

УДК 004.056 (043.2)

В.В. Конєв

Український державний університет залізничного транспорту, Харків

## ВДОСКОНАЛЕНІ АЛГОРИТМИ НАВЧАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ БЕЗПЕЧНОГО СТАНУ НЕРУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

В статті доведено необхідність комплексного використання нейромережних технологій при вирішенні завдань моніторингу та ідентифікації безпечного стану нерухомих об'єктів забезпечення життєдіяльності систем критичного застосування. Розроблено відповідну структурну схему нейромережової системи ідентифікації безпечного стану нерухомих об'єктів. Визначено необхідність вдосконалення алгоритмів навчання нейронних мереж, що входять в цілому в розроблену структуру. Запропоновано вдосконалені алгоритми навчання із застосуванням евристичної процедури для багатошарового перцептрона, для радіально-базисної функції та нейронної мережі Ельмана.

**Ключові слова:** безпека стану нерухомих об'єктів, ідентифікація стану, нейромережева система, система критичного застосування.

### Постановка завдання

Підвищені вимоги до безпеки об'єктів забезпечення життєдіяльності систем критичного застосування (будівель і споруд), вимагає більшої точності результатів їх моніторингу та ідентифікації стану.

Можливості вдосконалення даної області лежать в площині обробки великих обсягів багатопараметричної інформації, що надходить з датчиків фізичних величин, в тому числі інтелектуальних моніторингових датчиків, що контролюють стан складних об'єктів.

Особливість складних будівель і споруд систем критичного застосування та їх безпеки полягає в тому, що вони мають тривалі терміни експлуатації, що вимірюються багатьма десятками років. При цьому агрегати складних об'єктів найчастіше мають великогабаритні конструкції зі складними схемо-конструктивними рішеннями.

Безпечна експлуатація таких об'єктів передбачає, з одного боку, наявність об'єктивної, достовірної інформації про їх критичний стан, а з іншого – наявність системи підтримки прийняття рішень. Відповідно система моніторингу і контролю складних об'єктів повинна забезпечувати не тільки процеси збору, обробки, зберігання та аналізу інформації про характеристики складних об'єктів, а й також процеси підготовки і прийняття управлінських рішень.

Аналіз літератури [5, 6] показав, що на теперішній час при вирішенні зазначених завдань основний акцент робиться на автоматизацію робіт по збору та аналізу інформації, розвиток методів і засобів неруйнівного контролю, цифрової обробки і передачі інформації по каналах зв'язку і т.ін. При цьому недостатньо уваги приділяється питанням прогнозування критичного стану складних об'єктів, моделювання їх стану і фізичних процесів за результатами комплексного ана-

лізу інформації, що одержано по результатах: моніторингу та контролю безпечного стану; діагностування елементів складних об'єктів методами неруйнівного контролю; експлуатаційного виміру. Проведені дослідження показали, що одним з найбільш ефективних рішень зазначеного протиріччя є використання методів нейромережової ідентифікації шляхом створення і дослідження математичних та інформаційно-структурних моделей, а також алгоритмів ідентифікації їх критичних станів у вигляді складних об'єктів.

Аналіз літератури ряду робіт [1 – 4, 7] відомих авторів показав, що системи моніторингу та ідентифікації безпечного стану нерухомих об'єктів систем критичного застосування на основі нейромережового підходу мають властивості адаптивності, паралелізму обчислень, можливостями навчання. Однак, ряд алгоритмів, що використовуються в найбільш відомих нейронних мережах, та застосовуються як універсальні методи їх прикладної настройки, вимагають введення евристичних методів для адаптації до конкретних завдань.

Тому в статті пропонується вдосконалити алгоритми навчання нейронних мереж, що входять в цілому в нейромережеву структуру моніторингу та ідентифікації безпечного стану нерухомих об'єктів забезпечення життєдіяльності систем критичного застосування, введенням евристичних процедур.

### Результати досліджень

**Структурна схема нейромережової системи ідентифікації безпечного стану нерухомих об'єктів.** Зазначимо, що основний підхід для вирішення важко формалізованих завдань базується на застосуванні множини нейромережових експертів – сукупності нейронних мереж різної архітектури з механізмом об'єднання рішень (асоціативна машина) [2, 3]. Виходячи з цього розроблено загальна структурна

схема нейромережевої системи ідентифікації безпечного стану нерухомих об'єктів (рис. 1.).

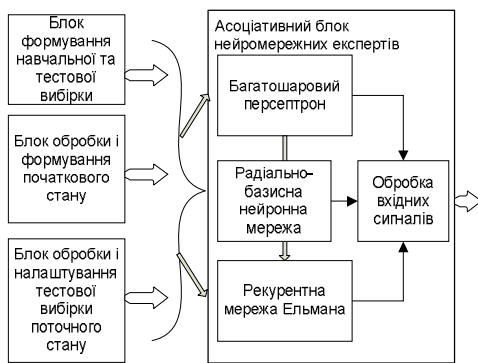


Рис. 1. Структурна схема нейромережевої системи ідентифікації безпечного стану нерухомих об'єктів

**Удосконалення алгоритмів навчання експертів.** При вирішенні складних завдань може виникнути ситуація, коли спроби отримати прийнятне рішення навіть при використанні різних алгоритмів, що паралельно вирішують одну задачу, не дають результатів. У цьому випадку об'єднання декількох алгоритмів в композицію дозволяє знайти рішення поставленого завдання [1]. При вирішенні завдань за допомогою нейромережевих методів, побудованих на застосуванні множини нейронних мереж-ансамблів, вхідні дані обробляються за допомогою декількох нейронних мереж [1 – 4, 7].

У статті багатошаровий перцептрон об'єднується в ансамбль нейронних мереж спільно з радіально-базисною нейронною мережею і рекуррентною мережею Ельмана. Навчання кожної нейронної мережі проводилося з застосуванням градієнтних методів із застосуванням комбінованих евристик. Удосконалені алгоритми навчання багатошарового перцептрона, радіально-базисної мережі і рекуррентної мережі Ельмана представлені на рис. 2 – 4 відповідно.

Перед виконанням процедури навчання всіх нейромережевих експертів необхідно спроектувати їх архітектуру, тобто здійснити правильний вибір кількості шарів і елементів в кожному шарі. Кількість нейронів у вхідному і вихідному шарах всіх нейромережевих експертів визначається умовами розв'язуваної задачі [2, 3].

Число прихованих шарів необхідно вибрати в залежності від того, наскільки складну залежність мережа повинна відтворити.

Для експерта, який представлений багатошаровим перцептроном, грунтуючись на складності розв'язуваної задачі, було вибрано три приховані прошарки. У радіально-базисної нейронної мережі, як і в стандартній моделі, був застосований лише один прихований шар, що складається з радіально-базисних нейронів. У рекуррентній мережі Ельмана був використаний тільки один шар прихованих нейронів. Після визначення

кількості шарів необхідно правильно обрати кількість нейронів в прихованих шарах, число яких безпосередньо не визначається вихідними даними розв'язуваної задачі. Метод спрощення структури мережі [2, 3] в даній роботі застосовувати недоцільно, тому що мережі функціонують в складі комітету. Ініціалізація обчислювальних нейронних структур, що володіють ресурсами, котрі значно перевищують потреби обчислювальної задачі, призводить до ускладнення експериментів.

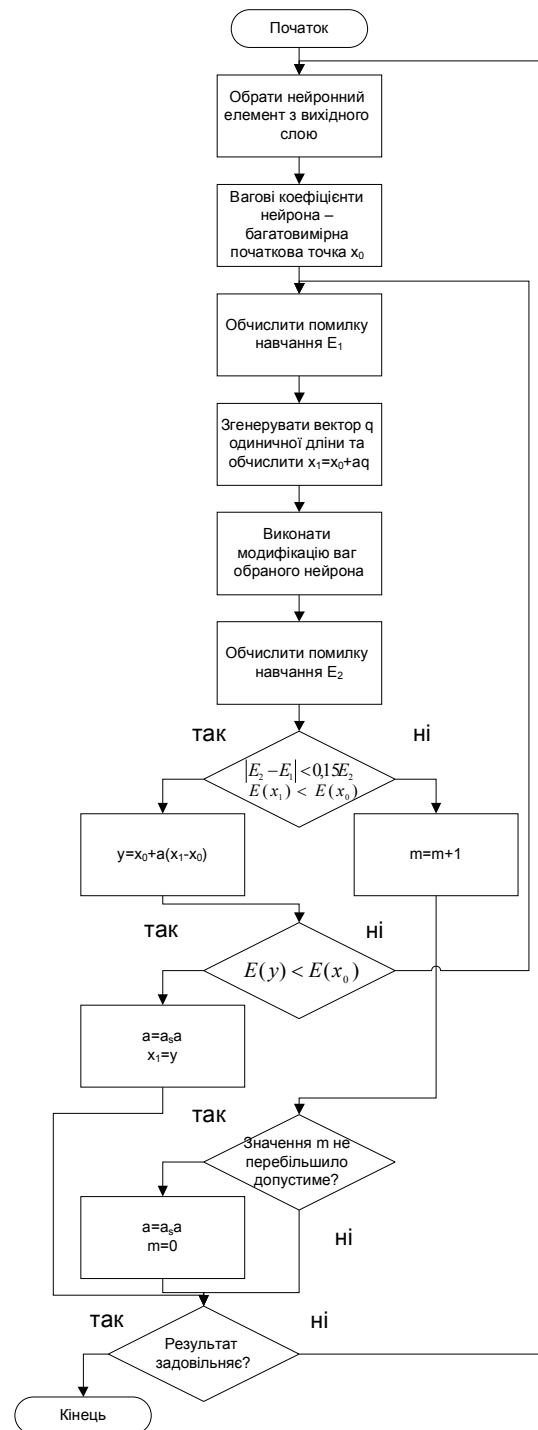


Рис. 2. Алгоритм навчання із застосуванням евристичної процедури для багатошарового перцептрона

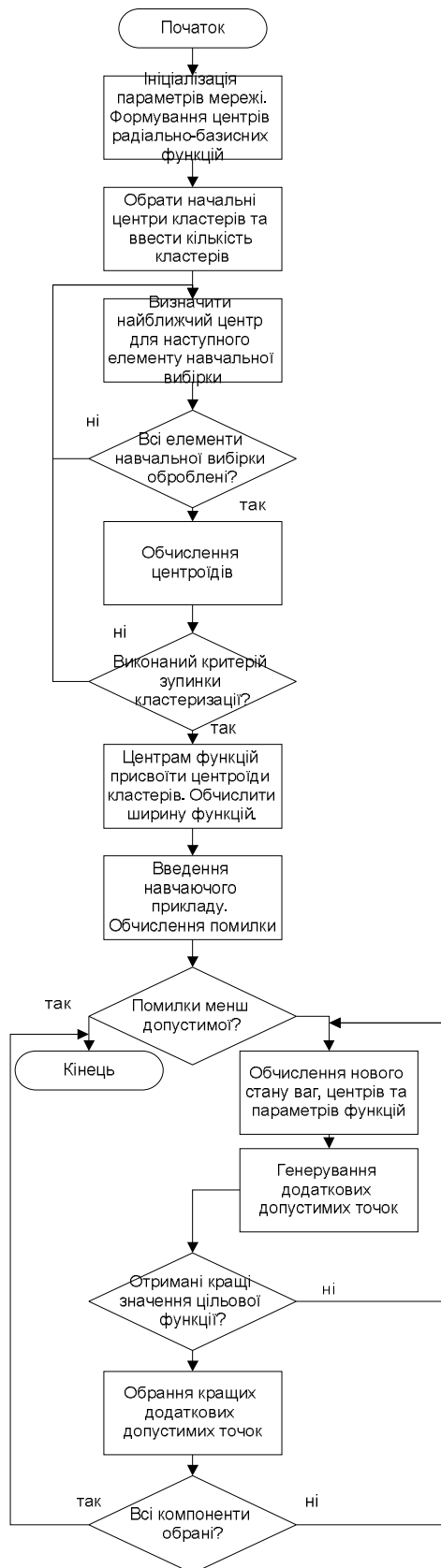


Рис. 3. Алгоритм навчання із застосуванням евристичної процедури для радіально-базисної функції

Для вирішення даної проблеми, кожен нейро-сетевий експерт на початковому етапі роботи всієї асоціативної машини має мінімальну кількість ней-

ронів в прихованих шарах (для багатошарового персептрона початкове число нейронів в прихованих шарах - 5, для радіально-базисної мережі визначалося процедурою кластеризації методом k-середніх, для нейронної мережі Ельмана - 4 нейрона).

Після попереднього визначення архітектури всіх мереж, виконувалось поступове додавання нейронів в приховані шари мережі до досягнення необхідної мінімально середньоквадратичної помилки навчання.

Визначивши топологію нейронних мереж, застосовують методи навчання.

Алгоритми навчання мереж, засновані на градієнтному підході, застосовуються до тих пір, поки різниця помилок навчання для двох сусідніх ітерацій була більше деякого порога, якщо величина зміни помилки опускалася нижче заданого порогу, то застосовувалася евристика. Можливість використання евристичної зміни у міру розвитку процесу навчання мережі, щоб на початковому етапі навчання перешкоджатиме потраплянню в локальний мінімум і дати можливість більш детального налаштування параметрів мережі на завершальних етапах [2, 3].

## Висновки

Таким чином, в статті вдосконалені алгоритми навчання нейромережевої системи ідентифікації безпечного стану нерухомих об'єктів систем критичного застосування.

Ансамбль для вирішення задачі розпізнавання образів складався з трьох нейронних мереж.

Багатошаровий персептрон навчався з використанням алгоритму зворотного поширення помилки з модифікацією на основі алгоритму випадкового пошуку зі змінним кроком.

При навчанні радіально-базисної нейронної мережі застосовувався градієнтний алгоритм навчання, але модифікований евристикою, в основі якої лежить алгоритм на основі методу попереджувального пошуку.

Навчання нейронної мережі Ельмана проводилося з використанням градієнтного методу найшвидшого спуску з евристикою на основі методу комплексів. Особливістю розроблених алгоритмів є використання евристичних процедур в процесі навчання нейромережевих структур.

## Список літератури

1. Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения / Е.В. Бодянский, О.Г. Руденко. – Х.: ТЕЛТЕХ, 2004. – 369 с.
2. Жайкова Т.В. Синтез обобщенной информационной модели нейросетевой идентификации распределенных информационных объектов / Т.В. Жайкова, М.Ю. Михеев // Надежность и качество: труды Международного симпозиума: в 2х-т.; под ред. Н.К. Юркова. – Пенза: Информационно издательский центр ПензГУ, 2009. – 1 т. – С. 442-444.

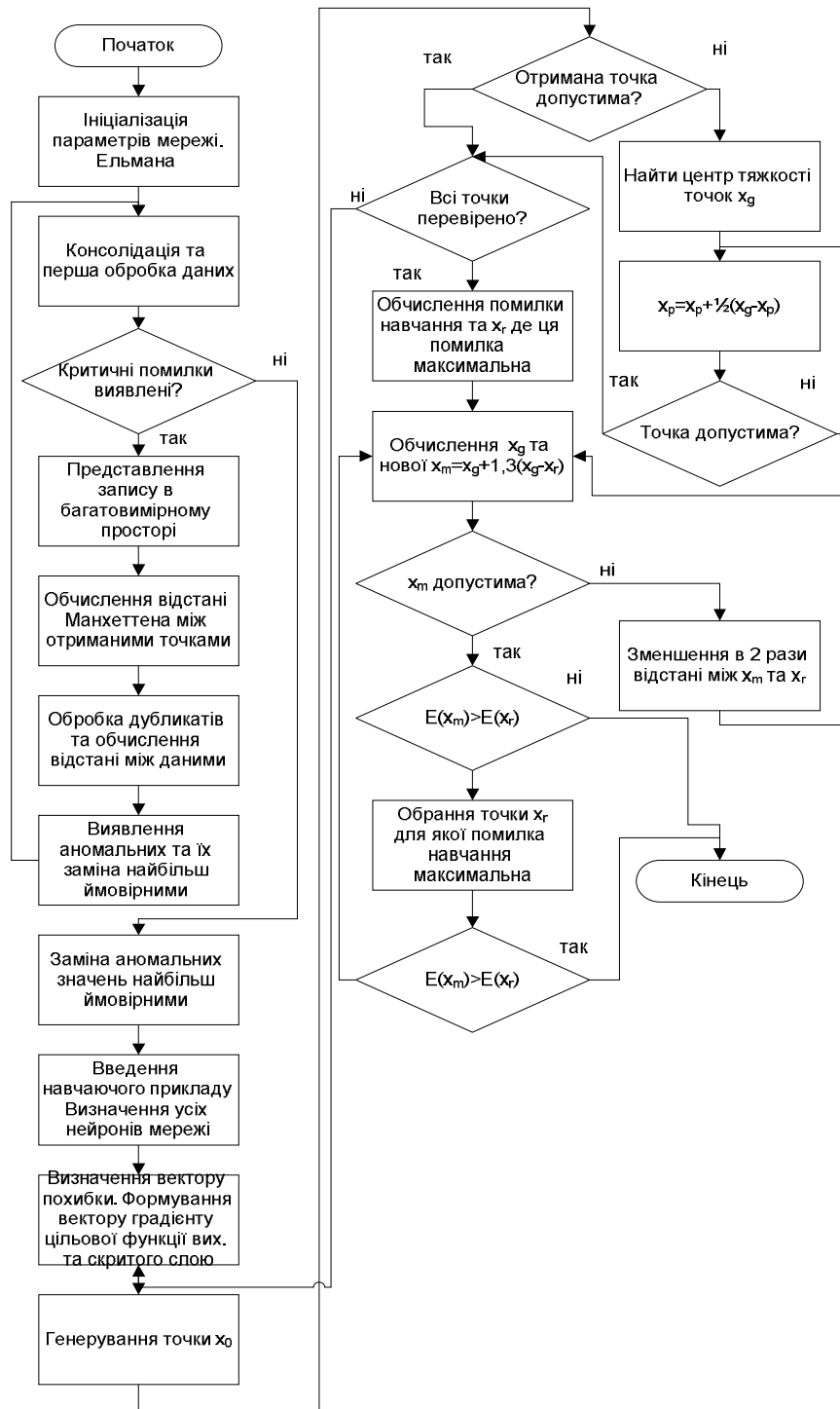


Рис. 4. Алгоритм навчання для нейронної мережі Ельмана

3. Комарцова Л.Г. Исследование нейросетевых алгоритмов обучения в интеллектуальных информационных системах / Л.Г. Комарцова, Ю.Н. Лавренко // Научно-практический журнал «Открытое образование». – 2011. – №2 (85). – Ч.2. – С. 89-91.

4. Комарцова Л.Г. Комплексный подход к исследованию сложных систем / Л.Г. Комарцова, Ю.Н. Лавренко, О.В. Антипова // Журнал «Программные системы и вычислительные методы». – 2013. – № 4. – С. 330-334.

5. Семенов С.Г. Дослідження ризиків моніторингу технічного стану об'єктів авіації / С.Г. Семенов, І.С. Зиков, В.В. Давидов // Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал. – 2015. – №4(44). – С. 108-110.

6. Семенов С.Г. Виявлення особливих точок при вимірюванні та неруйнівному контролі авіаційної техніки / С.Г. Семенов, С.М. Глоба, Р.П. Мигуценко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науковий журнал. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, 2015. – №4(21). – С. 38-40.

7. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 1103 с.

Надійшла до редколегії 1.03.2016

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. С.Г. Семенов, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ АЛГОРИТМЫ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ НЕПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ  
СИСТЕМ КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

В.В. Конев

*В статье доказана необходимость комплексного использования нейросетевых технологий при решении задач мониторинга и идентификации безопасного состояния неподвижных объектов обеспечения жизнедеятельности систем критического приложения. Разработана соответствующая структурная схема нейросетевой системы идентификации безопасного состояния неподвижных объектов. Определена необходимость совершенствования алгоритмов учебы нейронных сетей, которые входят в целом в разработанную структуру. Предложены усовершенствованные алгоритмы учебы с применением эвристической процедуры для многослойного перцептрона, для радиально базисной функции и нейронной сети Эльмана.*

**Ключевые слова:** безопасность состояния неподвижных объектов, идентификация состояния, нейросетевая система, система критического применения.

**IMPROVED ALGORITHMS OF TEACHING OF NEURONET SYSTEM  
OF AUTHENTICATION OF THE SAFE STATE OF IMMOBILE OBJECTS  
OF SYSTEMS OF CRITICAL APPLICATION**

V.V. Konev

*In the article the necessity of the complex use of neuronet technologies is well-proven at the decision of tasks of monitoring and authentication of the safe state of immobile objects of providing of vital functions of the systems of critical application. The proper flow diagram of the neuronet system of authentication of the safe state of immobile objects is developed. The necessity of perfection of algorithms of studies of neuron networks which are included on the whole in the developed structure is certain. The improved algorithms of studies are offered with the use of heuristic procedure for multi-layered perceptron, for a radially base function and El'man's neuron network.*

**Keywords:** safety of the state of immobile objects, authentication of the state, neuronet system, system of critical application.