

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Безсонова О. О. на тему
«Еволюційні штучні нейронні мережі прямого розповсюдження:
архітектури, навчання, застосування»,
яка подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми рецензованої дисертації слідує з того, що штучні нейронні мережі (ШНМ) отримують сьогодні все більше застосування в прикладних інтелектуальних системах оброблення багатовимірних даних. ШНМ переконливо довели свою результативність в різноманітних задачах адаптивної обробки інформації, таких як апроксимація нелінійних функцій, класифікація, управління, фільтрація сигналів та зображень тощо. Серед чималої кількості створених нейромережових структур для вирішення зазначених задач в основному використовуються багат шаровий перцептрон, радіально-базисні та нейро-фаззі мережі, а також узагальнено-регресійні мережі.

Труднощі впровадження ШНМ у прикладних системах обумовлені тим, що на даний час не існує єдиної чи хоча б достатньо ефективної методології для формального визначення ефективної структури мереж, тому вибір топології мережі є часто емпіричним та заснованим на досвіді проектувальника. У роботі автор пропонує будувати структуру мережі шляхом вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації та здійснювати її адаптацію на основі еволюційних методів, зокрема генетичного алгоритму, що загалом сприяє розширенню сфери практичного використання ШНМ. У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи, яка націлена на розроблення та вдосконалення еволюційних нейронних мереж для оброблення інформації в технічних системах, безумовно є актуальною.

Цей висновок підтверджується безпосереднім зв'язком роботи з науковими дослідженнями, що виконувались у Харківському національному університеті радіоелектроніки у межах держбюджетних тем «Еволюційні гібридні системи обчислювального інтелекту зі змінною структурою для інтелектуального аналізу даних» (№ДР0110U000458), «Нейро-фаззі системи для поточної кластеризації та класифікації послідовностей даних в умовах їх спотворення відсутніми і аномальними спостереженнями» (№ДР0113U000361), «Розробка теоретичних основ і математичного забезпечення нейро-фаззі систем ранньої діагностики, прогнозування і



моделювання в умовах апріорної і поточної невизначеності» (№ДР0101U001762), а також госпдоговірної теми «Розробка та виготовлення системи збору і обробки інформації про стан трубчастих печей виробництва феросплавів» (№ДР0104U009291), затверджених Міністерством освіти і науки України, в яких здобувач брав участь як виконавець.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Автором виконана систематизація і докладний аналіз інформації з проблем адаптивної обробки даних за допомогою апарату ШНМ та математичного моделювання. Детальний аналіз методів обробки інформації на основі еволюційних нейронних мереж прямого розповсюдження та методів їх навчання показав їх певні недоліки, а також доцільність розроблення нових підходів, які б сприяли поліпшенню рівня їх перешкодостійкості при наявності завад вимірювань у ході забезпечення збіжності алгоритмів навчання мережі. Перспективність застосування таких підходів не викликає сумнівів, оскільки вони впроваджені при розв'язанні кола прикладних задач.

Вирішення поставлених у дисертації теоретичних задач, а також подальше розроблення спеціалізованого програмного забезпечення для імітаційного моделювання щодо функціонування еволюційних нейронних мереж (й вирішення на цій основі низки прикладних задач) та перевірка теоретичних розробок й працездатності та результативності програмного забезпечення шляхом комп'ютерного моделювання розроблених методів, алгоритмів і моделей є в достатній обґрунтованими.

Основні допущення, прийняті в теоретичних дослідженнях, є в достатній мірі коректними, а отримані результати загалом не суперечать відомим уявленням про параметри функціонування ШНМ та їх технічні застосування. Ступінь обґрунтованості застосованого апарату математичного дослідження і комп'ютерного моделювання повністю відповідає вимогам поставлених задач.

Достовірність отриманих результатів. Достовірність основних положень, висновків і рекомендацій, що наведені у роботі, є досить високою, тому що усі отримані ключові результати засновані на чіткій і логічній постановці задач та на коректному застосуванні випробуваного математичного апарату теорії ШНМ, теорії еволюційних алгоритмів, основ теорій фільтрації та обробки зображень, чисельних методів, на класичних методиках комп'ютерного моделювання та технічному впровадженні результатів досліджень.

Достовірність результатів підтверджується також узгодженістю розрахункових даних, що отримані за допомогою розроблених методів, алгоритмів та моделей, з даними, одержаними іншими методами.

Слід відзначити також, що основні результати дисертації не входять у протиріччя з існуючими даними і підтверджуються апробаціями на численних науково-технічних конференціях.

Наукова новизна досліджень і отриманих результатів. Аналіз дисертаційної роботи Безсонова О.О. дає можливість зробити умовивід, що автором у процесі досліджень отримані такі нові результати:

Вперше:

– запропоновано метод робастної багатокритеріальної оптимізації (Парето-оптимізації) на основі робастних фітнес-функцій та інформаційних критеріїв, які дають можливість визначати оптимальну структуру нейромережевої моделі досліджуваного об'єкта при наявності негаусівських завад;

– запропоновано узагальнений еволюційний алгоритм Парето-оптимізації на основі коеволюційного підходу, який дозволяє змінювати архітектуру мережі, адаптуючись до мінливого зовнішнього середовища;

– запропоновано прості в обчислювальному відношенні одно- і багатокрокові рекурентні процедури навчання, що забезпечують необхідну точність при наявності обмежених завад, та розроблені процедури адаптивної корекції параметрів;

– розроблено методи спрощення структур та методи навчання ШНМ прямого розповсюдження з метою прискорення процесів обробки інформації при допустимій неточності в умовах обмежених завад;

– запропоновано робастний метод навчання ШНМ, що дає можливість обробляти інформацію при наявності завад з негаусовськими, зокрема асиметричними, розподілами та усувати зміщення оцінок параметрів мереж, характерне для традиційних методів навчання;

– запропоновано рекурентні методи оцінювання параметрів функціоналів і завад для моделі Тьюки-Хьюбера, що дозволяє при відсутності інформації про статистичні властивості завад коригувати одержувані в процесі навчання параметри ШНМ;

– запропоновано методи апроксимації гаусівських базисних функцій в РБМ нульового та першого порядків, що дозволяють істотно спростити обчислення, супутні процесам побудови моделі досліджуваного об'єкта;

– запропоновано закони адаптивного прогнозуючого нейроуправління нелінійними нестационарними об'єктами, що функціонують в умовах

невизначеності, на основі еволюційного підходу з корекцією еталонної траєкторії, що дозволяє істотно прискорити процес синтезу моделі та обчислення керуючого сигналу.

Удосконалено:

- структуру еволюційної ШНМ, яка відрізняється від аналогів тим, що враховує еволюцію моделі завади та процедури навчання, що дозволяє вирішувати завдання обробки інформації на новому якісному рівні у порівнянні з існуючими системами.

Отримали подальший розвиток:

- метод гібридного навчання еволюційних ШНМ шляхом використання для остаточного тонкого налаштування параметрів мережі рекурентної робастної процедури Левенберга-Марквардта, що дозволяє підвищити якість одержуваної моделі та стійкість процесу навчання;

- еволюційні методи усунення впливу завад при визначенні структури і параметрів нейромережових моделей шляхом використання оцінок параметрів моделі завади Тьюки-Хьюбера і процедури М-навчання, що дозволяє спростити структуру хромосоми, оскільки не потребує зберігання додаткових параметрів;

- еволюційний метод багатокритеріальної оптимізації структури та параметрів ШНМ шляхом виділення загальних для еволюційного та імунного підходів операторів і використання їх для побудови мережі, що дозволяє усунути більшість труднощів та недоліків класичних методів вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи. Практична вагомність результатів роботи полягає у тому, що розроблені методи, моделі, алгоритми та програми можуть бути використані при проектуванні різноманітних систем ідентифікації і керування для широкого класу динамічних об'єктів, при створенні систем обробки та класифікації зображень, тощо.

Результати дисертаційних досліджень конкретно було використано:

- на Побузькому феронікелевому комбінаті при розробці інфрачервоної телевізійної системи вимірювання температурних полів трубчастих печей;

- у ТОВ "Кириківський цукровий завод" при розробці АСУ ТП дифузії, дефекосатурації, випарювання і кристалізації.

Результати дисертаційної роботи впроваджені також у навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи можуть бути використані при створенні і модернізації систем ідентифікації та інтелектуального керування динамічними об'єктами

чи безперервними технологічними процесами.

Рекомендується продовжити дослідження з розроблення та використання методів, моделей та інструментальних засобів сучасних еволюційних ШНМ у Харківському національному університеті радіоелектроніки, споріднених ВНЗ та впровадження їх у прикладних системах інтелектуального управління чи аналізу даних.

Враховуючи дефіцит в Україні літератури в сфері практичного застосування еволюційних нейронних мереж, доцільно було б опублікувати основні матеріали дисертації у матеріалах окремої монографії.

Повнота відображення результатів дисертації в публікаціях. Основні результати дисертації всебічно викладені у 56 друкованих наукових працях автора, 25 статей з них опубліковані у наукових фахових виданнях, 10 індексуються у наукометричній базі Скопус, 28 опубліковані у матеріалах наукових конференцій.

Робота пройшла вагому апробацію. Матеріали дисертації доповідалися і обговорювалися на 28-ми міжнародних науково-технічних конференціях і форумах у 2009 – 2016 роках.

Оформлення автореферату за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам. Зміст автореферату ідентичний змісту основних положень дисертації.

Дисертація і автореферат викладені логічно, послідовно, грамотно, математично коректно, оформлені досить ретельно і якісно.

Недоліки дисертаційної роботи

Серед недоліків дисертації слід зазначити такі:

1. Матеріал розділів 1 та 2 перенасичено міркуваннями про еволюційні стратегії, принципи та особливості побудови генетичних алгоритмів, різновиди нейронних мереж і т.д. без прив'язки викладеного тексту до конкретних прикладних задач, де ці принципи відіграють вирішальну роль для досягнення результативності в аспекті отримання нових властивостей, кращих показників функціонування, тощо для відповідного класу прикладних задач.

2. У розділах 2, 3 автор розглядає ряд порогових значень, зокрема, для функції пристосованості, селекції, кількості операторів мутацій, зони нечутливості та ін. Необхідно було б якось проаналізувати чи запропонувати відповідні процедури визначення цих порогів.

3. Слід було б загалом обґрунтувати необхідність та принципові переваги використання саме еволюційних ШНМ для підходящого класу

практичних задач та привести вагомі результати порівняльного аналізу досягнутих показників для розроблених та існуючих НМ-систем.

4. Робота містить аналіз та результати розроблень щодо ШНМ статичного типу. У зв'язку з цим виникає питання щодо можливості використання отриманих напрацювань для побудови динамічних ШНМ.

5. Незрозуміло, яким чином оцінка параметру масштабу, що входить в розглянуті у підрозділі 4.6 функціонали (4.8)-(4.9), використовується як константа. Слід було б також пояснити, як параметри асиметричних функціоналів (4.14)-(4.15) впливають на їх загальний вид та на результат навчання в цілому.

6. У роботі відсутній єдиний узагальнюючий критерій для оцінювання результативності функціонування та застосування розроблених методів. Такий критерій функціонально повинен залежати як від параметрів мережі та способу її навчання, так і від властивостей чи особливостей даних, що нею обробляються. Зважаючи на те, що робота вирішує проблему підвищення ефективності оброблення та швидкодії, є нагальна потреба визначення такого критерію.

7. У заключних розділах роботи, наприклад в 6.4, автор продовжує аналізувати відомі методи замість того, щоб чітко викласти, пояснити та проаналізувати отримані експериментальні результати проведеного дослідження. Незрозуміло також, який критерій оцінювання щодо якості стиснення застосовано для класичного зображення рис. 6.21. Відсутній також якийсь фронтальний аналіз результатів проведених експериментів.

Вказані зауваження не знижують загальне позитивне враження від дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Вважаю, що опонована дисертаційна робота є завершеним самостійним науковим дослідженням, що поєднує усі необхідні елементи: коректні і обґрунтовані постановки задач досліджень, аналіз відомих наукових результатів щодо шляхів досягнення мети, теоретичне обґрунтування на базі використання випробуваного математичного апарату, коректне математичне моделювання на базі розроблених програмних засобів для проведення обчислювальних експериментів, що підтвердили практичність теоретичних положень, та впровадження результатів дисертаційної роботи.

У дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук Безсонова О. О. отримано нові науково обґрунтовані результати, які забезпечують суттєвий внесок у розв'язання актуальної наукової проблеми підвищення ефективності процесів оброблення багатомірної інформації на

основі еволюційних нейронних мереж прямого розповсюдження.

До найбільш цінних результатів роботи слід віднести створення робастних методів гібридного навчання еволюційних нейронних мереж в задачах ідентифікації та прогнозуючого керування нелінійними динамічними об'єктами; багатокрокові проєкційні методи навчання еволюційних нейронних мереж; розробку методів апроксимації базисних функцій, що істотно підвищують швидкодію мереж; модифікацію еволюційного методу усунення впливу завад при визначенні структури і параметрів нейромережових моделей.

За науковим рівнем отриманих результатів дисертація Безсонова О. О. повністю відповідає п.п. 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів» (постанова КМУ №567 від 24 липня 2013 р.) щодо докторських дисертацій, а здобувач заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

Офіційний опонент –

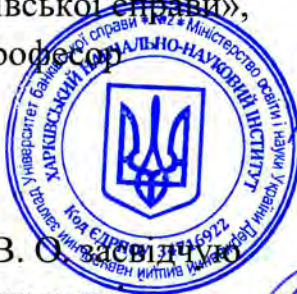
професор кафедри інформаційних технологій та вищої математики

Харківського навчально-наукового інституту

ДВНЗ «Університет банківської справи»,

доктор технічних наук, професор

В.О. Гороховатський



Підпис Гороховатського В. О.

Провідний фахівець відділу кадрів

О.М. Скорікова

08.03.2014