

УДК 330.341.2: 332.144 (477)

## НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ РЕГІОНУ

**І. Парасюк**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
79008, м. Львів, просп. Свободи, 18  
E-mail: iryna\_parasyuk@ukr.net*

*Аналізуються методичні засади застосування прогнозування для обґрунтування управлінських рішень. Розглядається метод прогнозування на основі штучної нейронної мережі для досягнення більшої об'єктивності та точності прогнозу макроекономічних показників розвитку регіону. Пропонується економіко-математична модель нейромережевого прогнозування макроекономічних показників із використанням мережі архітектурного типу тришаровий перцептрон.*

*Ключові слова: економічне прогнозування, макроекономічний показник, нейронна мережа, багатошаровий перцептрон, нейромережеве прогнозування, нейромережеві програмні засоби, точність прогнозу.*

Прогнозування макроекономічних показників відіграє вагомую роль при ухваленні рішень в управлінні процесами соціально-економічного розвитку, розробці стратегій реформування економіки України.

Одним з популярних сьогодні підходів розв'язування задач прогнозування є використання штучних нейронних мереж, які застосовується в якості універсального відтворювача складних нелінійних функціональних залежностей. Потужний математичний апарат нейронних мереж дозволяє виявити головні тенденції зміни фінансово-економічного показника за експериментальними даними попередніх періодів і у відповідності до них робити прогноз зміни даного показника в майбутньому на визначену кількість кроків вперед [1].

Загальна характеристика проблеми

Існуюча на сьогодні сукупність методів економічного прогнозування стикнулася з проблемою інформаційної невизначеності, пов'язаної з неточністю та нечіткою інтерпретацією результатів одержаних прогнозів. Для передбачення макроекономічних показників розвитку регіону в основному використовують методи формалізованого характеру, а саме: екстраполяції та економіко-математичного моделювання. Ці методи, незважаючи на великий спектр переваг, володіють рядом недоліків, яких можна уникнути, використовуючи аналітичний метод прогнозування на основі штучної нейронної мережі.

Нейромережеві моделі позбавлені багатьох недоліків класичних методів передбачення, таких як - монотонність чи періодичність майбутнього значення, яка властива для чисельних методів екстраполяції; усереднення прогнозованого значення, що притаманне методу найменших квадратів, середнього плинного чи регресійним моделям. Крім того, прогнозування на основі штучних нейронних мереж не допускає ніяких обмежень на характер вхідної інформації.

#### Постановка завдання

Проблеми економічного прогнозування перебувають у сфері наукових інтересів таких вчених як В.Геєць, Т.Клебанова, О.Черняк, Б.Грабовецький, А.Єріна, М.Пашута тощо. У працях названих дослідників основна увага акцентується на класичних методах прогнозування [2, С.33-83; 3, С.11-80], проте використання нейромережевих моделей як досконаліших методів прогнозування, зокрема на макроекономічному рівні, в науковій літературі досліджено недостатньо.

Тому метою даного дослідження був аналіз доцільності застосування нейромережевої технології при прогнозуванні регіональних макроекономічних показників у короткостроковому періоді.

Досягнення поставленої мети передбачає необхідність вирішення таких завдань:

- побудова економіко-математичної моделі прогнозування макроекономічних показників розвитку регіону;
- розробка методики оцінки вірогідних значень конкретного показника з використанням нейронної мережі;
- апробація економіко-математичної моделі нейромережевого прогнозування макроекономічних показників на даних Держкомстату України за 2007-2008 роки з використанням програмного середовища Deductor 4.4., яке розроблене компанією BaseGroup Labs 1998-2006 для Windows 98/NT4/200x/XP.

Економіко-математичну модель нейромережевого прогнозування макроекономічних показників

Побудова нейромережевої моделі прогнозування макроекономічних показників розвитку регіону полягає у визначенні типу архітектури нейронної мережі, яка забезпечує мінімальні відхилення одержаних результатів прогнозів від дійсних значень цих показників.

Прогнозування  $\{Y(t_m)\}$  - вихідного показника в момент часу  $t_m$ , здійснюється на основі аналізу множини вхідних незалежних параметрів  $\{X_i(t_m)\}$ , де  $x_i(t_m)$  - значення  $i$ -го показника за  $t_m$ -й період часу (місяць) ( $i = \overline{1, n}$ ),  $m = \overline{1, k}$ ). Тоді шукається функція залежності вихідного показника від множини вхідних, щоб  $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  (1), де невідома функція  $f$  моделюється нейромережею певного типу [4; 5, с.29-40, 176-196].

Для прогнозування макроекономічного показника використаємо нейромережу архітектурного типу багат шаровий перцептрон. Функціонування даного перцептрона описується формулами:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{jl} = \sum_i x_{ijl} w_{ijl} \\ y_{jl} = \psi \left( \sum_{i=1}^N x_{ijl} w_{ijl} - \theta_{jl} \right), \\ x_{ij(l+1)} = y_{il} \end{array} \right. \quad (2)$$

де:

$i$  - номер входу;  $j$  - номер нейрона в шарі;

$x_{ijl}$  -  $i$ -й вхідний сигнал  $j$ -го нейрона в  $l$ -му шарі (значення приросту показника соціально-економічного розвитку);  $L$  - номер шару ( $L=\overline{1, l}$ );  $w_{ijl}$  - ваговий коефіцієнт  $i$ -го входу нейрона номер  $j$  в шарі  $l$  (міра впливу  $i$ -го показника соціально-економічного розвитку);  $f_{jl}$  - зважена сума вхідних сигналів  $j$ -го нейрона в  $l$ -му шарі;  $y_{jl}$  - вихідний сигнал нейрона;

$\theta_{jl}$  - пороговий рівень нейрона  $j$  в шарі  $l$ ;  $\psi(\bullet)$  - нелінійна функція (функція активації) нейрона - сигмоїда.

Функція нейромережевого прогнозування вихідного макроекономічного показника побудована на базі нейронної мережі архітектурного типу багатошаровий перцептрон буде мати такий вигляд [6, с.21-41]:

$$y(t_{m+1}) = f(x_i(t_m)) = \psi \left( \sum_{i_1} w_{i_1 j_1} \psi \left( \sum_{i_2} w_{i_2 j_2} \psi \left( \sum_{i_1} w_{i_1 j_1} x_{i_1 j_1} - \theta_{j_1} \right) - \theta_{j_2} \right) - \theta_{j_3} \right) \quad (3)$$

Методика нейромережевого прогнозування макроекономічних показників розвитку регіону - це сукупність послідовних дій (етапів), методів і правил, які забезпечують розв'язування задачі (здійснення прогнозу).

На першому етапі нейромережевого прогнозування певного показника (а саме обсягу реалізованої промислової продукції в Україні) визначаємо компоненти вхідного вектора  $X$  та вихідний вектор  $Y$ . Припустимо, що на вихідний показник, який характеризує обсяг виробництва, впливають дев'ять незалежних змінних (макроекономічних показників). Дана гіпотеза була апробована на прикладі прогнозування приросту промислового виробництва на матеріалах російського регіону [7].

На другому етапі розпочинаємо роботу у програмному середовищі Deductor 4.4:

- активізуємо середовища і починаємо роботу в режимі Сценаріїв.
- імпортуємо базу вхідних даних (вибірку соціально-економічних показників) із середовища MS Excel в Deductor Studio Lite, використовуючи Майстер імпорту, вказуючи при цьому вхідні та вихідні показники .
- здійснюємо попереднє перетворення вхідних даних методом часових (ковзаючи) вікон.

*Метою третього етапу* є структурний синтез та навчання нейронної мережі.

- Використовуючи Майстер обробки, задаємо значення стовпців та нормалізуємо їх.
- Розбиваємо вхідний набір даних на навчальну і тестову підмножини.

- Визначаємо структуру нейромережі та функцію активації (Рис.1).
- Навчання нейромережі проводимо методом зворотного розповсюдження помилки.

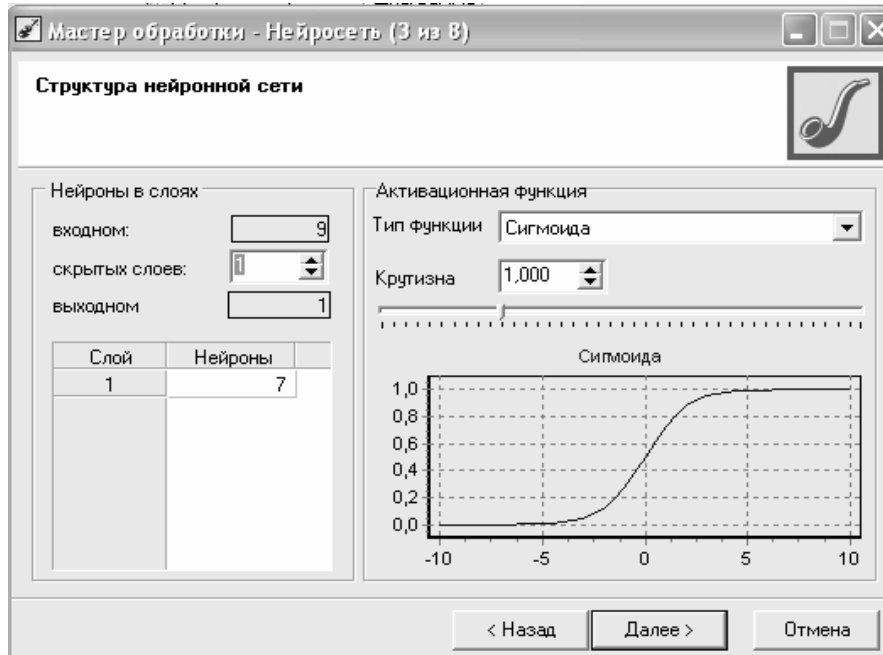


Рис.1 Визначення структури нейромережі

На четвертому етапі на основі отриманої нейромережі будемо однокроковий прогноз обсягів реалізованої продукції промисловості в регіоні України - на перший період. Для цього обираємо Майстер обробки - Прогнозування.

Далі налаштуємо зв'язки стовпців для прогнозування часового ряду, задаємо горизонт прогнозу, визначаємо способи відображення - діаграма прогнозування, діаграма, задаємо стовпці цих діаграм і в результаті отримуємо короткостроковий прогноз [6,с.25-26]. Для прогнозування обсягів реалізованої продукції промисловості у наступному періоді продовжуємо роботу по такому ж сценарію. Водночас отримана вихідна інформація прогнозу першого періоду стає вхідною і знову проходить аналітичну обробку.

#### Апробація моделі

З метою перевірки доцільності застосування економіко-математичної моделі нейромережевого прогнозування на практиці та складання якісного прогнозу місячних обсягів реалізованої промислової продукції України  $\{Y(t_m)\}$  на два місяці 2008 року із використанням нейронної мережі архітектурного типу тришаровий перцептрон ми побудували короткостроковий прогноз за вище описаною методикою. Як вхідні фактори використано дев'ять соціально-економічних показників  $\{x_i(t_m)\}$ : обсяг продукції сільського господарства, обсяг продукції будівництва, вантажооборот, пасажирооборот, експорт, імпорт, оборот роздрібної

торгівлі, доходи та витрати населення. Вибірка соціально-економічних показників наведена в Таблиці 1.

Будуємо нейромережу у середовищі Deductor 4.4. Дана мережа - тришаровий перцептрон, на вході якого є дев'ять нейронів, а на виході - один (Рис.2).

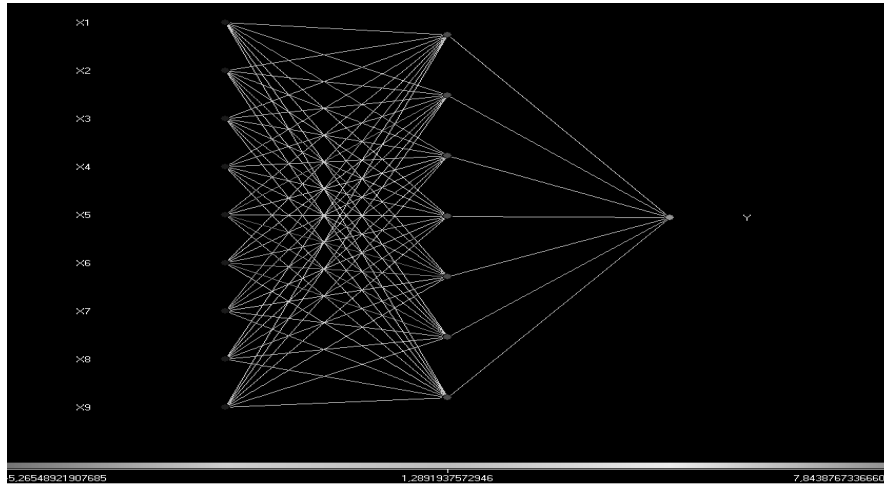


Рис.2. Граф нейромережі

Далі, після навчання нейромережі, прогнозуємо місячні обсяги реалізованої продукції промисловості спочатку на вересень, а потім - на жовтень 2008 року. Результати прогнозування відображаємо за допомогою діаграм прогнозу та експортованих в середовище MS Excel таблиць результатів (Рис. 3).

Порівняємо результати прогнозів із реальними статистичними даними.

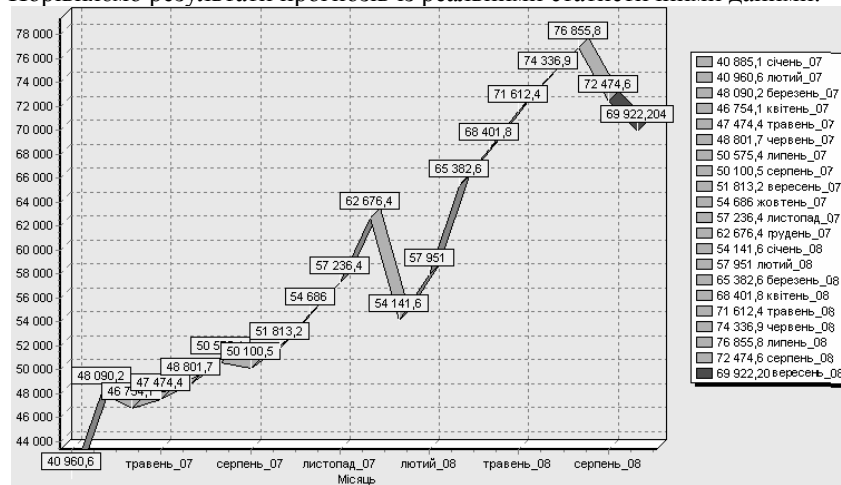


Рис.3 Діаграма прогнозу обсягів реалізованої промислової продукції на вересень 2008 року

Обсяг реалізації промислової продукції (за статистичними джерелами) у вересні 2008 року становив – 69 996,00 млн.грн., відповідно до результатів нейромережевого прогнозування – 69 922,20 млн.грн.. Результати здійсненого прогнозу показали, що відхилення прогнозованих значень від реальних у вересні 2008 року – 0,11%.

Наступним етапом є передбачення на жовтень 2008 року. Одержане прогнозоване значення обсягу реалізованої продукції становить 76 737,02 млн.грн., а реальне (згідно статистичних даних) – 58 804,40 млн.грн. (Рис.4).

Причиною не відповідності дійсності тенденцій, які виявила нейронна мережа, є економічна криза, яка з жовтня 2008 року почала яскраво проявлятися в Україні. Одним із головних наслідків якої стало скорочення обсягів промислового виробництва.

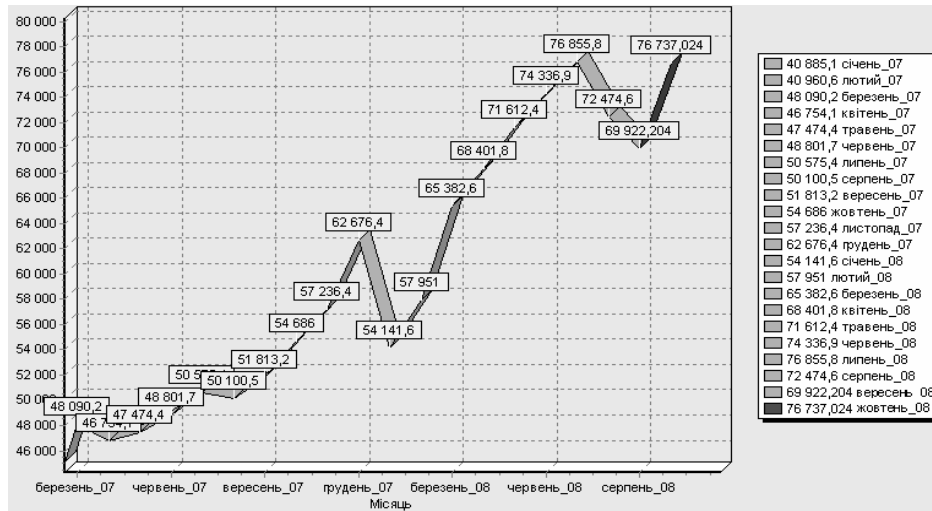


Рис.4. Діаграма прогнозу обсягів реалізованої промислової продукції на жовтень 2008 року

**Висновки** У даному дослідженні проаналізовані методологічні основи нейромережевого прогнозування для обґрунтування управлінських рішень в економіці. З метою апробації запропонованої методики, здійснено прогнозування обсягів реалізованої промислової продукції України на вересень-жовтень 2008 року із використанням нейронної мережі архітектурного типу тришаровий перцептрон. Графічне зображення мережі показало, що найбільший вплив на обсяги реалізованої промислової продукції України мають експорт, імпорт товарів та обсяг продукції будівництва, а вплив таких показників як витрати населення, оборот роздрібної торгівлі тощо незначний.

Одержаний прогноз обсягу реалізованої промислової продукції на вересень 2008 року підтверджує, що використання нейромережевої парадигми прогнозування покращує точність передбачень та дає можливість врахувати

більшу кількості нелінійних чинників. Натомість невідповідність прогнозних значень за жовтень 2008 року реальним статистичним даним, говорить про вплив світової економічної кризи, як зовнішнього, неформалізованого чинника, який трансформує тенденції розвитку економіки України.

Таблиця 1

## Вибірка соціально-економічних показників за 2007-2008 роки

№ п/п	Місяць, рік	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
		Обсяг реаліз. пром. пр., млн. грн.	Обсяг продукції с/г, млн. грн.	Обсяг прод. будівництва, млн. грн.	Вантажо-оборот, млрд. т.км	Пасажиро-оборот, млрд. пас.	Експорт товарів, млн. дол.	Імпорт товарів, млн. дол.	Оборот роздрібноі торгівлі, млн. грн.	Доходи населення, млн. грн.	Витрати населення, млн. грн.
1.	01.07	40 885,10	2 440,00	2 434,90	39,60	10,20	3 208,50	3 700,70	18 168,80	35 294,00	33 868,00
2.	02.07	40 960,60	2 410,00	2 427,00	37,70	9,80	3 409,70	4 297,50	18 470,40	39 605,00	37 033,00
3.	03.07	48 090,20	2 590,00	3 409,00	40,70	11,00	5 908,90	5 897,70	22 611,90	42 723,00	41 546,00
4.	04.07	46 754,10	4 360,00	3 482,70	41,20	11,50	2 266,70	3 876,00	23 111,20	45 260,00	41 990,00
5.	05.07	47 474,40	5 329,00	3 638,50	42,40	11,90	4 083,40	4 852,20	23 963,90	46 057,00	44 061,00
6.	06.07	48 801,70	5 371,00	4 388,80	38,70	13,60	8 069,50	6 663,20	24 479,50	51 310,00	46 096,00
7.	07.07	50 575,40	25 900,00	4 390,80	38,20	15,00	424,50	3 334,10	30 253,40	56 257,00	52 002,00
8.	08.07	50 100,50	18 100,00	4 422,80	39,20	13,20	4 167,50	4 872,90	28 658,90	56 928,00	51 841,00
9.	09.07	51 813,20	10 750,00	6 198,20	39,60	12,00	8 460,00	8 198,30	27 708,40	59 204,00	50 134,00
10.	10.07	54 686,00	9 760,00	5 422,30	43,70	11,70	1 983,50	2 526,30	32 890,20	58 521,00	53 744,00
11.	11.07	57 236,40	10 473,00	5 983,50	46,30	12,00	2 466,70	5 822,20	30 363,80	60 658,00	53 142,00
12.	12.07	62 676,40	12 367,00	7 326,10	49,10	12,50	8 989,20	4 878,30	38 044,90	74 051,00	62 561,00
13.	01.08	54 141,60	3 370,00	3 042,70	41,90	10,50	3 656,60	3 763,20	27 343,60	52 480,00	49 217,00
14.	02.08	57 951,00	3 730,00	3 426,70	42,20	10,20	4 692,50	5 703,30	28 834,70	57 795,00	53 802,00
15.	03.08	65 382,60	3 700,00	4 817,80	44,70	11,70	8 000,90	8 165,70	33 689,70	61 221,00	60 114,00
16.	04.08	68 401,80	6 170,00	4 835,40	39,80	11,60	3 011,40	9 109,60	35 407,30	65 619,00	62 037,00
17.	05.08	71 612,40	7 530,00	5 164,10	43,70	12,70	6 284,60	7 710,60	37 066,30	66 086,00	62 935,00
18.	06.08	74 336,90	6 920,00	6 058,50	41,90	14,80	12 577,90	10 973,40	37 337,70	72 631,00	67 519,00
19.	07.08	76 855,80	46 680,00	6 119,50	44,00	14,70	1 935,10	5 784,50	41 930,10	76 042,00	69 899,00
20.	08.08	72 474,60	30 240,00	6 074,10	40,20	13,50	6 718,20	8 156,00	43 053,60	76 650,00	68 316,00

[Джерело: 8; 9]

1. Матвійчик А.В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки. Монографія. - К.: Центр навчальної літератури, 2005.

2. Грабовецький Б.Є. Економічне прогнозування і планування: Навчальний посібник. - Київ: Центр навчальної літератури, 2003. - 189 с.
3. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування: Підручник / В.М. Геєць, Т.С. Клебанова, О.І. Черняк та ін. – Харків: ВД “ІНЖЕК”, 2005.
4. Ткаченко. Курс лекцій "Технології штучних нейронних мереж // Інтернет-ресурс - [www.developer.pp.net.ua/publ/](http://www.developer.pp.net.ua/publ/)
5. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. - Винница: УНИВЕРСУМ - Винница, 1999.
6. Заенцев И.В. Нейронные сети: основное модели. - Воронеж, 1999
7. Щетинин В.Г., Столярова О.В., Костюнин А.В. Синтез решающих правил на нейронных сетях для прогнозирования производства // Прилади і системи управління. - М., 1999.- №1. с. 72-77.
8. Державний комітет статистики України. Статистичний щорічник України за 2007 рік/за ред. О.Г. Осауленка.– Київ: Консультат, 2008
9. Статистичний бюлетень. //ДКСУ. Головне управління статистики у Львівській області.–2008.-№1-12.

## NEURAL BASED FORECASTING OF MACROECONOMIC INDEXES OF THE REGIONAL DEVELOPMENT

I. Parasyuk

*Ivan Franko National University of Lviv*

This article describes the method of neural based forecasting as one of the most exact methods of prognostication of macroeconomic indexes. On the basis of the real data for previous period it enables to estimate the state of the regional development, in particular Ukraine, taking into account the most ponderable factors, from the point of neural network, in a forecast period

Key words: economic prognostication, regional development, macroeconomic index, neural network, multi-layered perceptron, neural software, exactness of the forecast.

## НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

И. Парасюк

*Львовский национальный университет имени Ивана Франка*

*79008, м. Львов, просп. Свободы, 18*

*E-mail: [iryna\\_parasyuk@ukr.net](mailto:iryna_parasyuk@ukr.net)*

Анализируются методические основы применения прогнозирования для обоснования управленческих решений. Рассматривается метод прогнозирования на основе искусственной нейронной сети для достижения большей объективности и точности прогноза макроэкономических показателей развития региона. Предлагается экономико-математическая модель нейросетевого прогнозирования



макрэкономических показателей с использованием сети архитектурного типа трехслойный персептрон.

Ключевые слова: экономическое прогнозирование, макроэкономический показатель, нейронная сеть, многослойный персептрон, нейросетевое прогнозирование, нейросетевые программные средства, точность прогноза.