

УДК 330.55:004.032.26

НОВІКОВА В.В., канд. екон. наук

*Білоцерківський національний аграрний університет***ПРОГНОЗУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО ВАЛОВОГО ПРОДУКТУ
НА ОСНОВІ АПАРАТУ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

У статті розглянуто систему економіко-математичних моделей на основі використання алгоритмів штучних нейронних мереж для прогнозування ВВП. З цією метою запропоновано новий підхід до прогнозування ВВП на основі застосування моделей штучних нейронних мереж, що дає можливість передбачити зміну ВВП в майбутньому і допомагає визначати ступінь впливу того чи іншого фактора, які впливають на збільшення або зменшення рівня ВВП країни, завдяки чому з'являється опція регулювання як зростання ВВП, так і інших макроекономічних показників, які пов'язані зі зміною рівня ВВП.

Проведений аналіз доводить, що необхідно використовувати прогнозування ВВП для оцінки найважливіших макроекономічних параметрів, яке можливо здійснювати за допомогою побудови моделі нейронної мережі, що дозволить отримувати найбільш ефективні прогнози в майбутньому і застосовувати адекватні механізми впливу держави на динаміку ВВП, оскільки контроль зростання або спаду ВВП є ключовою проблемою економіки країни.

Ключові слова: моделювання, прогнозування, валовий внутрішній продукт, штучний інтелект, нейронні мережі.

Постановка проблеми. Найважливішою метою становлення ринкових відносин в Україні, проведення економічних реформ є стабілізація і підвищення рівня ефективності національної економіки, задоволення як матеріальних, так і духовних потреб населення. Оцінка соціально-економічного стану в країні проводиться, як правило, за допомогою найбільш всеосяжних макроекономічних показників: валовий внутрішній продукт (ВВП), інфляція, якість життя, зайнятість та ін., серед яких показник ВВП є найбільш значущим для аналізу економіки як на національному, так і регіональному рівнях. Він використовується для характеристики результатів виробництва, рівня економічного розвитку, темпів економічного зростання, аналізу продуктивності праці в економіці, дає уявлення про загальний матеріальний добробут нації, застосовується для розрахунків мінімальної заробітної плати, майбутніх податкових надходжень та інших важливих показників [6]. Зазвичай, він використовується в поєднанні з іншими показниками, наприклад, за аналізу відношення дефіциту державного бюджету до ВВП.

Як правило, офіційні статистичні дані ВВП регіону подаються більш ніж із річним запізненням, тому є необхідність його розрахунку на основі існуючих даних, тобто актуальність теми прогнозування ВВП очевидна.

Побудова адекватних моделей для прогнозу ВВП – досить складний процес, оскільки в більшості випадків важко передбачити величини як екзогенних, так і ендегенних факторів, які мають значний вплив на її формування. Вибір оптимальної кількості факторів впливу та аналіз кількісних і якісних параметрів їх впливу є основним завданням для побудови моделі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані із проблемами управління ВВП, широко висвітлюються у вітчизняній науковій літературі. Основна увага приділяється виявленню факторів, які впливають на зростання та зменшення ВВП, обґрунтуванню моделей прогнозування та методів його регулювання. Серед вітчизняних дослідників ВВП слід відмітити: Николаєву І.В. [6], Солдатову О.П., Семенова В.В. [8].

Використання алгоритмів нейронних мереж для вирішення завдань прогнозування висвітлювалося в роботах Гейця, С. Дзюбика, Б. Кваснюка, М. Ковалю, Т. Ковальчука, О. Мельника, В. Найдюнова, А. Савченка, В. Степаненко та інших. Проте, незважаючи на велику кількість наукових публікацій і певні досягнення в теорії та практиці управління макроекономічними процесами, проблема прогнозування та передбачення зміни ВВП продовжує залишатися предметом наукових досліджень.

Мета дослідження полягає у розробці нових підходів до прогнозування внутрішнього валового продукту з використанням алгоритму нейронної мережі на основі дійсних статистичних даних.

Методика дослідження. У процесі дослідження застосовано систему економіко-статистичних та економіко-математичних методів. Зокрема, використано методи математичного моделювання на основі апарату штучних нейронних мереж (ШНМ), які включають в себе структурне моделювання та методи навчання, що базуються на розвинутій теорії нелінійного програмування.

Результати дослідження та їх обговорення. Визначаючи сутність штучних нейронних мереж, або модуль штучного інтелекту, слід зазначити, що вища, в яких вони моделюються для обробки сигналів, є аналогічними до тих, що відбуваються в нейронах мозку живих істот.

Найважливіша особливість штучної нейронної мережі, яка свідчить про її широкі можливості і величезний потенціал, полягає в здатності паралельної обробки інформації усіма ланками, що дозволяє значно прискорити процеси обробки інформації. Окрім цього, за великої чисельності міжнейронних з'єднань мережа набуває стійкості до помилок, що виникають на деяких окремих лініях [1].

Інша, не менш важлива властивість, – це здатність до навчання і узагальнення накопичених знань. Маючи риси штучного інтелекту, нейронна мережа, натренована на обмеженій множині даних, здатна узагальнювати отриману інформацію і показувати хороші результати на даних, які не використовувалися у її навчанні [3].

Предметною сферою, в якій вже отримали визнання нейромережеві методи, є сфера економіки і фінансів. У ній, вони знайшли своє застосування у формі математичного ядра інтелектуальних систем прийняття рішень, експертних систем, оболонок для імітаційного моделювання, нейромережевих баз знань та ін. [1].

У дослідженні увага акцентується на одному з напрямів використання нейромереж – це застосування нейромережевих технологій для прогнозування динаміки ВВП.

Прогнозування є передбаченням майбутніх подій. Для цього нехай задано n дискретних відліків $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\}$ у послідовні моменти часу t_1, t_2, \dots, t_n . Тоді завдання прогнозування полягає в передбаченні значення $y(t_{n+1})$ в деякий майбутній момент часу t_{n+1} .

Вирішення завдань прогнозування ролі нейронної мережі полягає в передбаченні майбутньої реакції системи за її попередньою поведінкою. Надаючи інформацію про значення змінної x у моменти, що передують прогнозуванню $x(k-1), x(k-2), \dots, x(k-N)$, мережа виробляє рішення, яким буде найбільш ймовірне значення послідовності $x(k)$ в поточний момент k . При цьому нейронна мережа відіграє роль універсального апроксиматора функції від кількох змінних, реалізуючи нелінійну функцію [6]:

$$y = f(x), \quad (1)$$

де x – вхідний вектор;

y – реалізація векторної функції декількох змінних.

Нині, в умовах нестабільності економіки України, прогнозування макроекономічних показників, одним з яких є ВВП, особливо актуальне.

Згідно з методом розрахунку за витратами, обсяг ВВП підраховується як сума: особистих витрат населення на кінцеве споживання товарів та послуг, державних витрат на купівлю товарів та послуг, валових інвестицій та чистого експорту, динаміку яких можна розглянути в таблиці 1 і скористатися формулою розрахунку ВВП за витратами, яка має вигляд [5]:

$$ВВП = C + I + G + X_n, \quad (2)$$

де C – особисті споживчі витрати, які складаються з витрат домогосподарств на купівлю товарів та послуг як поточного споживання (продукти харчування, комунальні послуги і т. д.), так і тривалого (побутова техніка, автомобілі і т. д.), але показник C не враховує витрат на купівлю житла;

I – валові інвестиції, що складаються з витрат фірм на придбання нового устаткування, нових підприємств, нових приміщень і т. д.;

G – державні витрати на купівлю товарів та послуг, що складаються з витрат на фінансування шкіл, вищих навчальних закладів, армію, дороги, утримання державного апарату, управління державою і т. д. До розрахунку не включаються трансфертні виплати, а саме витрати держави на виплату пенсій, соціального страхування та інші виплати населенню;

X_n – чистий експорт товарів та послуг, який розраховується як різниця між експортом та імпортом [5].

Таблиця 1. – Динаміка зміни ВВП та її складових (1999–2013 рр.)

Рік	ВВП, млн грн	C, млн грн	I, млн грн	G, млн грн.	X _n , млн грн
1999	130442	73961	22436	26871	7174
2000	170070	98811	34014	28742	8504
2001	204190	118226	44513	38184	3267
2002	225810	128938	46291	40420	10161

2003	267334	149707	58813	47585	11228
2004	345113	185671	74199	70058	15185
2005	441452	256484	97561	73281	14126
2006	544153	322683	136038	65843	19590
2007	720731	428114	201805	70632	20180
2008	948056	594431	263560	69208	20857
2009	913345	593674	253910	48407	17354
2010	1082569	692844	185119	169963	34642
2011	1316600	888705	242254	142193	43448
2012	1408889	1000311	294458	60582	53538
2013	1444000	1032460	262808	96748	51984

Джерело: [2]

За даними таблиці 1 будуються графіки ВВП і факторів, які впливають на її динамічні зміни в часі (рисунки 1-5).

Графічне зображення свідчить про те, що рівень показника ВВП у період 1999-2013 рр. підвищується, що пояснюється впливом факторів-складових ВВП в бік зростання.

За прогнозуванням, суттєвим для якості прогнозу є врахування реального впливу кожного фактору, що є параметром входу $X(X_1, \dots, X_n)$ на вихідний вектор Y . За допомогою кореляційного аналізу обчислюються заздалегідь коефіцієнти парної кореляції між виходом у та кожним із параметрів входу $X_1, \dots, X_j, \dots, X_n$, що дозволяє сформувати вхідну матрицю згідно зі ступенем впливу кожного параметра і застосувати принцип ранжування входів, який узгоджується з будовою біологічного нейрона. В нейромережу вводиться єдиний параметр для всіх входів мережі коефіцієнт зважування K_f , що може приймати значення в діапазоні від 0 до 1 [7].

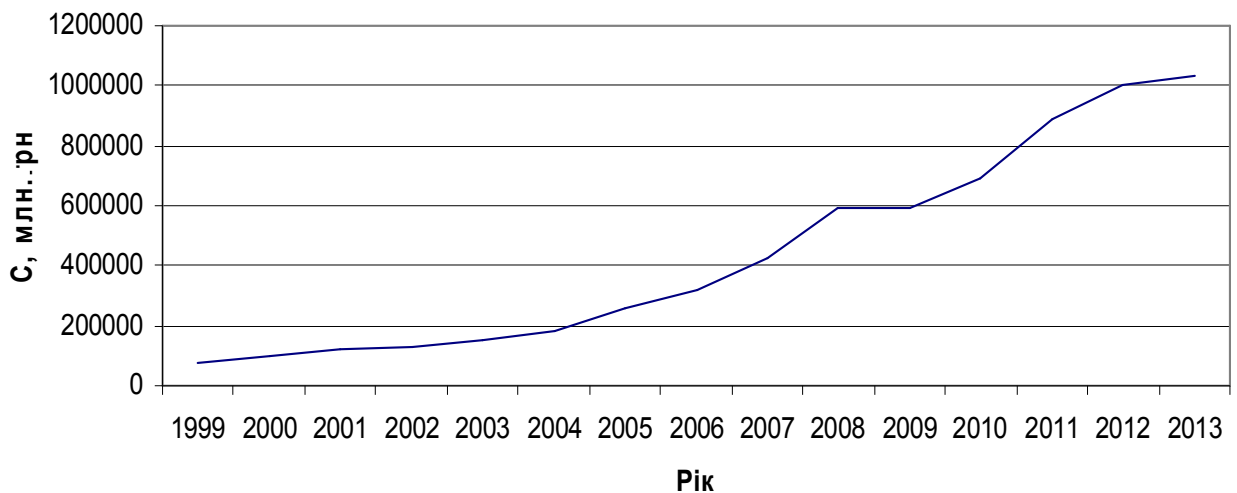


Рисунок 1. Динаміка особистих споживчих витрат

Джерело: [2]

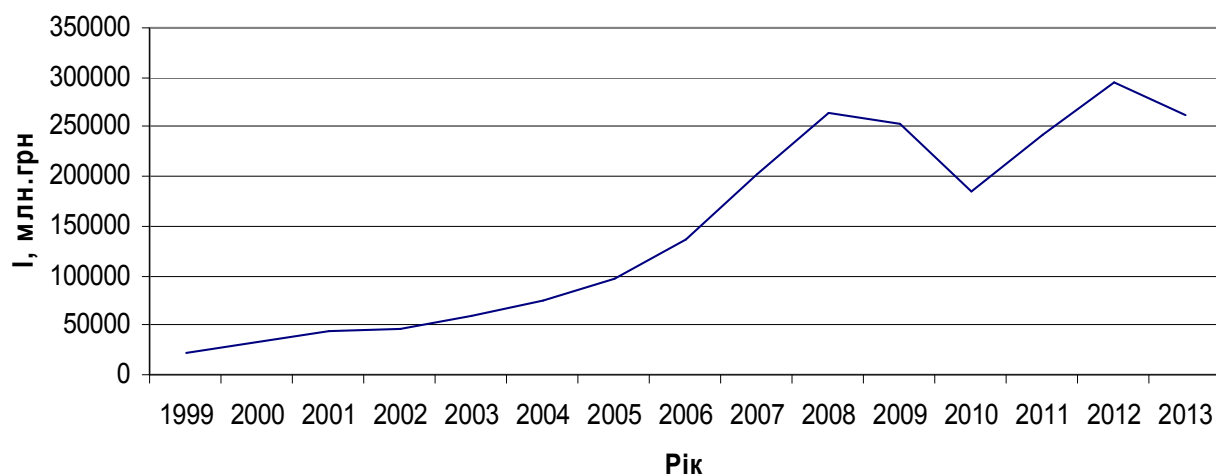


Рисунок 2. Динаміка валових інвестицій
Джерело: [4]

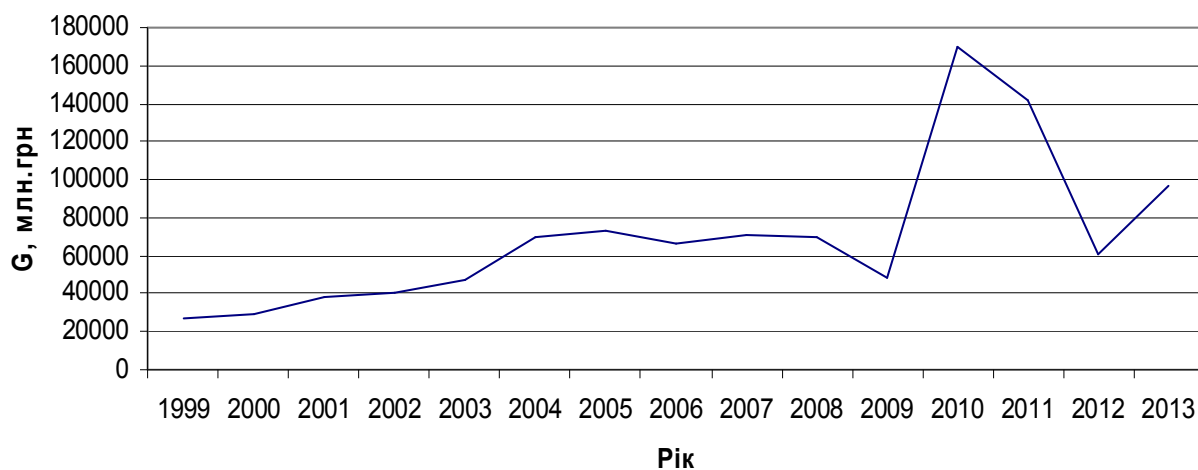


Рисунок 3. Динаміка державних витрат на купівлю товарів та послуг
Джерело: [4]

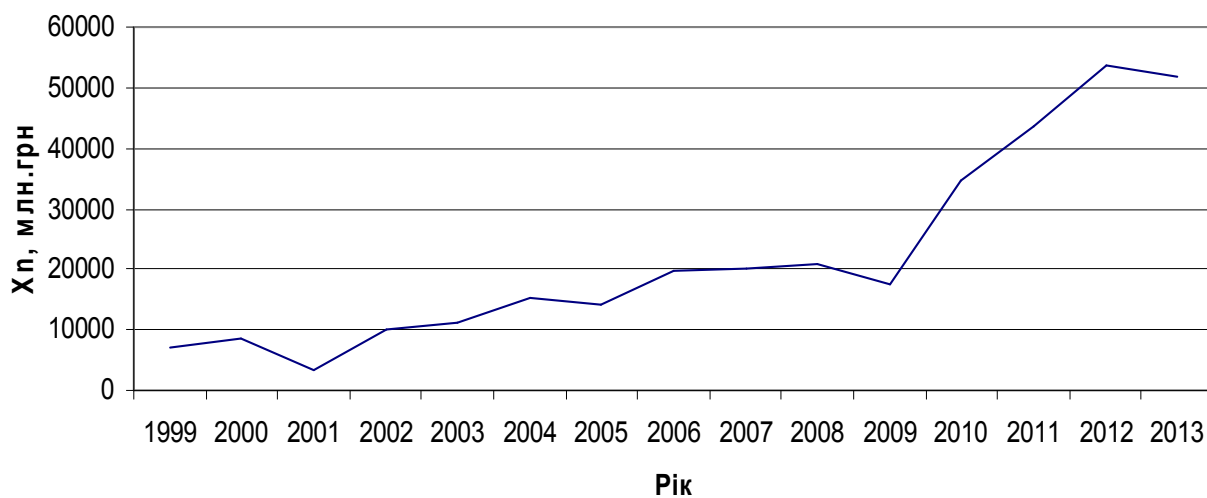


Рисунок 4. Динаміка чистого експорту товарів та послуг
Джерело: [4]

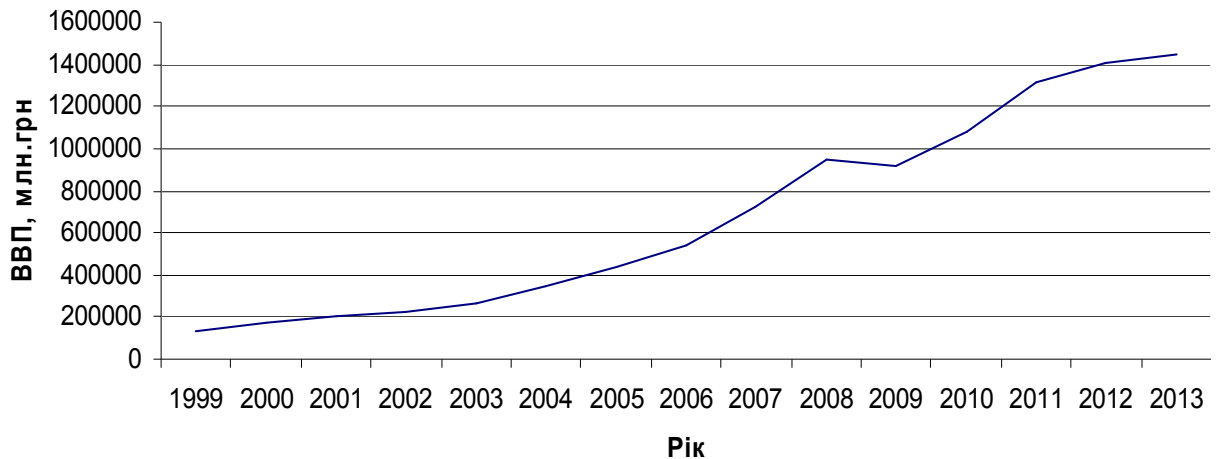


Рисунок 5. Динаміка ВВП

Джерело: [2]

Для першого входу всі значення параметра x_1 не змінюються, для другого входу зменшуються в K_n разів, а для останнього n -го входу вага параметра x_n зменшується в K_{n-1} разів (рис. 6). За $K_f = 1$ всі входи є рівнозначними, за $K_f = 0$ враховується лише перший вхід, решта входів ігнорується, за $0 < K_f < 1$ зменшується вплив несуттєвих параметрів на вихідну величину y .

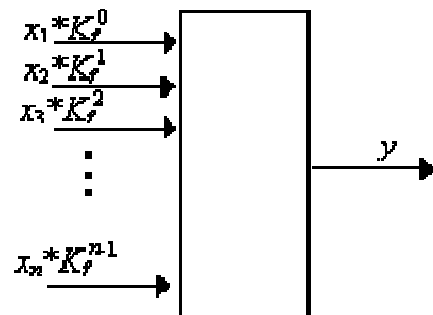


Рисунок 6. Вплив коефіцієнта зважування входів

Джерело: [7]

Такий підхід вимагає проведення попереднього аналізу інформації, але значне покращення точності прогнозу підтверджує його ефективність. З цієї метою будується матриця парних кореляцій показника і факторів (табл. 2).

Розрахунки таблиці 2 показують, що на результуючий показник Y найбільший вплив чинить фактор X_1 (особисті споживчі витрати), а найменший – X_3 (державні витрати на купівлю товарів та послуг).

Таблиця 2. – Матриця парних кореляцій

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4
Y	1	1,00	0,95	0,66	0,94
X_1	1,00	1			
X_2	0,95		1		
X_3	0,66			1	
X_4	0,94				1

Джерело: [3]

Ранжування факторів згідно з впливом їх на показник відображено в таблиці 3, тобто ранжування входів нейронної мережі.

Дані про поведінку об'єкта, ознаки якого пов'язані з часом, представлені як результати спостережень у рівномірні відліки часу. Для моментів часу $t=1, 2, \dots, n$ дані спостережень набувають вигляду часового ряду $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n)$. Інформація про значення часового ряду до моменту n дозволяє оцінювати параметри

Таблиця 3. – Матриця рангів впливу факторів

Фактор	Ранг
X_1	1
X_2	2
X_3	4
X_4	3

Джерело: [3]

$x(t_n+1)$, $x(t_n+2)$, ..., $x(t_n+m)$. Для здійснення прогнозування елементів часових рядів використовують так званий метод "часових вікон".

Залежно від кількості ознак, що представляють значення рядів у формуванні множин даних, потрібно виділити однопараметричну і багатопараметричну задачі прогнозування.

У нашому випадку має місце однопараметрична модель, тому за шириною вхідного вікна m , вихідного $p=1$, кроку зміщення $s=1$ можна сформулювати множину даних у вигляді, що відображено у таблиці 4.

Таблиця 4. – Множина даних для однопараметричної задачі

Входи				Виходи
$x(t_1)$	$x(t_2)$	...	$x(t_m)$	$x(t_{m+1})$
$x(t_2)$	$x(t_3)$	...	$x(t_{m+1})$	$x(t_{m+2})$
$x(t_3)$	$x(t_4)$	...	$x(t_{m+2})$	$x(t_{m+3})$
...
$x(t_i)$	$x(t_{i+1})$	...	$x(t_{i+m-1})$	$x(t_{i+m})$

Джерело: [1]

Реалізація $x(t_{n-1})$, $x(t_n)$, $x^*(t_{n+1})$, як значення наступного вхідного вікна, подається на входи мережі в режимі функціонування. Мережа продукує нове вихідне значення $x^*(t_{n+2})$, яке відповідно також відкладається у вектор продукованих виходів і долучається до реальних значень навчальної множини з метою подальшого перенавчання мережі та встановлення поновлених коефіцієнтів поліномів передатних функцій і синаптичних зв'язків. Ітераційна процедура перенавчання поширюється до прогнозованого значення $x^*(t_N)$.

Такий підхід дозволяє за великих інтервалів випередження усунути затухання прогностичних властивостей мережі за рахунок постійного коректування вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків.

Для навчання нейронної мережі використовують готові або користувальні програмні пакети, у результаті роботи яких виходять необхідні прогнозні дані показнику [3].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розглянуто підхід до прогнозування ВВП за допомогою математичної моделі нейронної мережі на основі дійсних статистичних даних за останні 15 років та даних про фактори, які впливають на зміну ВВП країни.

Застосування економіко-математичних моделей на основі алгоритмів штучних нейронних мереж для прогнозування ВВП дає можливість передбачити зміну ВВП у майбутньому та допомагає виявляти ступінь впливу того чи іншого фактору, що впливають на збільшення або зменшення рівня ВВП країни, завдяки чому з'являється опція регулювання як росту ВВП, так і інших макроекономічних параметрів, що пов'язано зі змінами рівня ВВП.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агеев А.Д. Нейроматематика: Учебное пособие для вузов / А.Д. Агеев, А.Н. Балухто, А.В. Бычков, А.И. Галушкин. – М.: ИПЖР, 2012. – 448 с.
2. Валовой внутренний продукт Украины // Минфин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://index.minfin.com.ua/index/gdp/>
3. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории / А.И. Галушкин. – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 496с.
4. Динамика золотовалютного резерва и ВВП (1999-2012 гг.) // Обозреватель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://obozrevatel.com/Infographic/96014-dinamika-zolotovalyutnogo-rezerva-i-vvp-1999-2012-gg.htm>
5. Козак Ю.Г. Основы економічної теорії: Навчальний посібник / Ю.Г. Козак, С.С. Шаповал, О.С. Кіро, М.А. Заєць, М.І. Барановська, Л.Б. Боденчук, Є.В. Кравченко, Л.Я. Коноводченко, О.В. Захарченко, В.В. Курмиженко. – К.: Центр навчальної літератури, 2012. – 264 с.
6. Николаева И.В. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования динамики экономических показателей / И.В. Николаева // Сфера услуг: инновации и качество. – М.: Издательство Российского государственного торгово-экономического университета, 2011. – №8. – С.15-19.
7. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского / С. Осовский, – М.: Финансы и статистика, 2012. – 344 с.
8. Солдатова О.П. Применение нейронных сетей для решения задач прогнозирования / О.П. Солдатова, В.В. Семенов // Исследовано в России. – Самара: СГАУ, 2006. – №136. – С.25-30.

REFERENCES

1. Ageev A.D. Neuromathematics: textbook for universities / A.D. Ageev, A.N. Baluhto, A.V. Bychkov, A.I. Galushkin. – M: IPER, 2012. – 448 P.
2. Gross domestic product of Ukraine / Ministry of Finance [Electronic resource]. – Mode of access: <http://index.minfin.com.ua/index/gdp/>
3. Galushkin A.I. Neural networks: theory basics / A.I. Galushkin. – M: Hot line-Telecom, 2010. – 496 P.
4. Dynamics of gold and foreign currency reserves and GDP (1999-2012) // Explorer [Electronic resource]. – Mode of access: <http://obozrevatel.com/Infographic/96014-dinamika-zolotovalyutnogo-rezerva-i-vvp-1999-2012-gg.htm>
5. Kozak Y.G. Fundamentals of the economical theory: Textbook / Y.G. Kozak, S. S. Shapoval, O.S. Kiro, M.A. Zaec, M. I. Baranovska, L.B. Bodenchuk, E.V. Kravchenko, L.Y. Konovodchenko, O.V. Zakharchenko, V.V. Kurmigenko. – K.: The centre literature, 2012. – 264 P.
6. Nikolaeva I.V. Application of artificial neural networks for forecasting dynamics of economic indicators / I.V. Nikolaeva // Services: innovation and quality. – M: Russian state trade and economic University, 2011. – №8. – P.15-19.
7. Osovskiy S. Neural networks for information processing / translate from polish I. Rudinsky / S. Osovskiy/ – M: Finance and statistics, 2012. – 344 P.
8. Soldatova O.P. Application of neural networks for solving problems of forecasting / O.P. Soldatova, V.V. Semenov // Studied in Russia. – Samara: SSAU, 2006. – №136. – P.25-30.

Прогнозирование внутреннего валового продукта на основе аппарата искусственных нейронных сетей

В.В. Новикова

В статье рассмотрена система экономико-математических моделей на основе использования алгоритмов искусственных нейронных сетей для прогнозирования ВВП. С этой целью предложен новый подход к прогнозированию ВВП на основе применения моделей искусственных нейронных сетей, что дает возможность предусмотреть изменение ВВП в будущем и помогает определять степень влияния того или иного фактора, которые влияют на увеличение или уменьшение уровня ВВП страны, благодаря чему появляется опция регулирования как роста ВВП, так и других макроэкономических показателей, которые связаны с изменением уровня ВВП.

Проведенный анализ доказывает, что необходимо использовать прогнозирование ВВП для оценки важнейших макроэкономических параметров, которое возможно осуществлять с помощью построения модели нейронной сети, что позволит получать наиболее эффективные прогнозы в будущем и применять адекватные механизмы влияния государства на динамику ВВП, поскольку контроль роста или спада ВВП является ключевой проблемой экономики страны.

Ключевые слова: моделирование, прогнозирование, валовый внутренний продукт, искусственный интеллект, нейронные сети.

Надійшла 13.03.2014 р.