

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора
КОРАБЛЬОВА Миколи Михайловича

про дисертаційну роботу

ОЛІЙНИКА Андрія Олександровича

«МЕТОДИ СИНТЕЗУ ДІАГНОСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ»,

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

Актуальність обраної теми

Дослідження складних технічних об'єктів, явищ та процесів пов'язано з необхідністю математичної формалізації та побудови моделей, що описують досліджувані об'єкти. Обчислювальні можливості сучасних засобів штучного інтелекту дозволяють формувати великі масиви даних та приймати рішення на їх основі. Часто така інформація використовується для автоматизації процесу діагностування. В таких випадках доцільним є використання моделей на основі нейро-нечітких мереж, які дозволяють апроксимувати досліджувані залежності з високою точністю та є зручними для сприйняття та аналізу фахівцями у предметних областях.

Проте процес синтезу діагностичних моделей на основі нейро-нечітких мереж, як правило, характеризується низькою швидкістю, можливістю зациклення у локальних мінімумах цільової функції навчання, вимогами до диференційованості цільової функції, а також часто призводить до отримання складних і надмірних моделей з низьким рівнем узагальнення та недостатньою якістю. Це суттєво обмежує ефективність застосування відомих методів синтезу діагностичних нейро-нечітких мереж на практиці.

Таким чином, на сьогоднішній день актуальною та важливою є науково-прикладна проблема розроблення та дослідження методів синтезу діагностичних моделей, які поєднують принципи інтелектуальних та паралельних обчислень, що дозволяє підвищити швидкість процесу побудови діагностичних моделей, збільшити їх інтерпретаційні та узагальнювальні можливості.



Робота виконувалася 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.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, що сформульовані у дисертаційній роботі, забезпечується коректним використанням сучасного математичного апарату, а саме: методи кластерного аналізу – для виявлення груп компактно розташованих екземплярів при синтезі діагностичних моделей; теорію нейро-нечітких мереж – як базис для синтезу діагностичних моделей; теорію паралельних обчислень – для розробки паралельних методів редукції даних та синтезу нейро-нечітких діагностичних

моделей; методи стохастичного пошуку та лінійної алгебри для створення нових методів оброблення даних на основі дерев розв'язків, асоціативних правил, негативного відбору та нейро-нечітких мереж; методи 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

Це дозволило розробити та дослідити методи високопродуктивного оброблення даних для синтезу діагностичних моделей, які поєднують інтелектуальні та паралельні обчислення для підвищення швидкості процесу побудови діагностичних моделей, збільшення їх інтерпретаційних та узагальнювальних можливостей, та підтвердило достовірність і важливість отриманих теоретичних результатів.

Для реалізації поставленої мети в дисертаційній роботі розв'язано такі завдання:

- аналіз та дослідження процесу синтезу діагностичних моделей на основі нейро-нечітких мереж;
- розробка нових методів видобування продукційних правил на основі дерев розв'язків, негативного відбору та асоціативних правил для синтезу діагностичних моделей;
- розробка паралельного методу видобування знань при обробці великих вибірок даних;
- розробка системи критеріїв оцінювання індивідуальної та групової інформативності ознак;
- розробка методу редукції даних на основі стохастичного підходу та високопродуктивних обчислень;
- розробка методу синтезу нейро-нечітких діагностичних моделей;
- розробка методу донавчання діагностичних нейро-нечітких моделей;
- експериментальне дослідження розроблених методів обробки даних та синтезу діагностичних моделей.

Розв'язання сформульованих задач, дослідження і перевірка теоретичних рішень з використанням методів комп'ютерного моделювання науково обґрунтовано, апробовано на міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах.

Достовірність результатів підтверджується також експериментальними дослідженнями технічних об'єктів, відповідністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень. Наукові положення дисертації мають належне теоретичне обґрунтування.

Основні наукові результати досліджень та їх наукова новизна

У порівнянні з існуючими методами й моделями, отримані наукові й практичні результати дозволяють значно підвищити швидкість побудови діагностичних моделей (у порівнянні з методами, які передбачають послідовну реалізацію обчислень), збільшити рівні інтерпретовності та узагальнення даних синтезованих моделей. Отримані результати мають важливе наукове й практичне значення для реалізації інтелектуальних систем діагностування.

В рамках цього напрямку отримано такі нові 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 та 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 сконцентрованості 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 нейро-нечітких 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 апіорну 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 апіорної 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.

Сукупність перелічених вище результатів складає нове рішення важливої 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.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Розроблені й обґрунтовані в дисертаційній роботі нові 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.

Результати практичної реалізації показали, що застосування запропонованих у дисертаційній роботі методів синтезу діагностичних моделей дозволило значно підвищити швидкість побудови діагностичних моделей у порівнянні з методами, які передбачають послідовну реалізацію обчислень,

збільшити рівні інтерпретовності та узагальнення даних синтезованих моделей. Отримані теоретичні результати були обґрунтовані, досліджені й впроваджені у виробництво 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 вони показали свої переваги й значимість над відомими рішеннями.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Виходячи із важливості, актуальності та якості одержаних наукових та практичних результатів, дослідження доцільно розвивати і використовувати в наукових та проектно-технологічних організаціях, де виконуються роботи з розробки, дослідження, впровадження та експлуатації інтелектуальних засобів у галузях машинобудування та приладобудування, у навчальному процесі закладів вищої освіти України.

Рекомендується продовжити дослідження з розробки та використання нових методів, моделей та інструментальних засобів інтелектуального аналізу даних у Національному університеті «Запорізька політехніка».

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

За темою дисертації опубліковано 59 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. 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.

Зміст автореферату повністю відповідає змістові дисертації.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації і автореферату

Дисертація 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.

Застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів, висновків і рекомендацій логічний, обґрунтований та забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

Автореферат повністю відповідає змісту дисертації, написаний грамотно, з використанням сучасної української наукової термінології. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає вимогам державних стандартів і МОН України.

Зауваження

Відзначаючи високий фаховий рівень, якість та повноту одержаних наукових та практичних результатів, їх новизну і важливість, варто зауважити, що робота не позбавлена окремих недоліків та спірних положень, до яких слід віднести такі.

1. У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз та досліджено процес синтезу діагностичних моделей на основі даних. Варто було б у цьому розділі приділити більше уваги дослідженню відомих методів діагностування на основі даних.

2. Для розроблених методів видобування продукційних правил (розділ 2) слід було б навести демонстраційні приклади або приклади з реальних предметних областей дослідження, що спростило б їх сприйняття.

3. У п. 2.1 в описі стохастичного методу синтезу дерев розв'язків, вказано на необхідність задавання коефіцієнтів γ_1 і γ_2 , що дозволяють врахувати важливість критеріїв $Int(\chi_k)$ та $E(\chi_k)$ для обчислення цільової функції за формулою (2.9), проте відсутні рекомендації з вибору значень цих параметрів для конкретних задач.

4. У п'ятому розділі дисертації при описі методу параметричної ідентифікації нейро-нечітких мереж на основі паралельного стохастичного пошуку як базис використовується нейро-нечітка мережа ANFIS. Варто було б навести рекомендації щодо застосування запропонованого методу для синтезу діагностичних моделей на основі нейро-нечітких мереж інших типів, наприклад, мережі Мамдані.

5. Опис роботи методу донавчання діагностичних нейро-нечітких моделей у шостому розділі виконано без графічних пояснень. Було б доцільно навести схематичне подання роботи цього методу, що спростило б його подальше використання.

6. У розділі 7 дисертації наведено результати експериментальних досліджень розроблених методів синтезу діагностичних моделей. Проте не наведено порівняльного аналізу ефективності їх впровадження на підприємствах. У цьому розділі доцільно було б навести результати досліджень за темами впровадження на реальних промислових об'єктах, що дозволило б краще оцінити якість та ефективність практичного застосування розроблених автором методів.

7. Вступна частина деяких розділів містить загальну інформацію та деякою мірою дублює матеріал першого розділу.

8. У тексті автореферату наведено опис процесу генерації початкових значень параметрів g_m асоціативних правил на етапі ініціалізації запропонованого здобувачем стохастичного методу видобування чисельних асоціативних правил. Проте не описано процес розрахунку початкового значення вихідного параметра при створенні початкового набору асоціативних правил. Крім того, як зауваження до автореферату варто вказати те, що виклад

результатів аналізу сучасних методів діагностування на основі даних є недостатньо аргументативним і міг бути більш детальним.

9. У дисертації та авторефераті зустрічаються друкарські, синтаксичні і редакційні неточності та помилки.

Вважаю, що наведені зауваження не впливають на загальну високу позитивну характеристику дисертаційної роботи здобувача, не зменшують її актуальності, наукової новизни та практичної значущості дисертаційних досліджень.

Висновок

У дисертаційній роботі Олійника Андрія Олександровича, відповідно до поставленої мети, наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення 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 інтерпретаційні та узагальнювальні можливості.

У порівнянні з існуючими методами та моделями, одержані наукові та практичні результати мають наукову новизну та практичну значущість, мають суттєві переваги над існуючими рішеннями. Одержані нові результати мають важливе наукове та практичне значення для побудови та розвитку інтелектуальних систем діагностування.

Враховуючи якість одержаних нових наукових результатів, їх значення для теорії та практики, вважаю: дисертаційна робота Олійника Андрія Олександровича є завершеним важливим науковим дослідженням, присвяченим 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 інтерпретаційних та узагальнювальних можливостей.

Дисертаційна робота здобувача А.О. Олійника відповідає паспорту наукової спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту (п. 11 – «Створення математичних моделей на принципах нечіткої логіки для застосування в системах штучного інтелекту», п. 14 – «Аналіз, синтез і

моделювання нейронних мереж, розроблення методів їх проектування, оптимізації та навчання»). Результати дослідження мають значні перспективи для їх подальшого розвитку та практичного застосування у сучасних системах різного призначення.

Всі результати дисертаційної роботи здобувачем одержано особисто, опубліковано у науково-технічних виданнях та апробовано на міжнародних наукових конференціях і форумах. Зміст автореферату відповідає змісту дисертації. Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні і відповідає всім вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова КМУ № 567, від 24 липня 2013 р.) щодо докторських дисертацій. Вважаю, що Олійник Андрій Олександрович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.23, – системи та засоби штучного інтелекту.

Офіційний опонент:

Професор кафедри комп'ютерних
інтелектуальних технологій та систем
Харківського національного університету
радіоелектроніки,
доктор технічних наук, професор


М.М. Корабльов

Підпис засвідчую:

Учений секретар Харківського національного
університету радіоелектроніки, к.т.н., доц.


І.В. Магдаліна

