

ВІДГУК офіційного опонента

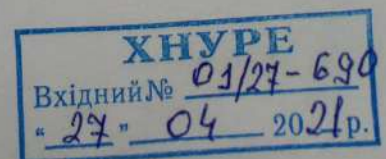
Доцента кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», кандидата технічних наук, доцента Чумаченка Дмитра Ігоровича на дисертаційну роботу Власенка Олександра Миколайовича «Методи та моделі інтелектуалізації процесів оперативного аналізу ризиків на основі м'яких обчислень», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

У дисертаційній роботі Власенка О.М. вирішено науково-прикладну задачу розробки нових методів та моделей аналізу даних в умовах інформації мінливого хаотичного характеру та високочастотної динаміки, та які відрізняються невеликим розміром та обчислювальною ефективністю.

Наукові результати, отримані в дисертації, направлені на вирішення теоретичних задач та прикладних проблем створення інтелектуалізованих робототехнічних систем; аналіз, синтез і моделювання нейронних мереж, розроблення методів їх проектування, оптимізації та навчання; розроблення технологій застосування нейрокомп'ютерів, прикладних систем на основі нейронних мереж. Аналіз сучасних тенденцій у розвитку динамічного аналізу даних на основі штучних нейронних мереж засвідчив недоліки нейро-фаззі моделей, до яких можна віднести проблему великої розмірності у багатьох прикладних задачах. Слід відзначити, що здобувач пропонує нові нейро-фаззі моделі та методи їх навчання, що збільшують точність та швидкість обробки, та зменшують похибку у процесі навчання.

Дисертація відповідає тематичній спрямованості наукових розробок, що здійснювались у Харківському національному університеті радіоелектроніки.

Визначені в дисертаційній роботі мета, завдання, об'єкт та предмет дослідження розкривають глибину, багатогранність проведеного наукового аналізу та сприяють систематизації теоретичних результатів вчених, та



створюють відповідне теоретичне підґрунтя для проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

Актуальність теми дисертаційної роботи.

У багатьох галузях виникає науково-технічна проблема інтелектуалізації процесів оперативного аналізу різноманітних ризиків, що вимагає застосування методів та моделей здатних оперувати нелінійними та нестационарними даними. Протягом тривалого часу класичні статистичні моделі були найбільш поширеними у моделюванні складних реальних процесів. Однак вони накладають суттєві обмеження на стаціонарність даних, попередньої обробки вхідних даних та складного апарату верифікації гіпотез.

Методи та моделі м'яких обчислень довели здатність ефективно вирішувати практичні задачі, включаючи прогнозування, ідентифікацію та аналіз наслідків ризикових ситуацій. Серед них нейро-фаззі моделі є одним з найбільш поширених типів прикладних систем. До їхніх недоліків слід віднести проблему великої розмірності та кількості налаштованих параметрів.

Побудова методів та моделей оперативного аналізу ризиків, які мають невелику кількість налаштованих параметрів, високу швидкодію є важливою науковою та інженерною проблемою.

З огляду на це тема дисертації тема дисертаційної роботи О.М. Власенка без сумніву є актуальною, як і у теоретичному так і у практичному аспекті.

Структура й обсяг дисертації.

Робота виконана у Харківському національному університеті радіоелектроніки. Дисертація складається зі змісту, вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел із 120 найменувань та 2 додатків на 6 сторінках. Повний обсяг дисертаційної роботи становить 139 сторінок.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми досліджень, наведено дані щодо зв'язку дисертаційної роботи з науковими темами та програмами, сформульовані мета і задачі дослідження, подано об'єкт, предмет та методи дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів,

приведені відомості про особистий внесок здобувача, публікації, про впровадження та апробацію результатів дослідження.

У **першому розділі** «Огляд стану проблеми і постановка завдання дослідження» проведено інформаційний та літературний аналітичний огляд, проаналізовано сучасний стан проблеми побудови методів обробки даних та моделей складних систем та процесів, які використовуються у оперативному аналізі ризиків.

У **другому розділі** «Гібридна нейро-фаззі модель у задачах прогнозування та аналізу» побудовано адаптивну нейро-фаззі модель, здатну відтворювати складні нелінійні залежності у вхідних даних та поєднувати велику точність у прогнозуванні з високою швидкістю. Запропоновано швидкий метод навчання для запропонованої моделі який поєднує ітеративний проєкційний метод Качмажа для налаштування вагових коефіцієнтів та градієнтний стохастичний метод для оптимізації параметрів функцій четвертого шару.

У **третьому розділі** «Ансамбль нейро-фаззі моделей у задачах оперативного аналізу ризиків» запропоновано ансамбль нейро-фаззі моделей, який демонструє похибку меншу за інші моделі. Запропонований метод синтезу дозволяє спростити вибір гіперпараметрів та використати можливості сучасних багатоядерних процесорів за рахунок паралельного навчання складових моделей.

У **четвертому розділі** «Поєднання емпіричної модової декомпозиції та нейро-фаззі моделей, ієрархічні моделі» запропоновано модифікований метод навчання нейро-фаззі моделей, заснований на поєднанні емпіричної модової декомпозиції та нейро-фаззі моделі для досягнення кращої точності. Запропоновано синтез ансамблів моделей з використанням методу емпіричної модової декомпозиції для зниження шумів та попередньої декомпозиції вхідних даних. Описано використання запропонованих моделей як складових у ієрархічних знання-орієнтованих системах нечіткого логічного виводу та експертних системах на їх основі.

У п'ятому розділі «Імітаційне моделювання та розв'язування практичних задач» описано процес імітаційного моделювання розроблених методів та моделей. Зокрема, нейро-фаззі моделі з багатовимірними гаусіанами у консеквентному шарі, моделювання навчання функцій належності першого шару, нейро-фаззі моделі з декількома вихідними змінними, ансамблів моделей, застосування емпіричної модової декомпозиції у навчанні нейро-фаззі моделей, ієрархічну інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень у оперативному аналізі ризиків.

У висновках стисло сформульовані ключові наукові і практичні результати дисертаційної роботи.

У додатках наведено перелік публікацій здобувача за темою дисертації та акти впровадження у навчальний процес кафедри штучного інтелекту Харківського національного університету радіоелектроніки та у діяльність ТОВ «САЙТОСС».

Наукова новизна отриманих результатів.

Основні наукові результати полягають в розробці нових гібридних адаптивних методів та моделей інтелектуалізації процесів оперативного аналізу ризиків в умовах неповної інформації на основі гібридних м'яких обчислень, які вирізняються високою точністю та обчислювальною ефективністю.

Отримана новизна:

А) вперше:

1. запропоновано п'ятишарову гібридну нейро-фаззі модель з багатовимірними гаусіанами у консеквентному шарі та швидкий метод її навчання з варіантами на базі квадратичної похибки та спеціалізованого критерію, що характеризується високою точністю, швидкістю обробки та обчислювальною швидкістю у процесі навчання за рахунок зменшення налаштованих параметрів моделі.

2. запропоновано ансамбль гібридних нейро-фаззі моделей з багатовимірними гаусіанами у консеквентному шарі та метод його синтезу, що характеризується зменшеною похибкою навчання, покращеними

узагальнюючими можливостями та спрощеною процедурою селекції гіперпараметрів.

Б) удосконалено:

3. метод навчання нейро-фаззі моделей та їх ансамблів застосуванням емпіричної модової декомпозиції, що відрізняється від аналогів можливістю зниження рівня шуму у випадку високодинамічних даних.

В) набув подальшого розвитку:

4. метод побудови ієрархічних знання-орієнтованих нечітких систем шляхом включення оцінок ймовірностей у процес логічного висновування та використання нейро-фаззі моделей як компонентів ієрархічної структури, що на відміну від існуючих методів дозволяє опрацьовувати малоймовірні критичні значення у задачах оперативного аналізу ризиків.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Автором виконано ґрунтовний аналіз наявних методів інтелектуалізації процесів оперативного аналізу ризиків на основі різноманітних підходів. Цей аналіз дозволив автору обґрунтовано сформулювати наукову та практичну задачу, мету роботи, виділити об'єкт та предмет дослідження.

Застосування методів імітаційного моделювання, а також обчислювальних експериментів, що були застосовані в роботі, дозволяє отримати обґрунтовані оцінки ефективності розроблених автором оригінальних методів та моделей.

Представлені автором моделі гібридних адаптивних нейро-фаззі моделей та їхніх ансамблів, методи їх навчання переконливо продемонструвала високий ступінь їх адекватності в обраному класі задач.

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним використанням теорії м'яких обчислень, теорії інтелектуального аналізу даних, теорії оптимізації, імітаційного та математичного моделювання та результатами програмних експериментів та експериментів на реальних об'єктах.

Повнота викладення основних результатів дисертації в наукових виданнях. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 15 наукових працях, з них 1 розділ у колективній монографії, що входить до науково-метричної бази SCOPUS, 2 статті за кордоном, що входить до науково-метричної бази SCOPUS, 2 статті у виданнях, які зазначені в переліках фахових видань України з технічних наук, 10 публікацій у матеріалах конференцій (3 включено до науково-метричної бази даних SCOPUS).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана в рамках держбюджетних тем «Динамічний інтелектуальний аналіз послідовностей нечіткої інформації за умов суттєвої невизначеності на основі гібридних систем обчислювального інтелекту» (№ДР0116U002539) та «Глибинні гібридні системи обчислювального інтелекту для аналізу потоків даних та їх швидке навчання» (ДР №0119U001403), які виконувалися у Харківському національному університеті радіоелектроніки, згідно наказів Міністерства освіти і науки України за результатами конкурсного відбору проектів наукових досліджень, у яких автор брав участь як виконавець.

Апробація наукових результатів

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на конференціях: Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (21-25 серпня 2018, м. Львів); Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (21-25 серпня 2020, м. Львів); First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (8-12 жовтня 2018, м. Київ); VI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні Управляючі Системи та Технології» (20 – 22 вересня 2017 р, Одеса); Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту-ISDMCI-2016 (24-28 травня 2016 р., Залізний порт, м. Херсон); Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту-ISDMCI-2012 (21-25 травня 2012 р., Євпаторія); XVI Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (17-19 квітня 2012 р., м. Харків); XVII Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка

та молодь у XXI столітті» (22-24 квітня 2013 р., м. Харків); XVIII Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (14-16 квітня 2014 р., м. Харків); XI Міжнародна науково-практична конференція "Математичне забезпечення інтелектуальних систем" 2013, (20-22 листопада 2013 р., Дніпро).

Практичне значення результатів дисертаційної роботи.

Розроблені в дисертаційній роботі нові гібридні адаптивні нейро-фаззі-системи та методи їх навчання дозволяють підвищити ефективність вирішення проблеми оперативного аналізу ризиків за умов невизначеності і може застосовуватися при вирішенні задач прогнозування, ідентифікації та діагностики. Ці нові методи та моделі довели свою ефективність при розв'язанні задач керування фінансовим портфоліо, що підтверджено відповідними актами впровадження.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота представлена Власенком О.М. є завершеним і цілісним дослідженням, її матеріал добре структуровано і викладено логічним чином, що узагальнює та розкриває дослідження автора. Роботу написано коректною українською мовою з використанням сучасної науково-технічної термінології.

Оформлення дисертації відповідає вимогам п. 9, пп. 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника». Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень і рекомендацій забезпечує їх адекватне і належне сприйняття.

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

Однак, у роботі **визначені певні недоліки:**

1. У аналізі стану проблему не достатньо розкрито використання глибинних штучних нейронних мереж.

2. Не вказано рекомендацій щодо вибору кількості функцій належності у першому шарі та багатовимірних гаусіанів у обчислювальних блоках четвертого шару.

3. Не в повній мірі описано чому налаштовується обернене значення матриці рецепторних полів (2.12), замість самої матриці.

4. Слід було би порівняти ефективність застосування EMD з вейвлетами.

5. Не розписано детально вигляд значень зворотного розповсюдження градієнту похибки у (2.12), (2.13), (2.14) та похідних від них формулах.

6. Слід було б використати більший набір критеріїв для порівняння моделей у п'ятому розділі.

7. Не наведено детального аналізу дисперсії результату ансамблю нейро-фаззі моделей у третьому розділі.

8. Слід було б ширше розкрити питання динамічної стійкості та стабільності запропонованих методів.

9. За текстом дисертації наявні стилістичні помилки.

Наведені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Загальні висновки по дисертаційній роботі.

Дисертаційна робота Власенка О.М. є завершеною науковою працею, у якій вирішено актуальну науково-практичну задачу: розробку нових гібридних нейро-фаззі систем та методів їх навчання та синтезу для вирішення задач ефективного аналізу ризиків в умовах нестаціонарних та неповних даних. Тематика та описані у змісті дисертації О.М. Власенка дослідження відповідають паспорту спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту, зокрема п. 1, п.14, п. 15. Отримані наукові результати мають важливе значення для розв'язання різноманітних практичних задач. Автореферат повністю відповідає змісту дисертації й описує суть одержаних результатів та висновків у дисертаційній роботі і оформлений згідно з чинними вимогами, що висуваються до кандидатських дисертацій.

Дисертація у повній мірі відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 та 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» (Затверджено постановою КМУ № 567, від 24 липня 2013 р. зі змінами) щодо кандидатських дисертацій, а її автор – Власенко Олександр Миколайович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

Офіційний опонент:

Доцент кафедри
математичного моделювання та
штучного інтелекту
Національного аерокосмічного
університету
ім. М. Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут»,
кандидат технічних наук, доцент



Д.І. Чумаченко

Підпис Чумаченка Д.І. засвідчую:
Вчений секретар



С.Є. Чмихун