

Голові разової спеціалізованої  
вченої ради  
Національного університету  
«Запорізька політехніка»  
д.т.н., проф. Михайлу ПОЛЯКОВУ  
рецензента к.т.н., доцента  
Олександра СТЕПАНЕНКА

### **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу ЛЕОЩЕНКА Сергія Дмитровича  
на тему «**Методи синтезу рекурентних нейромережових**

**моделей для діагностування**»,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки»

**Актуальність теми дисертаційної роботи.** Ефективним засобом розв'язання завдань технічного та біомедичного діагностування є нейромережові технології (зокрема, рекурентні нейронні мережі), які автор дисертаційної роботи використовує як базис для побудови діагностичних моделей. Проте процес побудови таких моделей пов'язаний з необхідністю витрачання великої кількості обчислювальних ресурсів та машинного часу, що суттєво ускладнює їх застосування на практиці при розв'язанні прикладних завдань в умовах обмеженості часу прийняття рішень. Тому на сьогодні дуже важливою і актуальною є розробка таких систем діагностування, що можуть ефективно та швидко обробляти діагностичні дані при вирішенні практичних завдань аналізу даних та прийняття рішень. Для збільшення швидкості синтезу нейромережових діагностичних моделей використовуються методи та технології паралельних обчислень. Проте відомі програмні реалізації методів синтезу нейронних мереж, як правило, не розраховані на використання переваг багатопроцесорних систем. Тому

створення нових паралельних методів синтезу нейронних мереж для діагностування на основі даних є на сьогоднішній день важливою та актуальною задачею. Саме цій темі присвячена дисертаційна робота Леоценка Сергія Дмитровича.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій,** викладених у роботі, забезпечується коректними постановками завдань, науковою обґрунтованістю теоретичних положень, вибором адекватних методів досліджень, використанням сучасного математичного апарату. Про достовірність отриманих в дисертації результатів свідчать: позитивні результати впровадження розроблених методів синтезу діагностичних моделей у діяльність профільних організацій та у навчальний процес університету, а також збігом отриманих результатів наукових досліджень із загальновідомими результатами.

Дисертаційна робота Леоценка С.Д. є теоретично обґрунтованим дослідженням, узагальненням й практичним вирішенням актуального науково-прикладного завдання розроблення та дослідження методів синтезу рекурентних нейромережевих діагностичних моделей, які поєднують інтелектуальні та паралельні обчислення для підвищення швидкості процесу побудови діагностичних моделей, збільшення їх інтерпретовності та узагальнювальних можливостей. На користь достовірності отриманих у дисертації результатів свідчить несуперечливість підсумків роботи сучасним передовим науковим працям.

Основні припущення, що покладені в основу теоретичних досліджень, є коректними, а імітаційне моделювання розроблених методів і засобів синтезу діагностичних моделей підтвердили їхню ефективність у вирішенні задач діагностування.

**Достовірність отриманих результатів.** Достовірність викладених в дисертаційній роботі наукових положень, результатів і висновків, зроблених здобувачем, підтверджується даними, що були отримані при розв'язанні

практичних завдань, впровадженням результатів роботи, а також апробацією на міжнародних наукових конференціях.

**Наукова новизна результатів дисертації.** Аналіз дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що автором у процесі досліджень отримані такі наукові результати:

1. Вперше запропоновано генетичний метод синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж, який використовує механізм секвенування на етапі кодування інформації про популяції нейронних мереж з метою компактного збереження та передачі інформації, а також критерії регулювання розміру та напрямку розвитку нейромереж, що дозволяє підвищити адаптивність вибору мутації структури нейромоделі для підтримки генетичного різноманіття та уникнення завчасної збіжності з врахуванням перешкоджання безмірного збільшення мережі.

2. Вперше запропоновано паралельний генетичний метод синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж з імплементацією механізмів селективного тиску, в якому основні етапи процесу нейроеволюційного синтезу рекурентних нейромоделей виконуються на паралельних обчислювальних вузлах, а використання механізмів селективного тиску та рівномірного схрещування дозволяє підтримувати розміри популяції, скорочуючи обчислювальні витрати на опрацювання малопристосованих особин.

3. Вперше запропоновано метод структурної оптимізації діагностичних нейромоделей для підвищення характеристик інтерпретабельності моделей, що направлено на оптимізацію роботи складних топологій нейронних мереж із великими даними, за рахунок спрощеної та прорідженої структури попередньо синтезованої нейромоделі, що полягає у використанні генетичних операторів та критеріального відбору для визначення структурного спрощення нейронної мережі.

4. Удосконалено систему індикаторів для оцінювання рівня складності задачі з метою визначення механізмів доналаштування

параметрів нейронних мереж, яка відрізняється врахуванням характеристик вхідного набору даних та характеристик задачі, серед яких: рівень можливого спрощення структури, загальна кількість суттєвих та несуттєвих факторів, рівень точності вимірювань та рівень можливого контролю та управління, що дають можливість точно обрати варіант доналаштування діагностичної моделі.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка» у межах таких держбюджетних тем: «Розроблення та дослідження методів синтезу діагностичних моделей на основі методів обчислювального інтелекту» (номер державної реєстрації – 0119U100360), «Розроблення методів та засобів для аналізу та прогнозування динамічної поведінки нелінійних об'єктів» (номер державної реєстрації – 0121U107499), «Інтелектуальні методи та засоби діагностування та прогнозування стану складних об'єктів» (номер державної реєстрації – 0122U000972). У зазначених НДР здобувач брав участь як виконавець, удосконалив та розробив методи нейроеволюційного синтезу рекурентних нейронних мереж.

**Практичне значення результатів дисертаційної роботи.** Отримані теоретичні результати були досліджені експериментально на тестових і реальних даних, де довели свою перевагу над відомими методами. Запропоновані методи синтезу діагностичних моделей довели свою ефективність при розв'язанні практичних задач діагностування. Усі впровадження підтверджено відповідними актами.

**Повнота викладу основних результатів у наукових виданнях та апробація.** За результатами досліджень здобувачем опубліковано 25 публікацій, з яких 8 наукових публікацій розкривають основний зміст дисертації, зокрема опубліковано 8 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (7 статей включено до міжнародної наукометричної бази Web of Science), 1 розділ

монографії, що опубліковані у закордонних виданнях мовами країн ЄС. Опубліковано 15 тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій (15 англійською мовою, включені в міжнародні наукометричні бази Scopus та/або Web of Science).

**Відповідність дисертації встановленим вимогам.** Дисертаційна робота є завершеним і цілісним дослідженням, її матеріал є досить добре структурованим і логічно викладеним. Роботу написано коректно з використанням сучасної науково-технічної термінології.

Оформлення дисертації відповідає встановленим вимогам до дисертацій згідно «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова КМУ № 44, від 12 січня 2022 р.), а також вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, результатів роботи систем при імітаційному моделюванні забезпечує їх адекватне і належне сприйняття.

**Зауваження по дисертаційній роботі.** Серед недоліків дисертаційної роботи слід зазначити такі:

1. Аналіз відомих топологій нейронних мереж, які пропонується використовувати у якості базису діагностичних моделей, є достатньо детальним. Проте здобувач досить поверхнево наводить порівняльний аналіз відомих рекурентних топологій, хоча саме їх він обрав як базис для синтезу діагностичних моделей.

2. В роботі при описі запропонованого генетичного методу визначення ваг прихованих і вихідних шарів рекурентних нейромереж варто було б розширити опис етапу ініціалізації популяції особин, що складається з нейромереж. Не зовсім зрозуміло, яким чином задається початкова генетична інформація про особини.

3. В запропонованому паралельному нейроеволюційному методі синтезу рекурентних штучних нейронних мереж варто було б у наведеній схемі паралельної реалізації методу зазначити, як саме було імплементовано стратегії, запозичені з методів ройового інтелекту, що значно підвищило б рівень наочності одержаних результатів. Крім того, варто було б приділити більше уваги аналізу обчислювальної складності розробленого методу.

4. При описі методу структурної оптимізації штучних нейронних мереж на основі генетичних операторів, важко зрозуміти, як використовуються критерії зупинення при реалізації запропонованого здобувачем методу структурної оптимізації штучних нейронних мереж на основі генетичних операторів.

5. Робота не позбавлена нестач оформлення, у дисертації є друкарські, синтаксичні і редакторські помилки.

Загалом, вказані недоліки не впливають на високу оцінку виконаних автором досліджень.

**Загальні висновки по дисертаційній роботі.** Вважаю, що дисертаційна робота Леоценка С. Д. є завершеним самостійним науковим дослідженням, що об'єднує усі необхідні елементи: коректні і обґрунтовані постановки мети і задач досліджень, дослідження відомих наукових результатів про шляхи досягнення мети, вибір оптимального шляху її досягнення, його теоретичне обґрунтування на базі використання випробуваного математичного апарату, коректне математичне моделювання, а також проведення обчислювальних експериментів, які підтвердили працездатність теоретичних положень, та впровадження результатів дисертаційної роботи. Отримані автором результати є достовірними, робота базується на достатній кількості вихідних даних та розрахунків.

Виконана робота відповідає високому рівню виконання поставленого наукового завдання та засвідчує оволодіння здобувачем методології наукової діяльності.

У дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії Леощенком С. Д. одержані нові науково обґрунтовані результати, які методологічно, математично та алгоритмічно забезпечують суттєвий внесок у розв'язання актуальної науково-прикладної проблеми розроблення та дослідження методів синтезу рекурентних нейромережових діагностичних моделей, які поєднують принципи інтелектуальних та паралельних обчислень, що дозволяє підвищити швидкість процесу побудови діагностичних моделей, збільшити їх інтерпретовність та узагальнювальні можливості.

Усі результати, що виносяться на захист, опубліковані у виданнях, що входять до переліку фахових видань України та виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз. Робота пройшла достатню апробацію. Основні результати доповідалися на міжнародних і всеукраїнських конференціях та семінарах.

За актуальністю, науковим рівнем, практичною цінністю, обсягом інформації, достовірністю результатів, правильною їх оцінкою, оформленням роботи дисертація Леощенка С. Д. відповідає усім вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова КМУ № 44, від 12 січня 2022 р.), а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

доцент кафедри

програмних засобів

Національного університету

«Запорізька політехніка»

кандидат технічних наук,

доцент



Олександр СТЕПАНЕНКО  
Підпис  
**ЗАСВІДЧУЮ**  
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
"ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА"