

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

### **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 та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Останнім часом при розв'язанні завдань діагностування широкого поширення набули методи оброблення чисельних даних на основі технологій штучного інтелекту. Проте традиційно використовувані методи оброблення діагностичних даних характеризуються низькою швидкістю, надмірністю логічною складністю моделі та низьким рівнем узагальнення даних, що ускладнює застосування таких методів на практиці. Це обумовлює необхідність розробки нових методів синтезу діагностичних моделей, які дозволять підвищити швидкість процесу діагностування на основі даних.

Таким чином, дисертаційне дослідження Леоценка С.Д., яке присвячено розробленню та дослідженню методів високопродуктивного оброблення даних для синтезу рекурентних нейромережових діагностичних моделей, які поєднують принципи інтелектуальних та паралельних обчислень для підвищення швидкості процесу побудови діагностичних

моделей, збільшення їх інтерпретовності та узагальнювальних можливостей, є актуальним для розвитку новітньої техніки.

Вивчення та детальний аналіз змісту дисертаційної роботи показав, що вона виконана здобувачем самостійно відповідно до планів 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.

**Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.** Розроблені у дисертаційній роботі методи синтезу діагностичних моделей обґрунтовано шляхом проведення аналітичних та експериментальних досліджень. Автором здійснено коректну постановку завдання дослідження та обрано перспективні підходи до його вирішення.

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним застосуванням сучасного аналітичного апарату: теорії рекурентних нейронних мереж – як базис для синтезу діагностичних моделей; теорії нейроеволюційного підходу до синтезу – для створення нових методів синтезу рекурентних нейронних мереж; теорії паралельних обчислень – для розроблення паралельних методів синтезу рекурентних діагностичних нейромоделей; стохастичного пошуку та лінійної алгебри для створення нових методів синтезу рекурентних нейронних мереж; математичної статистики – для аналізу ефективності розроблених методів синтезу

діагностичних нейромоделей та перевірки достовірності отриманих результатів.

Достовірність результатів підтверджується експериментальними дослідженнями технічних об'єктів, відповідністю результатів теоретичних та експериментальних досліджень, несуперечливістю отриманих даних відомим теоретичним положенням. Наукові положення дисертації мають належне теоретичне обґрунтування. Матеріали дисертаційної роботи обговорювалися на численних міжнародних наукових конференціях і семінарах. Міра обґрунтованості методів математичного дослідження і комп'ютерного моделювання, що застосовуються в роботі, відповідає вимогам поставлених задач.

**Структура та обсяг дисертаційного дослідження.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи складає 195 сторінки тексту.

**Наукова новизна отриманих здобувачем результатів.** Наукова новизна отриманих автором результатів дослідження сформульована логічно, коректно, не викликає сумнівів. До наукових результатів слід віднести такі:

1. Вперше запропоновано генетичний метод синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж, який використовує механізм секвенування, а також критерії регулювання розміру та напрямку розвитку нейромереж, і дозволяє підвищити точність синтезованих моделей та оптимізувати витрати ресурсів пам'яті обчислювальної системи під час синтезу для подальшого підвищення якості діагностування.

2. Вперше запропоновано паралельний генетичний метод синтезу діагностичних моделей на основі рекурентних нейронних мереж з імплементацією механізмів селективного тиску, а використання механізмів селективного тиску та рівномірного схрещування дозволяє підтримувати розміри популяції, скорочуючи обчислювальні витрати на опрацювання малоприспособлених особин, та знизити вимоги до ресурсів пам'яті та

обчислювальних потужностей електронно-обчислювальних машин під час синтезу моделей.

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 дозволяє прорідити та оптимізувати структуру нейронної мережі, прискорюючи роботу нейромоделі та видаляючи міжнейронні зв'язки, що кодують зашумлені дані.

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, що дають можливість точно обрати варіант доналаштування діагностичної моделі, без використання надмірних обчислювальних ресурсів для повторного синтезу нейромоделей або додаткової побудови моделі, що значно знижує ресурсоємність.

**Практичне значення результатів дисертаційної роботи.** Теоретична цінність отриманих С.Д. Леоценком результатів полягає в розробці високопродуктивних методів для синтезу діагностичних моделей. Практична цінність результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що розроблені методи є достатньо універсальними і можуть використовуватися в різних галузях техніки, промисловості, медицини при обробці чисельних даних. Запропоновані методи дозволяють виконувати побудову та структурну оптимізацію діагностичних моделей, що базуються на рекурентних нейронних мережах та відрізняються високими рівнями точності, інтерпретабельності і зручні для подальшого аналізу та використання на практиці.

Достовірність теоретичних та практичних положень дисертації підтверджено впровадженням розроблених методів в практичну діяльність Товариства з обмеженою відповідальністю «Аптека Магнолія», у практичну

діяльність Товариства з обмеженою відповідальністю «Запорізький ливарно-механічний завод».

Наукові положення, висновки й рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, використані у навчальному процесі кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка».

**Повнота викладу здобувачем основних результатів у наукових виданнях та апробація роботи.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 25 публікаціях, 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).

Результати дослідження Леощенка С.Д. пройшли необхідну широку апробацію: він виступав з доповідями на багатьох міжнародних та національних науково-практичних конференціях та семінарах у провідних наукових закладах за тематикою дослідження.

**Зауваження по дисертаційній роботі.** Матеріали, наведені у дисертаційній роботі, мають такі недоліки:

1. У першому розділі дисертації забагато уваги приділено загальним питанням синтезу діагностичних моделей. Проте слід було б більше уваги приділити опису та аналізу саме нейроеволюційних методів синтезу нейромереж.

2. При дослідженні існуючих методів синтезу нейромереж використовуються формули, у яких деякі аргументи не визначено, наприклад в описі методу зворотного поширення помилки в часі.

3. В частині опису використання механізму селективного тиску наведено опис використання оператора рівномірного схрещування для багатобатьківського схрещування, проте надалі графічне представлення не

розкриває наведений опис в повній мірі. Варто було б навести графічне представлення використання оператора рівномірного схрещування у випадку організації батьківського пулу з декількох особин, це значно спростило би подальший аналіз та використання.

4. Під час опису розроблених методів синтезу рекурентних нейромоделей варто було б розробити модель для оцінювання обсягу використовуваних ресурсів паралельної комп'ютерної системи при використанні запропонованого здобувачем паралельного генетичного методу з імплементацією механізмів селективного тиску. Це спростило б його використання на практиці.

5. Під час опису застосування індикаторної системи при визначенні механізмів доналаштування штучних нейронних мереж, наведено опис оцінки складності задачі, в тому числі на основі розміру вибірки вхідних даних, проте в тексті відсутнє чітке визначення випадку, в якому вибірку можна вважати великим масивом даних.

6. В описі запропонованого методу доналаштування попередньо синтезованих діагностичних нейромоделей та у результатах експериментальних досліджень відповідного методу недостатньо уваги приділено аналізу обчислювальної складності методу.

Вважаю, що ці зауваження суттєво не впливають на загальну позитивну характеристику дисертації.

**Загальні висновки по дисертаційній роботі.** Дисертаційна робота Леощенка Сергія Дмитровича є завершеним науковим дослідженням, що містить наукові положення та науково обґрунтовані результати, які розв'язують важливу науково-прикладну проблему розроблення та дослідження методів синтезу рекурентних нейромережевих діагностичних моделей, які поєднують принципи інтелектуальних та паралельних обчислень. Результати дисертаційної роботи отримані автором особисто, опубліковані у провідних науково-технічних виданнях та апробовані на міжнародних конференціях і семінарах. Дисертація Леощенка С.Д. відповідає спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки».

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

За ступенем новизни, актуальністю теми, обґрунтованістю отриманих наукових і практичних результатів дисертаційна робота повністю відповідає 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.). Вважаю, що автор дисертаційної роботи Леощенко Сергій Дмитрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

доцент кафедри

програмних засобів

Національного університету

«Запорізька політехніка»

кандидат технічних наук,

доцент

