

ВІДГУК

офіційного опонента Леонова Сергія Юрійовича

про дисертаційну роботу Олійника Андрія Олександровича “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 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 отримуваної 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 Олійника А.О., яке присвячено розробленню та дослідженню методів високопродуктивного оброблення даних для синтезу діагностичних моделей, які поєднують інтелектуальні та паралельні обчислення 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: «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.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі

Розроблені у дисертаційній роботі методи оброблення даних для 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 математичного апарату кластерного аналізу – для виявлення груп компактно розташованих екземплярів при синтезі

діагностичних моделей; теорії нейро-нечітких мереж – як базис для синтезу діагностичних моделей; теорії паралельних обчислень – для розробки паралельних методів редукції даних та синтезу нейро-нечітких діагностичних моделей; стохастичного пошуку та лінійної алгебри для створення нових методів оброблення даних на основі дерев розв'язків, асоціативних правил, негативного відбору та нейро-нечітких мереж; математичної статистики – для обчислення оцінок індивідуальної значущості ознак в процесі побудови дерев розв'язків, видобування асоціативних правил та синтезу нейро-нечітких мереж, а також для аналізу ефективності розроблених методів синтезу діагностичних моделей 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, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи складає 439 сторінок тексту, що містять 2 анотації на 33 сторінках, 37 рисунків, 20 таблиць, список використаних джерел з 352 найменувань на 40 сторінках, 3 додатки на 43 сторінках. Зміст автореферату повністю відповідає змістові дисертації.

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 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.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Теоретична цінність отриманих А. О. Олійником результатів полягає в розробці методів високопродуктивного оброблення даних 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 оброблення діагностичних даних доведені до рівня практичної реалізації та дозволяють виконувати редукцію даних, видобування знань на основі дерев розв'язків, асоціативних правил та негативного відбору для структурного синтезу діагностичних моделей, а також будувати нейро-нечіткі діагностичні мережі, прості і зручні для подальшого аналізу та використання на практиці.

Достовірність теоретичних та практичних положень дисертації підтверджено впровадженням розроблених методів на Державному підприємстві «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» імені академіка О.Г.Івченка, Лубенському верстатобудівному заводі Акціонерного товариства «Мотор Січ», Публічному акціонерному товаристві «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь», Запорізькому державному медичному університеті, Товаристві з обмеженою відповідальністю «СофтХ», Товаристві з обмеженою відповідальністю «Науково-виробниче підприємство «Енергоальянс», Товаристві з обмеженою відповідальністю «Дніпро-Трейд», де використовуються для побудови діагностичних моделей технічних та медичних об'єктів.

Наукові положення, висновки й рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, були 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 59 наукових роботах, 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. Опубліковано 23 тези доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій (8 англійською мовою, включені до міжнародної наукометричної бази Scopus), які засвідчують апробацію матеріалів дисертації, 4 наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації, зокрема 2 патенти України на винахід. Всі положення та

результати дисертації одержані здобувачем особисто, повністю викладені в опублікованих наукових працях.

Результати дослідження Олійника А.О. 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 до дисертаційної роботи

Матеріали, наведені у дисертаційній роботі та авторефераті, мають такі недоліки:

1. В авторефераті дисертації відсутнє визначення формули для інтерпретовності дерева $Int(\chi_k)$ в описі стохастичного методу синтезу дерев розв'язків.

2. У першому розділі дисертації забагато уваги приділено загальним питанням попередньої обробки даних для синтезу діагностичних моделей (підрозділ 1.4). Слід було більше уваги приділити аналізу методів синтезу діагностичних моделей, наведеному дисертантом у підрозділі 1.5.

3. У другому розділі запропоновано різні методи, що можуть бути використані для видобування продукційних правил при побудові діагностичних моделей на основі інтелектуальних обчислень. Усі ці методи, хоча і мають різну структуру, фактично є варіаціями стохастичного пошуку. Виклад суті цих методів слід було зробити з більшим рівнем узагальнення, намагаючись при цьому більш чітко показати суттєві відмінності та виділити чітко подобу методів. Це значно спростило би їх подальший аналіз та використання.

4. При описі стохастичного методу синтезу дерев розв'язків (підрозділ 2.1) запропоновано досить великий комплекс критеріїв, що можуть бути використані для оцінювання інтерпретовності $Int(\chi_k)$ дерев розв'язків. Проте методику, яка б дозволяла для конкретних задач обирати найбільш

ефективні критерії оцінювання інтерпретовності дерев розв'язків, не запропоновано.

5. У четвертому розділі варто було б розробити модель для оцінювання обсягу використовуваних ресурсів паралельної комп'ютерної системи при використанні запропонованого здобувачем паралельного стохастичного методу редукції даних. Це спростило б його використання на практиці.

6. У розробленому методі параметричної ідентифікації нейро-нечітких мереж на основі паралельного стохастичного пошуку не достатньо обґрунтовано вибір значення параметру ϑ (підрозділ 5.2.5, с. 255), що визначає частку параметрів (генів) хромосоми, які піддаються мутації для створення нових рішень.

7. У розділі 6 в описі запропонованого методу донавчання діагностичних нейро-нечітких моделей та у результатах експериментальних досліджень відповідного методу, наведених у розділі 7, недостатньо уваги приділено аналізу обчислювальної складності методу.

8. Запропоновані у дисертації методи досліджено у розділі 7 на комплексі практичних задач різної природи, для яких результати експериментів подано в узагальненому вигляді. Проте питанням ефективного застосування запропонованих методів відповідно до конкретної прикладної області не приділяється достатньо уваги. Варто було б у сьомому розділі навести більш детальний аналіз отриманих експериментальних результатів з прикладної точки зору.

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

Висновок

Дисертаційна робота Олійника Андрія Олександровича є завершеним науковим дослідженням, що містить наукові положення та науково обґрунтовані результати, які розв'язують важливу науково-прикладну проблему розроблення та дослідження методів синтезу діагностичних

моделей, що 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 Олійника А.О. відповідає спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

За ступенем новизни, актуальністю теми, обґрунтованістю отриманих наукових і практичних результатів дисертаційна робота повністю відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. Вважаю, що автор дисертаційної роботи, Олійник Андрій Олександрович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

Професор кафедри обчислювальної техніки та
програмування Національного технічного університету
"Харківський політехнічний інститут"
доктор технічних наук, професор

Сергій ЛЕОНОВ

Підпис Сергія Юрійовича Леонова засвідчую

Учений секретар

Національного технічного університету

"Харківський політехнічний інститут"



 Олександр ЗАКОВОРОТНИЙ