

# МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.4:[519.86]

**Мандріка А.Ю.**, аспірант  
відділу економіко-соціальних систем та інформаційних технологій  
*Міжнародний науково-навчальний центр  
інформаційних технологій та систем НАНУ та МОНУ*

## ВИКОРИСТАННЯ ОРІЄНТОВАНИХ МОДЕЛЕЙ МЕТОДУ ОБОЛОНКОВОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОРОЗПОДІЛЬЧИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

**Мандріка А.Ю.** Використання орієнтованих моделей методу оболонкового аналізу даних для оцінки ефективності функціонування енергорозподільчих підприємств України. У статті проведено оцінку ефективності функціонування ключових енергорозподільчих підприємств України на основі використання такого непараметричного методу, як оболонковий аналіз даних, зокрема його так званих орієнтованих моделей. Розкрито суть методу оболонкового аналізу даних. Наведено базові моделі, що націлені на оптимізацію вхідних ресурсів та вихідних результатів виробництва. Проведено розрахунки показників ефективності для низки підприємств України типу «Обленерго». Зроблено порівняльний аналіз показників ефективності за припущення про різний ефект масштабу виробництва на підприємствах.

**Ключові слова:** ефективність, оболонковий аналіз даних, модель, орієнтована на вхід, модель, орієнтована на вихід, енергорозподільчі підприємства України.

**Мандрика А.Ю.** Использование ориентированных моделей метода анализа среды функционирования для оценки эффективности деятельности энергораспределительных предприятий Украины. В статье проведена оценка эффективности функционирования ключевых энергораспределительных предприятий Украины на основе использования такого непараметрического метода, как анализ среды функционирования, в частности так называемых ориентированных моделей. Раскрыта суть метода анализа среды функционирования. Проведены расчеты показателей эффективности для ряда предприятий Украины типа «Облэнерго». Сделан сравнительный анализ показателей эффективности с учетом предположения о разном эффекте масштаба производства на предприятиях.

**Ключевые слова:** эффективность, анализ среды функционирования, модель, ориентированная на вход, модель, ориентированная на выход, энергораспределительные предприятия Украины.

**Mandrika A.Y.** Using oriented models of Data Envelopment Analysis to estimate the performance of power distribution enterprises of Ukraine. This paper evaluated the efficiency of key electricity distribution enterprises of Ukraine through the use of non-parametric method such as Data Envelopment Analysis, particularly – specified oriented models. Revealed the essence of the method of data envelopment analysis. Calculated the efficiencies for a number of regional electricity distribution enterprises of Ukraine. Performed a comparative analysis of efficiency indicators, taking into account different assumptions about return to scale at enterprises.

**Keywords:** efficiency, Data Envelopment Analysis, Input-Oriented model, Output-Oriented model, electricity distribution enterprises of Ukraine.

**Постановка проблеми.** Під час аналізу економічної ефективності будь-якої економічної системи за участю виробничих підприємств у вітчизняній літературі, як правило, використовуються показники рентабельності, значення котрих порівнюються між окремими підприємствами або їх групами. Також застосовуються деякі показники ефективності використання окремих ресурсів. Відповідно до цього традиційного підходу, для кожного набору ресур-

сів існує свій відповідний максимум виробництва, а фактичне значення отриманої або вихідної продукції може або співпадати із цим максимумом, або бути менше його. Проте на момент розвитку подібного підходу оцінки ефективності виробничого об'єкту ще не існувало методичного підходу, який дав би змогу достатньо точно знаходити цей максимум. Між тим такий методичний підхід до побудови дієвого інструментарію доволі активно розвивався в

західних країнах ще з початку 50-х років минулого століття [1]. Відповідний підхід являє собою оцінку так званої технічної ефективності, за якої фактичний показник виходу продукції виробництва зіставляється з максимально можливим за даної кількості вхідних ресурсів. Тобто вирішується задача максимізації вихідної продукції за сталого рівня вхідних ресурсів. Проте можливе і вирішення оберненої задачі, за якої, навпаки, мінімізуються вхідні ресурси за сталого рівня вихідної продукції. Отже, постає проблема розроблення та застосування відповідного інструментарію для знаходження такого співвідношення вхідних ресурсів та вихідної продукції, за якої б досліджуваній економічній суб'єкт функціонував би найефективніше в рамках складної економічної системи.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Перші вагомі дослідження на тему ефективності функціонування виробничого підприємства в рамках економічної системи були зроблені Фареллом [1, с. 253–290] ще в 1957 р. Він зробив спробу виміряти ефективність однієї одиниці кінцевої продукції на прикладі з одним вхідним фактором та одним вихідним параметром. Учений застосував цю модель для виміру ефективності сільського господарства США порівняно з іншими країнами. Проте йому так і не вдалося знайти спосіб об'єднання всіх вхідних та вихідних параметрів різної фізичної природи в один віртуальний вхід та вихід [1, с. 253–281]. Дана ідея була в подальшому розвинута Чарнсом, Купером та Родесом [2; 3], які переформулювали дану проблему в задачу математичного програмування. Такий підхід був названий «Оболонковий аналіз даних» (Data envelopment analysis – DEA). DEA був першочергово використаний для знаходження рівня ефективності організацій, що знаходяться поза ринковою конкуренцією. Тобто знаходяться в так званому громадському секторі, де немає можливості оцінки вхідних та вихідних параметрів на основі ринкових цін. Тому вперше DEA був застосований у сфері освіти, медицини та військової служби. На поточний же момент існує більш 2 тис. публікацій на дану тему [4, с. 101–110], де метод DEA застосовується для оцінки ефективності багатьох сфер народного господарства, у тому числі і діяльності електроенергетичного комплексу [5].

Також над розробленням цієї методології працювали такі закордонні вчені, як Фар, Гросскопф і Ловелл [6], Сейфорд і Тралл [7], Чарнс та Купер [8], Банкер [9] і Танасоулісс [10], Коеллі [11] та ін.

Загальносвітові тенденції функціонування та розподілу електроенергії за останні 15–20 років пов'язані з активним процесом реформування як усередині самої галузі, так і в системах її регулювання. Ці два аспекти досить тісно між собою пересікаються. По-перше, стратегічна значимість виробництва та розподілу електроенергії стає на особливе місце порівняно з іншими галузями еконо-

міки будь-якої країни. По-друге, особливості електроенергії як окремого товару призводять до необхідності використання дієвих інструментів оцінки процесу його створення та доставки кінцевим споживачам. Особливо, це є актуальним для поточних умов української економіки, яка є однією з найбільш енергоємних у світі: на виробництво одиниці ВВП витрачається у 3–5 разів більше енергії, ніж у країнах Європи [12]. Однією ж із найкритичніших сфер в електроенергетиці України є система енергопередачі, яка виступає зв'язною ланкою між виробниками електроенергії та кінцевими її споживачами. За даними звіту Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, фактична втрата електроенергії під час передачі сягає іноді 30% від первинного об'єму виробництва [12]. А це є серйозним показником неефективності функціонування всієї енергорозподільчої системи України.

Виходячи з цього, залишається досі невирішеною проблема визначення ефективності з урахуванням специфіки діяльності саме енергорозподільчих підприємств. У даному контексті постають дві першочергові проблеми: по-перше, проблема вибору методу оцінки ефективності таких підприємств у рамках економічної системи; по-друге, безпосередньо надання реальних рекомендацій щодо збільшення ефективності діяльності підприємств за рахунок зміни співвідношення їх вхідних ресурсів та вихідної продукції. Маючи подібні рекомендації, можна оптимізувати роботу як кожного окремого підприємства, так і всієї галузі.

**Постановка завдання.** Метою статті є застосування вищеописаного апарату для отримання об'єктивного показника технічної ефективності ключових енергорозподільчих підприємств України. Зокрема, використання так званих «орієнтованих моделей», за допомогою яких можна віднайти оптимальні значення співвідношення вхідних ресурсів та вихідних параметрів для кожного досліджуваного підприємства. А це, своєю чергою, дасть змогу сформулювати низку оптимальних стратегій подальшого розвитку виробничої діяльності та вибрати найкращу з них з погляду збільшення рівня ефективності функціонування.

**Виклад основних результатів.** Основною ідеєю DEA є оцінка виробничої функції, форма якої заздалегідь невідома. Отже, за допомогою методу оболонкового аналізу даних можна побудувати так звану границю ефективності, котра й є аналогом виробничої функції у разі, коли вихідні параметри виробництва є не скалярними, а векторними. А це свідчить про виробництво декількох видів кінцевої продукції. Це границя має форму певної випуклої оболонки [2, с. 423–424] у просторі вхідних та вихідних змінних, що описують кожен досліджуваний об'єкт із вибірки. Відповідно, виходячи з назви метода, ця границя ефективності огинає всі точки, що відповідають досліджуваним об'єктам у багато-

вимірному просторі. Сама ж границя ефективності використовується як деяка еталонна точка, де рівень ефективності кожного досліджуваного об'єкту буде знаходитися як відстань від нього до цієї границі в просторі входів та виходів.

Розглянемо суть методу на прикладі двох його базових моделей. Припустимо, що в досліджуваному просторі діяльності функціонує  $I$  підприємств. У кожного підприємства є  $N$  вхідних ресурсів та  $M$  виготовлюваних продуктів. А набори вхідних і вихідних параметрів для кожного  $i$ -того підприємства представляються векторами  $x_i$  та  $q_i$  відповідно. Набір таких векторів для досліджуваної вибірки можна записати у вигляді матриць  $X$  та  $Q$ . Отже, можна сформулювати модель у вигляді задачі лінійного програмування:

$$\min_{\theta, \lambda} \theta,$$

За таких умов:

$$\begin{aligned} -q_i + Q\lambda &\geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda &\geq 0, \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\theta$  – скаляр;

$\lambda$  – вектор констант розмірності  $I+1$ .

Значення  $\theta_i$  буде мірою ефективності  $i$ -того об'єкту. Причому ефективність повинна бути  $\leq 1$ . Якщо  $\theta = 1$ , це означає, що об'єкт знаходиться на границі ефективності, а отже, є оптимально ефективним (за Парето-Купмансом). Така задача знаходження ефективності зводиться до багаторазового вирішення задачі лінійного програмування для кожного з досліджуваних об'єктів.

Представлена модель побудована Чарнсом, Купером і Родосом та використовує підхід до знаходження ефективності, що називається «орієнтований на вхід» (Input-oriented). А оскільки така модель припускала постійний ефект масштабу на виробництві, була названа Constant Returns to Scale (CRS) [2, с. 425–426]. За даною моделлю довжина відрізка від досліджуваної точки до границі ефективності являє собою величину, на яку можуть бути пропорційно зменшені затрати на вхідні ресурси без зменшення об'єму випущеної продукції.

Також існує підхід, що «орієнтований на вихід» (Output-oriented). У разі вирішення такої задачі її головним результатом буде видача рекомендацій стосовно збільшення випуску продукції без збільшення кількості вхідних ресурсів, тобто збільшення значень вектору  $q_i$  без збільшення значень вектора  $x_i$ . Після досягнення рекомендованих значень  $q_i$  неефективні об'єкти можуть бути виведені на границю ефективності. Отже, маємо таку задачу Output-CRS:

$$\max_{\phi, \lambda} \phi,$$

За таких умов:

$$\begin{aligned} -\phi q_i + Q\lambda &\geq 0, \\ x_i - X\lambda &\geq 0, \end{aligned}$$

$$\lambda \geq 0. \quad (2)$$

Дана модель також заснована на передумові про сталість віддачі від масштабу. Іншими словами, у ній передбачається, що якщо можлива комбінація  $(x, y)$ , то допустимою є і комбінація  $(x_r, y_r)$ . Одна з моделей, де передбачається мінлива віддача від масштабу, була створена Бенкером, Чарнзом і Купером (1984 р.). Тут і далі вона називається Variable returns to scale (VRS) [9, с. 1085–1086].

VRS-модель відрізняється від CRS-моделі тільки наявністю додаткового обмеження  $e\lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ . Спільно з умовою  $\lambda \geq 0$  воно задає умови опуклості множини, що складається з комбінацій підприємств, що входять у вибірку.

Звідси безпосередньо випливає, що одному підприємству в моделі VRS не можуть протистояти кратні або частки інших підприємств, а тільки зважені суми підприємств, поки сума оціночних факторів становить 1.

Для отримання оцінки ефективності  $i$ -того підприємства потрібно вирішити задачу, що орієнтована на вхід, Input-VRS :

$$\min_{\theta, \lambda} \theta,$$

За таких умов:

$$\begin{aligned} -q_i + Q\lambda &\geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda &\geq 0, \\ e\lambda &= 1 \\ \lambda &\geq 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Аналогічно дана модель може бути перебудована до вигляду, орієнтованого на вихід.

Output-VRS:

$$\max_{\phi, \lambda} \phi,$$

За таких умов:

$$\begin{aligned} -\phi q_i + Q\lambda &\geq 0, \\ x_i - X\lambda &\geq 0, \\ e\lambda &= 1 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Задача VRS також вирішується за допомогою двокрокової процедури, аналогічній CRS. На першому кроці мінімізується  $\theta$ , а на другому кроці максимізується сума надлишкових витрат і недостатніх випусків за фіксованого значення  $\theta$ . Решта висновків для моделі VRS також аналогічні висновкам CRS-моделі.

Такі моделі дають змогу визначити технічну неефективність окремого підприємства, яка полягає в пропорційному зниженні значень вхідних параметрів за сталим рівнем вихідних.

Проте також можливо виміряти технічну ефективність та неефективність як пропорційне збільшення обсягу виробництва продукції з фіксованим рівнем вхідних ресурсів. Зміна орієнтації дослідження в CRS-моделі аналогічно вирішується для

обох випадків, але в VRS-моделі є суттєві відмінності під час дослідження ефективності за різною орієнтацією.

Під час дослідження ефективності вибір орієнтації повинен залежати від цілей, поставлених перед початком аналізу. Таким чином, під час побудови та вирішення моделі, що орієнтована на вихід, головним результатом буде видача рекомендацій щодо збільшення випуску продукції без збільшення затрат на ресурси.

**Дані для дослідження.** Як початкові дані було взято стандартну фінансову звітність основних операторів розподільчих електричних мереж по всіх областях України та місті Києві за винятком тимчасово окупованих Донецької та Луганської областей, а також, Автономної Республіки Крим та міста Севастополя. Дані отримані у вигляді річних звітів по фінансових результатах та бухгалтерських балансах публічних акціонерних товариств типу «Обленерго» за останні три роки (2014–2016 рр.) [13].

Після аналізу виробничої діяльності та специфіки функціонування кожного з досліджуваних підприємств було відібрано дев'ять параметрів, які в комплексі характеризують технологію виробництва на підприємствах – операторах розподільчих електричних мереж України. Змінними входами у виробничому процесі виступають сім параметрів:

- $x_1$  – середньорічна чисельність персоналу, ос./рік;
- $x_2$  – вартість закупленої електроенергії, тис. грн.;
- $x_3$  – матеріальні витрати на виробництво продукції, тис. грн.;
- $x_4$  – відрахування на оплату праці, тис. грн.;
- $x_5$  – відрахування на соціальні заходи, тис. грн.;
- $x_6$  – амортизація, тис. грн.;
- $x_7$  – інші операційні витрати, тис. грн.

Величина кожного з обраних вхідних параметрів напряму впливає на виробничий процес та його результати.

Вихідними параметрами було обрано два:

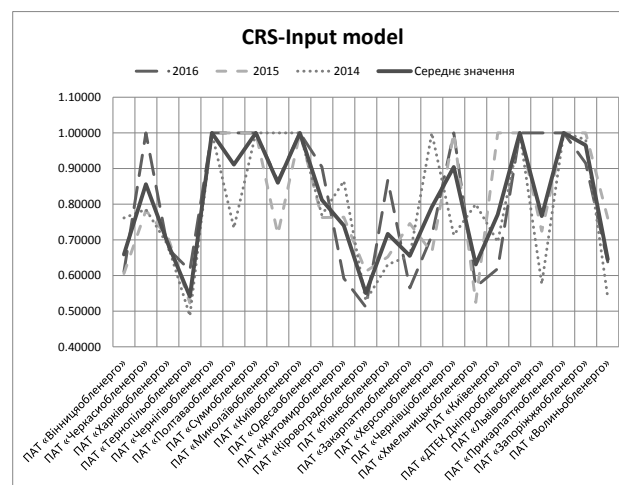
- $y_1$  – обсяг розподіленої електроенергії, тис. грн.;
- $y_2$  – чистий прибуток від реалізації, тис. грн.

Доцільність вибору таких вихідних параметрів полягає в тому, що їх значення є тотожне результатам виробничого циклу на енергорозподільчих підприємствах.

Вищенаведений набір вхідних та вихідних параметрів можна використовувати без модифікування у вищенаведених DEA-моделях. Це пояснюється тим, що під час використання такого набору параметрів можна через виробничий процес отримати із вхідних параметрів значення вихідних. У даному формулюванні задачі не враховується зв'язок між досліджуваними періодами. Кожен період виступає окремим та незалежним полем діяльності.

**Результати проведеного дослідження.** CRS-Input. На першому кроці для кожного підприємства

записується задача (1.1), що пристосована до даних дослідження. У результаті програмного вирішення задачі отримуємо значення параметрів  $\theta$  за наведеною CRS-Input-моделлю для кожного підприємства за 2014–2016 рр.:



**Рис. 1. Графік значень ефективності по всіх підприємствах із вибірки за CRS-Input-моделлю**

Результати показують середню загальну ефективність по всіх досліджуваних підприємствах на рівні 80%. А це, своєю чергою, означає, що ефективність усієї галузі може бути поліпшена на 20% без значної модифікації виробничих процесів на підприємствах.

Як видно з рис. 1, з наведеної вибірки підприємств чотири є ефективними за Парето-Купмансом у кожному із досліджуваних періодів: «Чернігівобленерго», «Сумиобленерго», «Київобленерго» та «Дніпрообленерго». Ці підприємства знаходяться на границі ефективності та виступають еталонами для інших неефективних підприємств. Відповідно, поліпшення діяльності кожного неефективного підприємства можливе за наведеними моделями тільки щодо підприємств, які знаходяться на границі ефективності. Діяльність же підприємств зі значенням ефективності, що дорівнює 1, за наведеними моделями поліпшена бути не може.

Також із наведених розрахунків можна виділити групу явних аутсайдерів галузі, значення ефективності в яких не перевищує 65%. До таких підприємств належать: «Тернопільобленерго», «Кіровоградобленерго», «Хмельницькийобленерго», «Вінницяобленерго», «Закарпаттяобленерго» та «Волиньобленерго».

**CRS-Output.** Для кожного підприємства записується задача (1.2), що пристосована до даних дослідження. Результат вирішення для цієї моделі буде аналогічним моделі, що розрахована на вхідні ресурси, оскільки значення технічної ефективності розраховується як  $\frac{1}{\phi}$ , що еквівалентне значенню параметру  $\theta$ . Проте оскільки параметр  $\phi$  має дещо іншу природу, ніж параметр  $\theta$ , то значення допоміж-



ного параметру  $\lambda$  під час формування буде відрізнятися від моделі, що націлена на оптимізацію вхідних ресурсів. Таким чином, порівняльна множина для кожного підприємства буде відрізнятися від аналогічної моделі, орієнтованою на вхід. Наприклад, до технологічної множини підприємства «Тернопільобленерго» за моделлю, орієнтованою на вхід, належали такі еталонні підприємства, як «Сумиобленерго» ( $\lambda = 0,007$ ), «Київобленерго» ( $\lambda = 0,001$ ). А за моделлю, що орієнтована на вихід, до технологічної множини стало належати лише одне підприємство – «Київобленерго» ( $\lambda = 0,0165$ ). Відповідно, змінився і показник допоміжного параметру.

**VRS-Input.** Наступним етапом дослідження є розрахунок значень оцінки ефективності за всіма вищенаведеними підприємствами, що отримані за припущення про змінний ефект масштабу на виробництві.

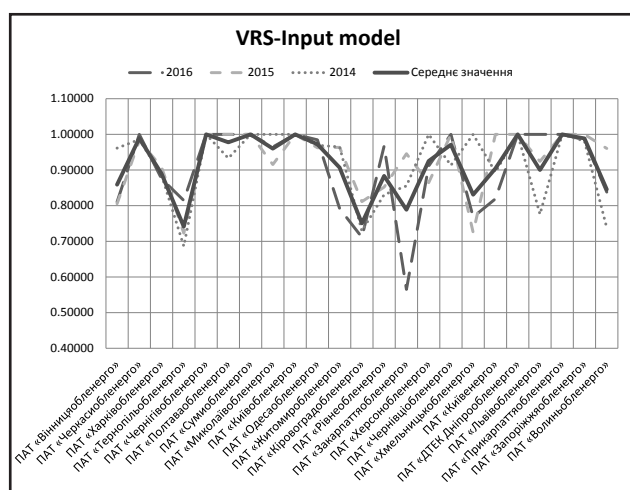


Рис. 2. Графік значень ефективності по всіх підприємствах із вибірки за VRS-Input-моделлю

У результаті вирішення даної задачі лінійного програмування були отримані значення оптимізаційних параметрів  $\theta$ , а також значення параметрів  $\lambda$ , що дає змогу побудувати порівняльну множину. У даному разі майже всі параметри  $\theta$  для неефективних підприємств із вибірки є близькими до 1. Проте така поведінка моделі не означає, що всі підприємства є технічно ефективними. Така ситуація є ознакою того, що всі підприємства з вибірки можуть піддаватися змінному ефекту масштабу.

Проте з наведеного рисунку видно, що всі ефективні підприємства за моделлю з припущенням про сталий ефект масштабу виробництва є також ефективними і в моделі зі змінним ефектом масш-

табу. Це свідчить про те, що ці підприємства дійсно мають сталий ефект масштабу виробництва. Також, що характерно, на границі ефективності за змінного ефекту масштабу опинилося більше підприємств, ніж на границі ефективності за сталого ефекту масштабу: «Полтаваобленерго», «Запоріжжяобленерго», «Миколаївобленерго» та «Чернівціобленерго». Це пояснюється більш опуклою формою границі ефективності під час використання VRS-моделі. Відповідно, середня загальна ефективність також стала вищою і відповідає рівню 86%. Що стосується інших неефективних підприємств, то значення їх ефективності також стали більшими, що є фактором роботи за зростаючого ефекту масштабу виробництва на цих підприємствах.

Відповідно до цього, можна зробити висновок, що всі неефективні підприємства, чий значення ефективності стали більшими під час розрахунку моделі зі змінним ефектом масштабу, працюють саме в умовах зростаючого ефекту масштабу. А ті підприємства, що залишилися на границі ефективності – за сталого ефекту масштабу. Таким чином, для останніх розрахунок рівня технічної ефективності буде більш точним у разі використання CRS-моделей.

**Висновки.** Представлені у статті результати щодо розроблення та впровадження інструментарію оцінки ефективності виробничих підприємств доводять, що кількісна оцінка ефективності підприємств може бути успішно реалізована на основі методології DEA. Також було показано на практиці, що навіть базові моделі DEA можуть бути використані під час дослідження технічної ефективності навіть такої складної економічної системи, як комплекс енерго-розподільчих підприємств України.

Завдяки використанню так званих базових орієнтованих моделей було розраховано рейтингові показники ефективності для кожного з досліджуваних підприємств, а також знайдено множину еталонних підприємств, що використовувалася під час знаходження цих показників ефективності.

Порівняльний аналіз отриманих результатів за моделями з припущенням про сталий та змінний ефекти масштабу дав змогу визначити, за якими саме ефектами масштабу працюють досліджувані підприємства. А ця інформація, своєю чергою, може бути використана під час вибору відповідної моделі для оцінки ефективності, а також для надання реальних рекомендацій щодо вдосконалення виробничих процесів підприємств із метою збільшення сукупного рівня ефективності.

### Список літератури:

1. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency / Farrell // Journal of the Royal Statistical Society. – 1957. – С. 315.
2. Charnes A. Measuring the efficiency of decision making units / A. Charnes, W. Cooper, L. Rhodes // European journal of operational research. – 1978. – № 2. – С. 429–444.
3. Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions / A. Charnes, W. W. Cooper, B. Golany [та ін.]. // Journal of Econometrics. – 1985. – № 30. – С. 91–107.

4. Seiford L.M. Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995) / Seiford // Journal of Productivity Analysis. – 1996. – № 1. – С. 99–138.
5. Zhang Y. The Effect of Sample Size on the Mean Efficiency in DEA: With an Application to Electricity Distribution in Australia, Sweden and New Zealand / Y. Zhang, R. Bartels // Journal of Productivity Analysis. – 1998. – № 9. – С. 187–204.
6. Fare R. The Measurement of Efficiency of Production / R. Fare, S. Grosskopf, C.A.K. Lovell – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1985.
7. Seiford L.M. Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis / L.M. Seiford, R.M. Thrall // Journal of Econometrics. – 1990. – № 46. – С. 7–38.
8. Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions / A. Charnes, W.W. Cooper, B. Golany [та ін.]. // Journal of Econometrics. – 1985. – №30. – С. 91–107.
9. Banker R.D. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis / R.D. Banker, A. Charnes // Management Science. – 1984. – № 30. – С. 1078–1092.
10. Thanassoulis E. Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A Foundation Text with Integrated Software / Thanassoulis. // Kluwer Academic Publishers, Boston. – 2001.
11. Coelli T.J. A Comparison of Parametric and Non-parametric Distance Functions: With Application to European Railways / T.J. Coelli, S. Perelman // European Journal of Operational Research. – 1999. – № 117. – С. 326–339.
12. Державний комітет статистики [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
13. Агентство з розвитку інфраструктури фондового ринку України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://smida.gov.ua>.

УДК 330.46:519.86

**Соловійов А.І.**, доцент,  
декан факультету економіки і менеджменту  
*Херсонський державний університет*

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА НЕЙРОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Соловійов А.І. Особливості застосування геоінформаційних систем та нейротехнологій для просторово-часового моделювання та прогнозування показників діяльності аграрних підприємств.** У статті розглянуто можливості та особливості застосування геоінформаційних систем та нейротехнологій для моделювання і прогнозування діяльності аграрних підприємств. Нейромережеві моделі розглядаються як універсальний апроксиматор нелінійних функцій для часового прогнозування показників діяльності аграрного виробництва. Розроблена методика та запропонований алгоритм мають високий ступінь теоретичного і практичного значення для підвищення рівня інтерпретації просторово-розподільної та часової інформації про агровиробничу діяльність підприємств, що забезпечить підвищення рівня інформативності в прийнятті управлінських рішень.

**Ключові слова:** геоінформаційні системи та технології, нейротехнології, моделювання показників, просторово-часові моделі.

**Соловьёв А.И. Особенности применения геоинформационных систем и нейротехнологий для пространственно-временного моделирования и прогнозирования показателей деятельности аграрных предприятий.** В статье рассмотрены возможности и особенности применения геоинформационных систем и нейротехнологий для моделирования и прогнозирования деятельности аграрных предприятий. Нейросетевые модели рассматриваются как универсальный апроксиматор нелинейных функций для временного прогнозирования показателей деятельности сельскохозяйственного производства. Разработанная методика и предложенный алгоритм имеют высокую степень теоретического и практического значения для повышения уровня интерпретации пространственно-распределительной и временной информации о производственной деятельности предприятий, что обеспечит повышение уровня информативности в принятии управленческих решений.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы и технологии, нейротехнологии, моделирование показателей, пространственно-временные модели.

**Solovyov A.I. Features of the application of GIS and neurotechnologies for space-time modeling and forecasting performance of agricultural enterprises.** The article discusses the possibilities and features of GIS and neurotechnologies for modeling and forecasting of agrarian enterprises. Neural network models are