

## **ВІДГУК**

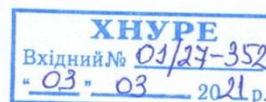
### **офіційного опонента**

на дисертаційну роботу Олійника Андрій Олександровича  
на тему «**Методи синтезу діагностичних моделей на основі  
обчислювального інтелекту**»,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

**Актуальність теми дисертаційної роботи.** Задача обробки та аналізу даних при побудові моделей складних об'єктів та процесів на цей час є дуже актуальною. Ефективним засобом розв'язання завдань технічного та медичного діагностування є нейромережеві технології, 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 нейромережевих діагностичних моделей використовуються методи та технології паралельних обчислень. Проте відомі програмні реалізації 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 Олійника Андрія Олександровича.

**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 Олійника А.О. є теоретично обґрунтованим дослідженням, узагальненням й практичним вирішенням актуального науково-прикладного завдання розроблення та дослідження методів синтезу діагностичних моделей, які поєднують принципи інтелектуальних та паралельних обчислень, що дозволяє підвищити швидкість процесу побудови діагностичних моделей, збільшити їх інтерпретовність та узагальнювальні можливості. На користь достовірності отриманих у дисертації результатів свідчить несуперечливість отриманих в дисертації результатів 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 метод синтезу продукційних правил на основі негативного відбору для випадку нерівномірного розподілу екземплярів класів вибірки, який при генерації набору детекторів використовує відому інформацію про екземпляри всіх класів вибірки, враховує інформацію про індивідуальну значущість ознак, що дозволяє виключати малозначущі та надлишкові ознаки з вибірки, скоротивши тим самим простір пошуку і час виконання методу, а також формувати набір детекторів з високими апроксимаційними й узагальнювальними властивостями.

2. Вперше запропоновано паралельний метод видобування продукційних правил на основі обчислювального інтелекту, що здійснює паралельну побудову інтелектуальних моделей, які узагальнюють задані вибірки даних у вигляді моделей на основі дерев розв'язків, асоціативних правил, негативного відбору, що дозволяє скоротити часові витрати на синтез моделей при обробленні великих обсягів діагностичних даних.

3. Вперше запропоновано паралельний стохастичний метод редукції даних, в якому використовуються різні стратегії інтелектуального пошуку та виконується оцінювання концентрованості контрольних точок навколо локальних екстремумів, що дозволяє розширити покриття простору пошуку, зменшити надмірну концентрацію рішень в областях локальних оптимумів для підвищення рівномірності пошуку, скоротити час пошуку, і, як наслідок, збільшити практичний поріг застосовуваності методів відбору ознак при обробці великих обсягів даних.

4. Вперше запропоновано метод параметричної ідентифікації нейронечітких мереж на основі паралельного стохастичного пошуку, в якому початкова множина рішень формується з урахуванням апріорної інформації про навчальну вибірку, з метою більш детального дослідження областей локальних оптимумів виконується розбиття поточної множини рішень на підмножини з урахуванням інформації про просторове розташування рішень,

з наступним пошуком оптимумів у кожній з них на відповідних процесах паралельної системи, обчислювально складні етапи пошуку виконуються на різних вузлах паралельної системи, оператори формування нової множини рішень враховують особливості параметрів, що налаштовуються, що дозволяє наблизити початкові точки пошуку до областей розташування екстремумів, виходити з можливих областей локальних екстремумів та прискорити процес параметричного синтезу діагностичних нейро-нечітких моделей.

5. Вперше запропоновано метод донавчання діагностичних нейро-нечітких моделей, у якому виконується побудова коригувального блоку, що узагальнює дані коригувальних екземплярів, і впровадження його у вже існуючу модель, що дозволяє модифікувати діагностичні моделі з урахуванням інформації, отриманої в результаті нових спостережень.

6. Удосконалено стохастичний метод синтезу моделей на основі дерев розв'язків, який відрізняється використанням інформації про інформативність ознак, складність синтезованого дерева, точність його розпізнавання, що дозволяє на початковому етапі формувати множину деревоподібних структур, які характеризуються простою ієрархією та невисокою помилкою розпізнавання, у процесі пошуку створювати нові множини розв'язків з урахуванням інформації про значущість ознак та інтерпретовність генерованих дерев, що, у свою чергу, забезпечує можливість побудови дерева розв'язків з невеликою кількістю вузлів і зв'язків між ними та прийнятною точністю розпізнавання, а також можливість видобування на його основі найцінніших екземплярів для структурного синтезу діагностичних моделей.

7. Удосконалено стохастичний метод видобування чисельних асоціативних правил, який відрізняється попереднім розбиттям значень ознак на інтервали, використовує ймовірнісний перебір сполучень антецедентів і консеквентів асоціативних правил та апріорну інформацію про значущість



термів й ознак, що дозволяє істотно скоротити кількість проходів по заданому набору даних, виявляти правила з високим рівнем вірогідності й інших критеріїв оцінювання їхньої якості.

8. Удосконалено модель подання стохастичного пошуку у ярусно-паралельній формі для параметричного синтезу нейро-нечітких мереж, яка відрізняється використанням апріорної інформації про навчальну вибірку та просторове розташування рішень, що дозволяє більш детально досліджувати області можливих оптимумів та скоротити час настроювання параметрів синтезованих діагностичних нейромоделей.

9. Удосконалено систему критеріїв оцінювання інформативності ознак, яка відрізняється можливістю визначення значущості ознак, виходячи з просторового розташування екземплярів різних класів, та не вимагає побудови моделей на основі оцінюваних комбінацій ознак, що істотно знижує часові й обчислювальні витрати в процесі відбору інформативних ознак.

**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: «Інтелектуальні інформаційні технології автоматизації проектування, моделювання, керування та діагностування виробничих процесів і систем» (номер державної реєстрації – 0112U005350), «Інтелектуальні інформаційні технології діагностування та автоматичної класифікації» (номер державної реєстрації – 0115U004676), «Методи і засоби обчислювального інтелекту та паралельного комп'ютингу для оброблення великих даних в системах діагностування» (номер державної реєстрації – 0116U007419), «Методи і засоби прийняття рішень для оброблення даних в інтелектуальних системах розпізнавання образів» (номер державної реєстрації – 0117U003920), «Інтелектуальні інформаційні технології обробки даних» (номер державної реєстрації – 0118U100063), «Інтелектуальні методи та програмні засоби

діагностування й неруйнівного контролю якості техніки військового та цивільного призначення» (номер державної реєстрації – 0119U100360), а також у межах госпдоговірної НДР за договором між Національним університетом «Запорізька політехніка» та Акціонерним товариством «Мотор Січ» «Аналіз прогресивних технологій моделювання, оптимізації та інтелектуальної автоматизації етапів життєвого циклу авіаційних двигунів» (номер державної реєстрації – 0110U002624). У зазначених НДР здобувач брав участь як відповідальний виконавець, удосконалив та розробив методи оброблення даних для синтезу діагностичних моделей на основі нейро-нечітких мереж та стохастичного пошуку.

**Практичне значення результатів дисертаційної роботи.** Отримані теоретичні результати були досліджені експериментально на тестових і реальних даних, де довели свою перевагу над відомими методами. Запропоновані в роботі методи високопродуктивного оброблення даних для синтезу діагностичних моделей можуть бути використані в різних областях, де дані представлені у чисельному вигляді. 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 59 наукових робіт, з яких 32 наукові публікації розкривають основний зміст дисертації, зокрема опубліковано 20 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (з них 5 статей опубліковано одноосібно, 12 статей включено у міжнародні наукометричні бази Scopus та/або Web of Science), 10 статей у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та/або Web of Science, 2 монографії. Також здобувачем опубліковано 23 тези доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій (8 англійською мовою, включені у міжнародну наукометричну базу Scopus).

**Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації.** Оформлення автореферату за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам. Зміст автореферату ідентичний змісту основних положень дисертації, автореферат адекватно відображає результати дисертації.

**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 докторських дисертацій згідно «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова КМУ №567 від 24 липня 2013 р.), а також вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. 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 моделей на основі нейронних мереж (підрозділ 1.6) є достатньо детальним. Проте здобувач в досить поверхневій формі наводить порівняльний аналіз відомих нейро-нечітких методів оброблення діагностичних даних, хоча саме їх він обрав як базис для синтезу діагностичних моделей.

2. В роботі (підрозділ 2.2) при описі запропонованого стохастичного методу видобування чисельних асоціативних правил варто було б розширити опис етапів створення нової множини рішень. Не зовсім зрозуміло, яким чином відбираються рішення  $\chi_{parent1}$  та  $\chi_{parent2}$  для створення нових рішень  $\chi_{child}$  за допомогою формули (2.37).



3. В запропонованому паралельному методі видобування продукційних правил на основі обчислювального інтелекту (розділ 3) варто було б навести схематичне подання процесу видобування продукційних правил на основі індукції асоціативних зв'язків у паралельному режимі (підрозділ 3.2), що спростило б рівень сприйняття одержаних результатів. Крім того, варто було б приділити більше уваги аналізу обчислювальної складності розробленого методу.

4. В розділі 5 важко зрозуміти, як здійснюється алгоритмічна реалізація етапу розбиття поточної множини рішень на підмножини (підрозділ 5.2.4) запропонованого здобувачем методу параметричної ідентифікації нейро-нечітких мереж на основі паралельного стохастичного пошуку.

5. У відповідності до актів впровадження, у роботі пошукувач підтверджує практичну значущість одержаних результатів, але даному важливому аспекту у дисертаційній роботі приділено недостатньо уваги.

6. В авторефераті дисертації результати окремих експериментальних досліджень розроблених методів синтезу діагностичних моделей наведено із певним узагальненням. Для більш повного сприйняття результатів досліджень автора їх можна було б викласти більш детально.

7. Робота не позбавлена нестач оформлення, у дисертації та авторефераті є друкарські, синтаксичні і редакторські помилки.

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

**Загальні висновки по дисертаційній роботі.** Вважаю, що опонована дисертаційна робота Олійника А. О. 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 достовірні, робота базується на достатній кількості вихідних даних та розрахунків. Автореферат відповідає основному змісту дисертації.

У дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук Олійником А. О. 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 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.

Виконані в дисертаційній роботі дослідження та отримані наукові результати відповідають паспорту спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту. Автореферат оформлений згідно з чинними вимогами, що висуваються до докторських дисертацій, він повністю відповідає змісту дисертації і описує суть одержаних результатів та висновків у дисертаційній роботі.

За актуальністю, науковим рівнем, практичною цінністю, обсягом інформації, достовірністю результатів, правильною їх оцінкою, оформленням роботи докторська дисертація Олійника А. О. відповідає усім вимогам "Порядку присудження наукових ступенів" (Постанова КМУ № 567, від

24 липня 2013 р.), а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

Офіційний опонент:

завідувач кафедри інформатики та комп'ютерних наук  
Херсонського національного технічного університету,  
доктор технічних наук,  
професор



В. І. Литвиненко

Підпис Литвиненка Володимира Івановича засвідчую.

Начальник відділу кадрів ХНТУ



М.В. Танська