

Микола О. Медиковський (Національний університет  
«Львівська політехніка», Україна)

Іван Г. Цмоць (Національний університет  
«Львівська політехніка», Україна)

Юрій В. Цимбал (Національний університет  
«Львівська політехніка», Україна)

## ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЕКОНОМІКИ РЕГІОНУ\*

*У статті проаналізовано особливості створення автоматизованих систем управління енергоефективністю економіки регіону. Розглянуто можливості використання засобів інтелектуального аналізу даних у таких системах, доведено доцільність застосування при їх розробці автоасоціативних нейронних мереж на основі моделі геометричних перетворень.*

*Ключові слова:* енергоефективність; інтелектуалізація систем управління; сингулярний спектральний аналіз; нейронні мережі; модель геометричних перетворень.

*Рис. 2. Літ. 10.*

Николай А. Медиковский (Национальный университет  
«Львовская политехника», Украина)

Иван Г. Цмоць (Национальный университет  
«Львовская политехника», Украина)

Юрий В. Цымбал (Национальный университет  
«Львовская политехника», Украина)

## СРЕДСТВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

*В статье проанализированы особенности создания автоматизированных систем управления энергоэффективностью экономики региона. Рассмотрены возможности использования средств интеллектуального анализа данных в таких системах, доказана целесообразность применения при их разработке автоассоциативных нейронных сетей на основе модели геометрических преобразований.*

*Ключевые слова:* энергоэффективность; интеллектуализация систем управления; сингулярный спектральный анализ; нейронные сети; модель геометрических преобразований.

Mykova O. Medykovskyi (National University  
"Lviv Polytechnics", Ukraine)

Ivan G. Tsmots (National University  
"Lviv Polytechnics", Ukraine)

Yuriy V. Tsymbal (National University  
"Lviv Polytechnics", Ukraine)

## INTELLIGENT DATA PROCESSING TOOLS IN THE SYSTEMS OF ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT FOR REGIONAL ECONOMY

*The article analyzes the features of automated systems establishment for management of a region's energy efficiency. Opportunities for data mining tools application in such system are con-*

---

\* статтю підготовлено на основі доповіді на XII-му міжнародному науковому семінарі «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та екології» (1–5 липня 2013 р., оз. Світязь – Київ).

*sidered; the expediency of applying autoassociative neural networks on the basis of the geometrical transformations model in such systems is grounded.*

*Keywords: energy efficiency; intellectualization of management systems; singular spectral analysis; neural networks; geometrical transformations model.*

**Постановка проблеми.** Підвищення енергоефективності економіки України виділено як одне з пріоритетних державних завдань. Вирішення цього завдання є комплексною проблемою, яке передбачає розроблення та реалізацію низки управлінських заходів на загальнодержавному, регіональному (обласному) рівнях, а також на рівні окремих підприємств.

Зокрема, підвищення енергоефективності економіки регіону досягається зменшенням енергоємності виробництва одиниці продукції, робіт і послуг унаслідок впровадження сучасних енергоефективних технологій, оптимізацією структури споживання паливно-енергетичних ресурсів з підвищенням частки альтернативних та відновлювальних джерел енергії. Важливим завданням є вдосконалення системи регіонального управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів. До першочергових завдань слід віднести реалізацію заходів щодо енергозбереження, проведення енергоаудиту та впровадження енергетичного менеджменту на різних рівнях управління, підвищення кваліфікації кадрів у галузі енергоефективності.

Важливим етапом є розроблення автоматизованої системи управління енергоефективністю економіки регіону з доцільним і обґрунтованим використанням засобів інтелектуальної обробки даних.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основні завдання, пов'язані з управлінням енергоефективністю економіки регіону, визначені у Комплексній державній програмі енергозбереження України [2] та Державній цільовій економічній програмі енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2015 рр. [1]. Особливості розробки регіональних програм енергозбереження регулюються відповідною методикою [3]. Проте ці документи не висвітлюють проблеми створення автоматизованої системи управління енергоефективністю економіки регіону. Низку публікацій [5; 7] присвячено виявленню й аналізу показників енергоефективності на рівні промислового підприємства. Малодослідженими є питання інтеграції систем управління енергоефективністю різних рівнів – обласного та окремих підприємств.

**Невирішені частини проблеми.** Невирішеними є завдання розроблення інтелектуальних засобів автоматизованих систем управління енергоефективністю економіки регіону на основі сучасних нейромережних інформаційних технологій.

**Метою дослідження** є вибір і розроблення інтелектуальних засобів для синтезу автоматизованої системи управління енергоефективністю економіки регіону.

**Основні результати дослідження.** Створення ефективної автоматизованої системи управління на регіональному рівні буде ускладненим без інтеграції з існуючими та перспективними системами рівня окремих підприємств. Пропонується розглядати автоматизоване управління енергоефективністю еконо-

міки регіону як поєднання окремих автоматизованих систем управління (АСУ) енергоефективністю промислових підприємств з інформаційно-аналітичною системою (ІАС) обласного рівня. Такі ІАС можуть бути створені та підтримуватись під контролем відповідних управлінь обласних державних адміністрацій. АСУ енергоефективністю промислових підприємств доцільно розробляти на основі інтегрованого підходу з виділенням чотирьох управлінських рівнів: управління фінансовою, господарською та адміністративною діяльністю (ФГАД) підприємства; управління виробництвом, управління технологічними процесами, управління давачами та виконавчими механізмами. Схему узагальненої структури управління енергоефективністю економіки регіону наведено на рис. 1.



Рис. 1. Узагальнена структура управління енергоефективністю економіки регіону, авторська розробка

Також при розробці інтегрованої автоматизованої системи управління (ІАСУ) енергоефективністю промислового підприємства можна використати схожий багаторівневий підхід на основі стандарту ІЕС 62264-1 [10].

Основні завдання та функції ІАС:

1. Підсистема збору і попереднього опрацювання даних:

- збір неопрацьованих даних і попередня оцінка;
- передача даних від одного джерела до іншого;
- захист від несанкціонованого доступу при передачі даних;
- перетворення даних з однієї форми на іншу.

### *2. Підсистема збереження даних:*

- інтеграція даних за допомогою баз даних, систем управління базами даних, сховищ і просторів даних;
- доступ до даних, зокрема, засобами Web-технологій з метою пошуку даних, візуалізації багатовимірних даних, представлення даних і результатів обробки у вигляді графіків та діаграм;
- захист даних від несанкціонованого доступу при зберіганні;
- електронне документування.

### *3. Підсистема аналітичної обробки даних:*

- оперативна та інтелектуальна обробка й моделювання даних;
- дослідження даних стосовно зменшення обсягу технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів;
- аналітичне оцінювання та прогнозування енергоефективності економіки області;
- формування звітів організацій і установ з енергоефективності, а також створення шаблонів таких звітів.

*4. Підсистема підтримки прийняття рішень:* автоматизація підготовки, контролю та виконання управлінських рішень щодо оптимізації структури споживання паливно-енергетичних ресурсів, удосконалення системи регіонального управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів.

При розробці підсистеми аналітичної обробки даних доцільно використовувати сучасні технології інтелектуального аналізу даних (ІАД, Data Mining) [5]. Інтелектуальний аналіз даних полягає у побудові моделей і правил, які характеризують стан або прогнозують розвиток певних процесів унаслідок знаходження певних прихованих функціональних і логічних закономірностей у накопичених даних. При цьому стає можливим вирішення складних аналітичних задач з *наявними* але *неявними* взаємозв'язками між даними.

Варто зауважити, що розробка й застосування засобів інтелектуального аналізу даних може здійснюватись і на окремих управлінських рівнях ІАСУ промислового підприємства.

Одним із сучасних ефективних і гнучких інструментів ІАД є штучні нейронні мережі [8]. В дослідженнях використовувались нейромережі на основі моделі геометричних перетворень (МГП) [4; 9]. Такі нейромережі характеризуються високою швидкістю навчання та функціонування з достатньою точністю внаслідок застосування неітеративних алгоритмів; універсальністю архітектури і можливість вирішення різнотипних задач, зокрема побудови моделі процесу, прогнозування, класифікації, візуалізації, гнучким налаштуванням за допомогою параметрів налагодження.

***Розробка інтелектуальних засобів на базі нейронних мереж МГП.*** Розглянемо деякі задачі, де дослідження, проведені авторами, довели доцільність розробки нейромережних інтелектуальних засобів опрацювання даних.

***Підвищення точності вимірювань датчиками (4-й рівень ІАСУ).*** Перешкоди, зумовлені як конструкцією певного датчика, так і впливом зовнішнього середовища, призводять до появи шумів, які зменшують точність вимірювання. Для збільшення точності вимірювання й оцінювання параметрів динамічних об'єктів в умовах таких перешкод і неповної інформації пропонується

виявити та видалити шуми у вхідному сигналі за допомогою нейромережного сингулярного спектрального аналізу (ССА).

Базою ССА є поєднання статистичних методів часових вікон і головних компонентів. Розмір часового вікна є змінним параметром, так само як і кількість головних компонентів, на які буде розкладатися послідовність відліків сигналу від датчика. Ця кількість є меншою за розмір вікна і відповідає кількості нейронів прихованого шару нейронної мережі МГП автоасоціативного типу з латеральними (внутрішніми) зв'язками між нейронами прихованого шару (рис. 2). Сукупність вікон часового ряду, поданих з зсувом на один відлік, формує множину вхідних даних нейромережі. В результаті використання даних з навчальної множини на виходах нейронів прихованого шару отримуємо значення головних компонентів вхідного сигналу, а на виході мережі – значення вхідного сигналу з видаленням шумів, що відповідають відкинутим головним компонентам.

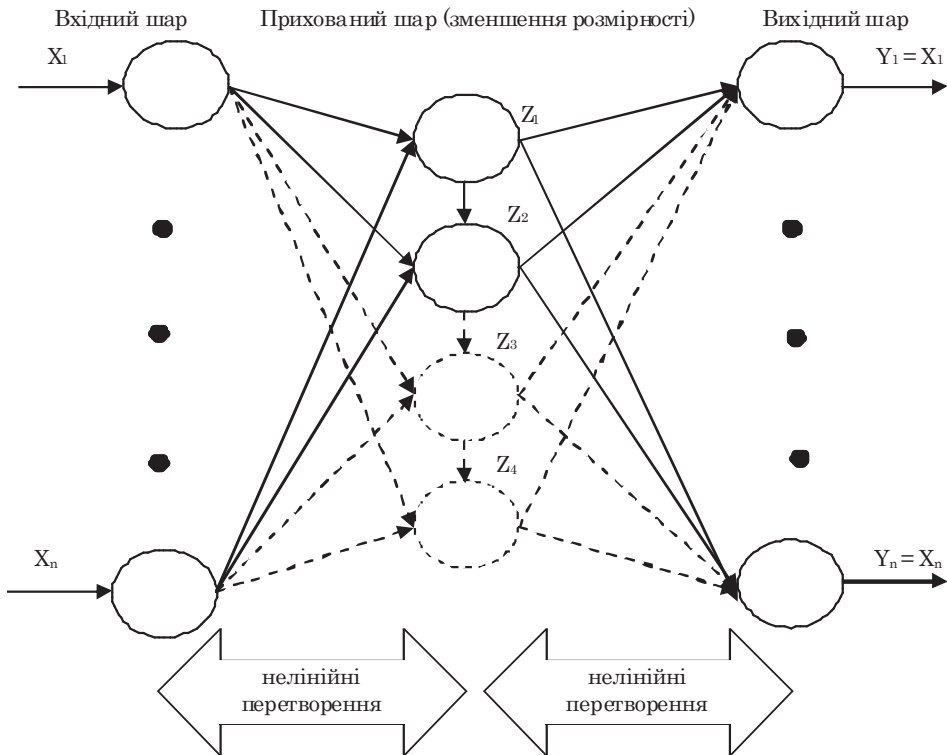


Рис. 2. Структура автоасоціативної нейронної мережі на основі моделі геометричних перетворень [4]

Заповнення пропусків у даних (3-й рівень ІАСУ). Пропонується схожий підхід на основі нейромереж МГП автоасоціативного типу, які доповнюються зворотними зв'язками. Навчальна та ідентична до неї тестова множини нейромережі формуються із сукупності вхідних даних із наявними пропусками. Сигнал із виходів нейромережі подається на її вхід, де знову використовується

для навчання та (або) тестування мережі. Припускається, що похибка між вхідним і вихідним сигналами при цьому зменшується, і тоді процес навчання (-тестування) можна продовжити далі. Після декількох таких ітерацій на відповідному виході нейромережі при початковому наборі вхідних даних з пропусками отримуємо оцінку значення певного показника.

*Прогнозування споживання електроенергії і показників енергоефективності підприємства та регіону* (1-й рівень ІАСУ підприємства, підсистема аналітичної обробки даних ІАС області). Використовується нейромережа МГП, на вхід якої подаються дані з послідовних часових вікон заданого розміру  $n$  для вхідного сигналу, що утворюють навчальну множину, аналогічно до нейромережного ССА. На вихід мережі подаються відліки вхідного сигналу. Тоді першим вектором на вході мережі буде  $(X_1, \dots, X_n)$ , а виходом –  $X_{n+1}$ , другим вектором мережі буде  $(X_2, \dots, X_{n+1})$  – на вході,  $X_{n+2}$  – на виході тощо. Навчена таким чином нейромережа буде формувати на виході короткотерміновий (на один відлік) прогноз наступних значень часового ряду.

#### **Висновки:**

1. Розробка автоматизованих систем управління енергоефективністю економіки регіону є комплексним завданням, яке передбачає інтеграцію систем управління обласного рівня та окремих промислових підприємств.

2. При розробці автоматизованих систем управління енергоефективністю економіки регіону на різних рівнях доцільно застосувати засоби інтелектуального аналізу даних, зокрема, нейромережні.

3. Автоасоціативні нейронні мережі на основі моделі геометричних перетворень і сингулярного спектрального аналізу можуть бути використані для вирішення низки задач попереднього опрацювання й аналітичної обробки показників енергоефективності окремих підприємств та регіону в цілому.

4. Предметом подальших досліджень є програмна й апаратна реалізація запропонованих інтелектуальних нейромережних засобів для конкретних автоматизованих систем управління енергоефективністю і проведення відповідних експериментальних досліджень.

1. Про затвердження Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2015 роки: Постанова Кабінету Міністрів України від 1.03.2010 №243 // zakon.rada.gov.ua.

2. Про затвердження Комплексної державної програми енергозбереження України: Постанова Кабінету Міністрів України від 05.02.1997 №148 зі змінами та доповненнями // zakon.rada.gov.ua.

3. Про затвердження Методики розроблення галузевих, регіональних програм енергоефективності та програм зменшення споживання енергоресурсів бюджетними установами шляхом їх раціонального використання: Наказ Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів від 17.03.2009 №33 // naer.gov.ua.

4. Грицик В.В., Ткаченко Р.О. Нові підходи до навчання штучних нейромереж // Доповіді Національної академії наук України. – 2002. – № 11. – С. 59–65.

5. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: Учеб. курс. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.

6. Маслікевич М.Р., Сердюк Б.М. Сутність оцінки енергоефективності підприємства // Актуальні проблеми економіки та управління. – 2011. – Вип. 5 // probl-economy.kpi.ua.

7. Мітрахович М.М., Герасимчук І.С. Методика розрахунку основних показників енергоефективності підприємства // Наукоємні технології. – 2009. – №3 // www.nbuiv.gov.ua.

8. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс / Пер. с англ. – 2-е изд., испр. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
9. Hrytsyk, V.V., Aizenberg, N.N., Bun, R.A., Danyliuk, O.V., Geche, F.E., Kysil, B.V., Oleksiv, B.Y., Opoiak, Y.V., Striamets, S.P., Tkachenko, R.O., Valkovski, V.A., Voichyshyn, K.S. (1998). The neural and neural-like networks: synthesis, realisation, application and future. *Information Technologies and Systems*, 1(1–2): 15–55.
10. IEC 62264-1. International standard. Enterprise-control system integration. Part 1: Models and terminology. IEC: 2003.

Стаття надійшла до редакції 1.08.2013.