1. – С. 59-75.
17. Medeiros M.C., Terasvirta T., Rech G. Building neural network models for time series: A statistical approach/ M.C.Medeiros, T.Terasvirta, G.Rech // Journal of Forecasting. – 2006. – Т. 25. – № 1.– С. 49-75.
18. Medeiros M. C, Veiga A. A flexible coefficient smooth transition time series model./ M.C.Medeiros, A.A.Veiga // IEEE Transactions.on Neural Networks. – 2005. – Т. 16. – № 1. – С. 97-113.
19. Terasvirta T., Dijk D., Medeiros M. C. Linear models, smooth transition autoregressions, and neural networks for forecasting macroeconomic time series: A re-examination /T.Terasvirta, D.Dijk, M.C.Medeiros // International Journal of Forecasting. – 2005. – Т. 21. – №4. – С. 755-774.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2015 р.

* * *

Новини АПК

Україна розширює ринки збуту аграрної продукції

Пріоритетом у діяльності Міністерства аграрної політики та продовольства України є запровадження нової якості міжнародного маркетингу та пошук нових ринків збуту. Про це повідомив очільник аграрного відомства Олексій Павленко.

Міністр зауважив, що актуальність цього питання пояснюється частковою втратою ринків країн СНД. За результатами минулого року експорт в СНД знизився на 31%, але збільшився до країн Азії (+10%), ЄС (+6%) та Африки (+1%). «Ця динаміка посилюється і цього року. Крім того, ми відкриваємо один з найпотужніших та найперспективніших ринків світу — Китай».

Разом із тим великі гравці міжнародного аграрного ринку висловлюють зацікавленість у посиленні співпраці з Україною. Готуються до укладання угоди про вільну торгівлю з Канадою, Туреччиною, Сербією, В'єтнамом, Ізраїлем, а також розглядаються можливості щодо укладення таких угод з Албанією, Єгиптом, Йорданією, Республікою Корея, Тунісом та деякими іншими країнами.

Прес-служба Мінагрополітики України