

УДК 004.8.032.26:338.27:338.43

**Ю.В. Кернасюк**, канд. екон. наук

*Кіровоградська державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України, м. Кропивницький, Україна*

## **Нейронні штучні мережі як ефективний інструмент адаптивного прогнозування в аграрному секторі економіки**

Стаття присвячена дослідженню можливостей методу штучних нейронних мереж і його практичного застосування при розробці моделі прогнозу розвитку аграрного сектору економіки. Обґрунтовано теоретичний і методичний підхід до побудови моделі прогнозування сільськогосподарського виробництва на основі штучних нейронних мереж. Виявлені за допомогою кореляційного аналізу фактори впливу на виробництво валової продукції сільського господарства. Розроблено модель прогнозу виробництва валової продукції сільського господарства Кіровоградській області на середньостроковий і довгостроковий період.

**штучні нейронні мережі, валова продукція сільського господарства, модель, прогноз**

**Ю.В. Кернасюк**, канд. екон. наук

*Кіровоградская государственная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии аграрных наук Украины, г. Кропивницкий, Украина*

## **Нейронные искусственные сети как эффективный инструмент адаптивного прогнозирования в аграрном секторе экономики**

Статья посвящена исследованию возможностей метода искусственных нейронных сетей и их практического применения при разработке модели прогноза развития аграрного сектора экономики. Обоснованы теоретический и методический подход к построению модели прогнозирования сельскохозяйственного производства на основе искусственных нейронных сетей. Выявлены с помощью корреляционного анализа факторы влияния на производство валовой продукции сельского хозяйства. Разработана модель прогноза производства валовой продукции сельского хозяйства Кировоградской области на среднесрочный и долгосрочный период.

**искусственные нейронные сети, валовая продукция сельского хозяйства, модель, прогноз**

**Постановка проблеми.** Останніми роками в Україні та за її межами в різних сферах діяльності значного поширення набувають інформаційні технології інтелектуального аналізу даних – Data Mining. Їх використання відкриває значні перспективи, зокрема, в галузі аграрної економіки, де в надскладній системі відносин і зв'язків взаємодіють як економічні, соціальні, екологічні, технологічні, так і природно-кліматичні, біологічні фактори детермінованого та стохастичного характеру впливу.

Для вітчизняного аграрного сектору актуальною проблемою залишається забезпечення прогнозованості його розвитку, конкурентоспроможності виробництва продукції і сталої динаміки економічного росту. Серед перспективних напрямків дослідження означеної проблеми окремо виділяють використання наукових підходів системного аналізу для оцінки тенденцій і закономірностей розвитку галузі та прогнозування її показників, які базуються на основі одного із поширених методів Data Mining, що отримав назву штучних нейронних мереж – Artificial neural networks.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні проблеми теоретико-методологічного обґрунтування і практичного застосування штучних нейронних мереж в різних сферах діяльності розглядаються в працях як зарубіжних, так і вітчизняних авторів. Зокрема, останніми роками ці питання широко висвітлюються в наукових роботах Т. Кохонена [4], де розглядається нейронна мережа з нескерованим навчанням, що виконує завдання кластеризації; С. Хайкіна [8] – із висвітленням основних парадигм нейронних мереж, а такої їх ролі при вирішенні задач розпізнання образів;

Р.П. Пасван (Raju Prasad Paswan) та Ш.А. Бегум (Shahin Ara Begum) [9] – при використанні статистичних методів і нейронних мереж для прогнозування виробництва продукції рослинництва; А.В. Барского [6] – із позиції застосування нейромережових технологій при побудові інформаційних і керуючих систем в науці, економіці, фінансах та методів навчання в статичному і динамічному режимах; Н.К. Васильєвої [2] – для прогнозування обсягів виробництва зернових та олійних культур, овочів, м'яса, молока і яєць за нейромережними та економетричними моделями; П.М. Грицюка [3] – у дослідженнях вивчення можливостей штучних нейронних мереж для довгострокового прогнозування врожайності зернових культур; А.В. Матвійчука [5], який вивчає можливості створення систем штучного інтелекту і застосування з цією метою математичного інструментарію, що ґрунтується на концепції біологічної правдоподібності, зокрема методів теорій нейронних мереж та нечіткої логіки для розв'язання низки інтелектуальних задач в економіці, зокрема аналізу, прогнозування, класифікації, кластеризації, рейтингування; М.І. Пугачова [6] – на прикладі прогнозування ВВП України та інших вчених.

Водночас, ще не достатньо уваги приділяється окремим методологічним і практичним аспектам застосування штучних нейронних мереж в аграрному секторі економіки, передусім, в частині теоретичного обґрунтування розробки адаптивних моделей розвитку і економічного зростання сільськогосподарського виробництва та прогнозування основних його параметрів. Як вважає Н.К. Васильєва [2], апарат нейронних мереж демонструє кращі результати, ніж економетричний підхід, при прогнозуванні сільськогосподарського виробництва. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема розробки адекватних моделей прогнозування розвитку аграрного сектору економіки, що враховували б наявні можливості оптимального використання його інноваційного потенціалу та очікуваний вплив екзогенних і ендегенних факторів, у тому числі за умов зміни клімату.

**Постановка завдання.** Метою досліджень є науково-методичне обґрунтування і розробка моделі прогнозування розвитку сільськогосподарського виробництва в Кіровоградській області на основі застосування штучних нейронних мереж.

**Виклад основного матеріалу.** Аграрне виробництво – це надскладна динамічна система соціально-економічних відносин на основі прямих і зворотних зв'язків, безпосередньо пов'язаних з макро- і мікроекономічними процесами в умовах ринкового середовища, а також багатьма чинниками ресурсного, біологічного, технологічного, інноваційного, демографічного, еколого-кліматичного детермінованого та стохастичного характеру впливу.

Узагальнення теоретичних аспектів досліджуваної проблеми на прикладі галузі сільськогосподарського виробництва доводить необхідність системного дослідження впливу як екзогенних, так і ендегенних факторів. Це потребує застосування принципово нових методичних підходів до аналізу і оцінки проблеми економічного зростання в сільському господарстві, що можливо забезпечити лише на основі побудови адаптивних моделей прогнозування розвитку галузі.

Враховуючи високу залежність сільського господарства від погодних, кліматичних та інших природних чинників впливу, а також економічної кон'юнктури ринку та рівня забезпеченості факторами виробництва певний науковий інтерес представляє застосування штучних нейронних мереж.

За даними М.І. Пугачова, О.М. Грибинюка, А.О. Мельник, 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 [6].

Штучні нейронні мережі є математичною моделлю з відповідною їх програмною реалізацією за допомогою розроблених спеціальних комп'ютерних алгоритмів, що функціонують за принципом аналогічних біологічних структур живого організму. У певному розумінні штучні нейронні мережі є розвинутою обчислювальною системою, яка складається з багатьох паралельно функціонуючих простих процесорів і зв'язків.

На думку Саймона Хайкіна, нейронні штучні мережі мають ряд переваг та забезпечують наступні корисні властивості систем, побудованих на них, а саме:

- нелінійність (nonlinearity);
- перетворення вхідної інформації у вихідну (inputoutput mapping);
- адаптивність (adaptivity);
- очевидність відповіді (evidential response);
- контекстна інформація (contextual information);
- відмовостійкість (fault tolerance);
- масштабованість (VLSI Implementability);
- однаковість аналізу і проектування (Uniformity of analysis and design);
- аналогія з нейробиологією (Neurobiological analogy) [8, с. 36-37].

Варто окремо зазначити, що штучні нейронні мережі за умов певних спрощень і допущень демонструють можливості, які властиві людському мозку. Це, передусім, навчання на основі досвіду, узагальнення, добування істотних даних з надлишкової і різноманітної інформації. Адаптивні можливості нейронних мереж полягають в тому, що останні здатні змінювати своє поведіння залежно від стану навколишнього середовища. Тобто, після відповідного аналізу отриманих вхідних сигналів відбувається процедура самонастроювання й навчання. Саме ці аспекти мають першочергове значення при розробці адаптивної моделі прогнозування розвитку сільськогосподарського виробництва на основі методу штучних нейронних мереж.

Модель прогнозування виробництва валової продукції сільського господарства розроблено на прикладі Кіровоградської області із використанням методу штучних нейронних мереж в середовищі аналітичної платформи програмного пакету Deductor Academic 5.3.0.88.

У аналітичній платформі Deductor в основі нейромережі знаходиться багатошаровий перцептрон із двома алгоритмами навчання – класичним BackProp і його модифікацією RProp. При розробці моделі було враховано вибір одного прихованого шару з двома нейронами. Використовувався як метод BackProp, так і його модифікація RProp із налаштуваннями за замовчуванням.

Вихідним параметром багатошарової штучної нейронної мережі є вартість виробництва валової продукції сільського господарства в постійних цінах 2010 р. Згідно із визначенням вона включає вартість продукції рослинництва і тваринництва, отриманої внаслідок вирощування культур сільськогосподарських і використання сільськогосподарських тварин, а також обсяг зміни незавершеного виробництва у рослинництві, обсяг вирощування молодих багаторічних насаджень за рік та обсяг вирощування сільськогосподарських тварин (приплід, приріст живої маси). Постійні ціни – середньозважені ціни року, прийнятого за основу для порівняння [7, с. 270].

У моделі прогнозування використано запропонований П.М. Грицюком підхід, що рекомендує сигмоїдну активаційну функцію виду (1) з вихідними значеннями у проміжку  $[-1, 1]$ :

$$y = \frac{e^{\lambda v} - 1}{e^{\lambda v} + 1}, \quad (1)$$

Коефіцієнт  $\lambda$  визначає крутизну сигмоїда. Згідно з теоремою Такенса, вибравши достатньо велике значення глибини занурення  $D$  можна гарантувати однозначну залежність майбутнього значення ряду від його  $D$  минулих значень:  $( ) t X_t D X f = - r$ , тобто передбачення часового ряду зводиться до завдання інтерполювання функції багатьох змінних. Нейромережу можна використовувати для відновлення цієї невідомої функції за даними часового ряду. Значення  $D$  визначає розмір часового вікна, яке ковзає вздовж часового ряду, задаючи вхідні набори [3].

Наукове обґрунтування моделі здійснено на основі опрацювання багаторічних даних статистичного масиву інформації розвитку аграрного сектору Кіровоградської області за 17 років (2000-2016 рр.), виявлення тісноти та достовірності зв'язку між відібраними змінними (табл. 1).

На першому етапі досліджено кореляційний зв'язок вартості виробленої валової продукції сільського господарства в усіх категоріях господарств з багатьма чинниками екзогенного і ендогенного характеру впливу.

Основними відібраними факторами моделі є:  $X_1$  – виробництво зернових культур, тис. тонн;  $X_2$  – виробництво цукрових буряків (фабричних), тис. тонн;  $X_3$  – виробництво соняшнику, тис. тонн;  $X_4$  – виробництво сої, тис. тонн;  $X_5$  – виробництво ріпаку, тис. тонн;  $X_6$  – виробництво картопля, тис. тонн;  $X_7$  – виробництво овочевих культур, тис. тонн;  $X_8$  – виробництво плодів і ягід;  $X_9$  – виробництво м'яса (у забійній вазі), тис. тонн;  $X_{10}$  – виробництво молока, тис. тонн;  $X_{11}$  – виробництво яєць, млн шт.;  $X_{12}$  – виробництво вовни, тис. тонн;  $X_{13}$  – внесення мінеральних добрив у перерахунку на 100% поживних речовин, тис. тонн;  $X_{14}$  – частка господарств населення у структурі виробництва валової продукції сільського господарства, %. Результативний показник – виробництво валової продукції сільського господарства в усіх категоріях господарств, млн грн.

Після зваженого аналізу коефіцієнтів парної і множинної кореляції виявлено, що не усі відібрані чинники мали вагомий і статистично підтверджений достовірний вплив на результативний показник. Саме цей факт свідчить на користь того, що традиційні підходи побудови моделей прогнозування на основі багатофакторних регресійних рівнянь не завжди дозволяють достовірно оцінити вплив того або іншого чинника. Адже високий і статистично достовірний вплив на динаміку зміни усієї валової продукції сільського господарства в області має лише обсяг виробництва зерна (коефіцієнт кореляції  $r = 0,95$ ), соняшнику ( $r = 0,87$ ), сої ( $r = 0,85$ ), картоплі ( $r = 0,62$ ), плодів і ягід ( $r = 0,53$ ), молока ( $r = -0,76$ ), яєць ( $r = 0,72$ ), вовни ( $r = 0,72$ ), внесення мінеральних добрив у перерахунку на 100% поживних речовин ( $r = 0,83$ ) і частка господарств населення у структурі виробництва валової продукції сільського господарства ( $r = -0,85$ ). Зв'язок між зазначеними факторами і результативним показником є суттєвим, не випадковим та істотними на рівні значущості  $P < 0,05$ . Водночас, відсутність підтвердження означеного зв'язку зі сторони фактору обсягу виробництва м'яса ( $r = -0,01$ ), свідчить про те, що у вказаний період його вплив за умов значного скорочення питомої ваги галузі тваринництва суттєво зменшився. Проте, вказаний фактор разом із іншими варто обов'язково включати в модель прогнозування, оскільки у структурі валової продукції сільського господарства питома вага усіх продуктів тваринництва загалом є досить суттєвою і складає майже 16 %.

При прогнозуванні сільськогосподарського виробництва із застосування штучних нейронних мереж важливе значення має їх навчання на основі набору прикладів: вхідний стан – вихідний стан за допомогою алгоритму зворотного поширення помилки.

Таблиця 1 – Основні показники розвитку аграрного сектору економіки Кіровоградської області у 2000-2016 рр.

| Роки | Виробництво аграрної продукції в усіх категоріях господарств, тис. тонн (яєць, млн шт.) |                    |        |       |          |                  |               |                         |        |       | Внесення мінеральних добрив у перерахунку на 100% поживних речовин, тис. тонн | Частка господарств населення у структурі валової продукції сільського господарства, % | Валова продукція сільського господарства, млн грн |       |         |
|------|---|--------------------|--------|-------|----------|------------------|---------------|-------------------------|--------|-------|---|---|---|-------|---------|
|      | зернові культури  | пшквові (фабричні) | соєвий | пшкво | картопля | овочеві культури | плоди і ягоди | м'ясо (у забійній вазі) | молоко | яєць  |   |   |   | вовна |         |
| 2000 | 1378,4  | 642,4              | 304,6  | 2,0   | 3,3      | 317,0            | 212,8         | 23,8                    | 52,7   | 385,0 | 179   | 0,06  | 3,7   | 52,6  | 5997,3  |
| 2005 | 2478,7  | 698,5              | 525,3  | 78,8  | 15,0     | 531,6            | 269,1         | 21,8                    | 45,3   | 394,9 | 283   | 0,03  | 23,1  | 48,9  | 8404,0  |
| 2010 | 2374,1  | 513,3              | 713,4  | 154,3 | 123,0    | 416,5            | 218,4         | 26,7                    | 45,8   | 343,1 | 499   | 0,02  | 50,7  | 43,1  | 8505,1  |
| 2011 | 3464,9  | 788,6              | 918,2  | 235,5 | 75,6     | 517,7            | 234,9         | 25,8                    | 45,3   | 331,5 | 522   | 0,02  | 65,5  | 36,5  | 10542,3 |
| 2012 | 2339,5  | 628,4              | 908,0  | 194,7 | 42,7     | 384,0            | 210,5         | 23,3                    | 48,7   | 309,2 | 537   | 0,02  | 70,9  | 39,8  | 8963,9  |
| 2013 | 3781,4  | 284,3              | 1229,1 | 189,7 | 126,0    | 440,0            | 200,1         | 30,6                    | 50,1   | 322,0 | 523   | 0,02  | 82,0  | 34,7  | 11462,0 |
| 2014 | 3469,1  | 526,4              | 1165,5 | 226,8 | 109,3    | 542,4            | 236,2         | 18,5                    | 53,2   | 324,3 | 501   | 0,02  | 79,4  | 37,2  | 11259,7 |
| 2015 | 3313,9  | 483,3              | 1170,1 | 290,3 | 49,3     | 525,5            | 234,8         | 28,5                    | 52,7   | 310,6 | 506   | 0,01  | 75,4  | 38,8  | 11000,4 |
| 2016 | 3725,8  | 657,5              | 1293,8 | 278,8 | 63,3     | 603,4            | 233,9         | 28,1                    | 52,1   | 307,7 | 456   | 0,01  | 91,2  | 38,2  | 12037,5 |

Джерело: розроблено автором самостійно за даними [7, с. 289-305].



Архітектура побудови моделі передбачає наявність декількох входів і виходу. Вхідними параметрами є динамічний ряд основних економічних показників галузі регіону за 2000-2016 рр., які характеризують розвиток сільського господарства – виробництво основних видів продукції рослинництва і тваринництва в натуральному вимірі, кількість внесення мінеральних добрив у перерахунку на 100% поживних речовин під усі посівні площі, частка господарств населення в структурі виробництва усієї валової продукції сільського господарства (рис. 1).

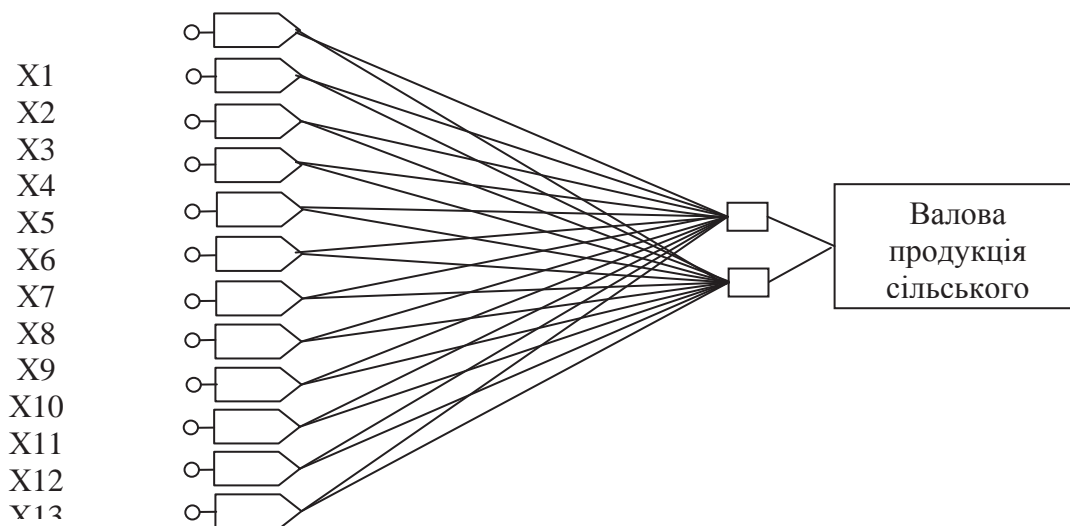


Рисунок 1 – Структура нейромережевої моделі прогнозу виробництва валової продукції сільського господарства Кіровоградської області

*Джерело: розроблено автором самостійно на основі методичних підходів [1; 2; 3; 6; 8].*

Навчання штучної нейронної мережі проводилось до настання 100000 епох. Кількість нейронів у вхідному й вихідному шарах, відповідно, склала 14 і 1, а у прихованому – 1. Залежність знайдена з використанням 100 % вибірки, за максимальної і середньої помилок при навчанні – 0,5 і тестуванні – 0,5.

Отже, отримані результати досліджень підтверджують можливість практичного використання штучних нейронних мереж, як одного із перспективних напрямків інтелектуальних інформаційних технологій, для побудови на основі системного аналізу динамічної моделі адаптивного прогнозування розвитку сільськогосподарського виробництва Кіровоградської області на середньо і довгострокову перспективу.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Розроблений методичний підхід адаптивного прогнозування обсягу виробництва валової продукції сільського господарства, що передбачає побудову моделі на основі врахування усіх видів в її структурі (продукція рослинництва і тваринництва), частки впливу господарств населення на її формування та фактору інтенсифікації – внесення мінеральних добрив.

Особливістю вказаного методичного підходу побудови моделі прогнозування є застосування методу штучних нейронних мереж, що має ряд переваг порівняно із багатофакторними рівняннями регресії. Зокрема, модель адаптивного прогнозування на основі штучних нейронних мереж дозволяє врахувати значну кількість факторів впливу та особливості тенденцій розвитку надскладних систем, до яких відноситься і сільське господарство, а також забезпечити меншу похибку прогнозу.

За допомогою проведеного кореляційного аналізу багаторічних статистичних даних розвитку аграрного сектору економіки Кіровоградської області за 2000-2016 рр., виявлено силу впливу і достовірність зв'язку між відібраними факторними змінними моделі – обсягом виробництва зерна, соняшнику, сої, картоплі, плодів і ягід, молока,

яєць, вовни, внесення мінеральних добрив у перерахунку на 100% поживних речовин і часткою господарств населення у структурі валової продукції сільського господарства та її результативним показником.

Застосування методу штучних нейронних мереж в економічному прогнозуванні дозволяє враховувати високу залежність сільського господарства від погодних, кліматичних і інших природних чинників впливу, а також ринкової кон'юнктури та рівня забезпеченості факторами виробництва.

Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка аналогічної моделі прогнозування виробничих і економічних показників на основі статистичних даних в розрізі основних природно-кліматичних зон та країни в цілому.

## Список літератури

1. Барский А. В. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений [Текст] / А. В. Барский. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
2. Васильева Н. К. Моделювання розвитку аграрних підприємств регіонального кластера сільського господарства [Текст] / Н.К. Васильева // Агросвіт. – 2012. – № 8 – С. 11–14.
3. Грицюк П.М. Прогнозування часових рядів методом нейронних мереж [Текст] / П.М. Грицюк – 2005. – Вип. 4 (32). – С. 240–247.
4. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты [Текст] / Т. Кохонен; пер. з англ. – М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2008. – 655 с.
5. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка [Текст] : монографія / А. В. Матвійчук. – К.: КНЕУ, 2011. – 439 с.
6. Пугачов М. І Прогноз динаміки внутрішнього валового продукту України за допомогою нейронних мереж [Текст] / М. І. Пугачов, О. М. Грибинюк, А. О. Мельник // Економіка АПК. – 2015. – № 4 – С. 82–87.
7. Статистичний щорічник Кіровоградської області за 2016 рік [Текст] / ред. Л.Б. Дівель ; відп. за вип. Ю.В. Новак. – Кропивницький : Поліграф-Сервіс, 2017. – 473 с.
8. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс [Текст] / С. Хайкин; 2е издание. пер. з англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
9. Paswan R. Pr. Regression and Neural Networks Models for Prediction of Crop Production [Електронний ресурс] / Raju Prasad Paswan, Shahin Ara Begum // International Journal of Scientific & Engineering Research.–September 2013. – Vol. 4, No. 9. – pp. 98–108. – Режим доступу до журналу: <https://www.ijser.org/researchpaper%5CRegression-and-Neural-Networks-Models-for-Prediction-of-Crop-Production.pdf>.

## References

1. Barskij, A.V. (2004). *Nejronnye seti: raspoznavanie, upravlenie, prinjatje reshenij* [Neural networks: recognition, management, decision making]. М. : Finansy i statistika [in Russian].
2. Vasylyjeva, N.K. (2012). Modeljuvannja rozvytku agrarnyh pidpryjemstv regional'nogo klastera sil'skogo gospodarstva [Modeling the development of agrarian enterprises of the regional cluster of agriculture]. *Agrosvit – Agrosvit*, 8, 11-14. [in Ukrainian].
3. Grycjuk, P.M. (2005). Prognozuvannja chasovyh rjadiv metodom nejronnyh merezh [Prediction of time series by the method of neural networks]. *Visnyk Nacional'nogo universytetu vodnogo gospodarstva ta pryrodokorystuvannja – Bulletin of the National university of water management and nature management*, 4 (32), 240-247 [in Ukrainian].
4. Kohonen, T. (2008). *Self-Organizing Maps*. (V.N. Ageeva, Trans). Moskow: BINOM, Laboratoriya znaniy.
5. Matvijchuk, A.V. (2011). *Shtuchnyj intelekt v ekonomici: nejronni merezhi, nechitka logika: monografija* [Artificial intelligence in the economy: neural networks, fuzzy logic]. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
6. Pugachov, M.I., Gribinjuk, O.M., & Mel'nik, A.O. (2015). Prognoz dinamiki vnutrishn'ogo valovogo produktu Ukraini za dopomogoju nejronnih merezh [Ukraine's GDP forecast due to the neural networks]. *Ekonomika APK*, 4, 82–87. [in Ukrainian].
7. Divel', L. (Eds.). (2017). *Statistical yearbook of the Kirovohrad region for 2016*. Kropyvnytskyi: Poligraf-Servis.
8. Haykin, S. (2006). *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*. (N.N. Kussul', A.Ju. Shelestova, Trans). Moskow: Izdatel'skij dom «Vil'jams».

9. Raju Prasad Paswan, Shahin Ara Begum (2013). Regression and Neural Networks Models for Prediction of Crop Production. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 4, 9, 98-108. Retrieved from <https://www.ijser.org/researchpaper%5CRegression-and-Neural-Networks-Models-for-Prediction-of-Crop-Production.pdf> [in English].

**Yuriy Kernasyuk**, PhD in Economics (Candidate of Economic Sciences)

*Kirovohrad state agricultural experimental station of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Neural Artificial Networks as an Effective Tool for Adaptive Forecasting in the Agrarian Sector of the Economy**

The purpose of the article is to provide scientific and methodological substantiation and development of a model for predicting the development of agricultural production in the Kirovohrad region on the basis of the application of artificial neural networks.

The peculiarity of forecasting at the regional level is the need to take into account a significant number of exogenous and endogenous factors of influence. For prediction along with traditional methods of econometric analysis of time series it is expedient to use artificial neural networks. Correlation dependence of factors of development of the agrarian sector of the economy influencing the dynamics of gross agricultural production is determined. The theoretical model of forecasting of gross agricultural production is developed. According to research results, using the method of artificial neural networks and the software product of the analytical platform of the Deductor Academic 5.3.0.88 package, a methodical approach has been developed to construct a forecasting model for gross agricultural production. The essence of the proposed approach is based on a combination of methods of adaptive forecasting and the instrument of artificial neural networks.

The methodical approach of adaptive forecasting of gross output of agricultural production is developed. The model of adaptive prediction based on artificial neural networks allows to take into account a significant number of factors of influence and tendencies in the development of ultra-complicated systems, which include agriculture, as well as to provide a lower error margin of forecast.

**artificial neural networks, gross agricultural production, model, forecast**

*Одержано (Received) 06.12.2017*

*Прорецензовано (Reviewed) 11.12.2017*

*Прийнято до друку (Approved) 15.12.2017*

**УДК 657.8:004**

**В.В. Муравський**, доц., канд. екон. наук

*Тернопільський національний економічний університет, м. Тернопіль, Україна*

### **Регістри, форми обліку та комп'ютерно-комунікаційні технології**

Сформульовані вимоги щодо визначення складу та систематизації реєстрів обліку, які не доцільно порівнювати з алгоритмами програмного забезпечення та обліковими базами даних. Досліджено основні комп'ютерні форми обліку. Зроблено висновок про те, що не існує такого поняття, як «автоматизована форма обліку», оскільки будь-яка система автоматизації облікових процесів забезпечує наявність реєстрів. Обґрунтовано появу комп'ютерно-комунікаційної форми обліку.

**облік, автоматизація, обліковий реєстр, комп'ютерно-орієнтована форма обліку, комп'ютерно-комунікаційна форма обліку**

**В.В. Муравский**, доц., канд. экон. наук

*Тернопольский национальный экономический университет, г. Тернополь, Украина*

### **Регистры, формы учета и компьютерно-коммуникационные технологии**

Сформулированы требования к определению состава и систематизации регистров учета, которые нецелесообразно сравнивать с алгоритмами программного обеспечения и учетными базами данных. Исследованы основные компьютерные формы учета. Сделан вывод о том, что не существует такого понятия, как «автоматизированная форма учета», поскольку любая система автоматизации учетных процессов обеспечивает наличие регистров. Обоснованно появление компьютерно-коммуникационной формы учета.

**учет, автоматизация, учетный реєстр, компьютерно-ориентированная форма учета, компьютерно-коммуникационная форма учета**

© В.В. Муравський, 2017