

ВІДГУК офіційного опонента

на дисертаційну роботу Бойко Олени Олександрівни
**«Еволюційні нейро-фаззі системи
в задачах інтелектуального аналізу даних»**,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

Актуальність теми дисертаційної роботи. Задача обробки даних, що надходять послідовно в online режимі, на цей час є дуже актуальною. Набувають ще більшого розвитку такі напрямки, як Data Stream Mining та Dynamic Data Mining, що підтверджується зростаючою кількістю міжнародних конференцій, присвячених цій тематиці. Характерною особливістю задач, що вирішуються в рамках цих напрямків, є те, що обсяг вибірки не є фіксованим і зростає з плином часу, причому характер спостережень також може змінюватись. У подібних випадках більшість відомих систем, що у своїй основі мають фіксовану архітектуру, стають неефективними. Тому на сьогодні дуже важливою і актуальною є розробка таких систем, що можуть налаштовувати архітектуру та параметри в online режимі і ефективно та швидко обробляти дані для вирішення задач інтелектуального аналізу даних. Відомо, що це є предметом так званих еволюційних систем обчислювального інтелекту. Відомі еволюційні системи, як правило, працюють з вибіркою фіксованого об'єму, є занадто громіздкими з обчислювальної точки зору, або – для випадку кластеризації – можуть виконувати тільки чітку кластеризацію. Тому створення еволюційних нейро-фаззі систем, що поєднують у собі переваги еволюційного підходу та гібридних систем обчислювального інтелекту, є на сьогоднішній день важливою та актуальною задачею. Саме цій темі присвячена дисертаційна робота Бойко О. О.



Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Авторкою проведено огляд та аналіз відомих архітектур нейро-фаззі систем, що досить широко використовуються для вирішення задач інтелектуального аналізу даних. Крім того, виявлено недоліки таких систем та зроблено огляд еволюційного підходу до створення систем обчислювального інтелекту, який покращує якість обробки даних, що надходять у послідовному online режимі. Цей огляд і аналіз дозволив авторці обґрунтовано сформулювати мету роботи, науково-практичне завдання, виділити об'єкт та предмет дослідження.

Основні припущення, що покладені в основу теоретичних досліджень, є коректними, а імітаційне моделювання розроблених архітектур і методів навчання еволюційних нейро-фаззі систем підтвердили їхню ефективність у вирішенні задач інтелектуального аналізу даних, зокрема задач прогнозування і кластеризації.

Достовірність отриманих результатів. Достовірність викладених в дисертаційній роботі наукових положень, результатів і висновків, зроблених здобувачкою, підтверджується даними, що були отримані при імітаційному моделюванні, впровадженні результатів роботи, а також апробацією на міжнародних наукових конференціях.

Наукова новизна результатів дисертації. Аналіз дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що авторкою у процесі досліджень отримані такі наукові результати:

1. Вперше запропоновано метод гібридного навчання еволюційної багат шарової нейро-фаззі системи, який поєднує в собі процеси еволюції архітектури, самонавчання функцій належності і навчання синаптичних ваг, що дозволяє обробляти дані, що надходять послідовно в online режимі.

2. Вперше запропоновано метод навчання еволюційних систем на основі МГУА і каскадних систем обчислювального інтелекту з використанням в якості вузлів двовходових нейро-фаззі систем Ванга–Менделя з налаштуванням усіх параметрів функцій належності і двовходових нео-фаззі вузлів, що дозволяє обробляти дані в умовах коротких навчальних вибірок.

3. Вперше запропоновано метод адаптивного прогнозування нестационарних нелінійних часових рядів на основі еволюційної зваженої нейро(нео)-фаззі адитивної нелінійної авторегресійної моделі з екзогенними входами, що дозволяє налаштовувати як синаптичні ваги, так і архітектуру, та що призначений для обробки даних, що надходять в online режимі.

4. Удосконалено еволюційну нейро-фаззі кластерувальну мережу Кохонена і метод її налаштування, що відрізняються тим, що задача нечіткої кластеризації потоку даних вирішується в online режимі в умовах апріорної невизначеності щодо кількості кластерів.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках держбюджетних НДР «Нейро-фаззі системи для поточної кластеризації та класифікації послідовностей даних за умов їх викривленості відсутніми та аномальними спостереженнями» (№ ДР 0113U000361) та «Динамічний інтелектуальний аналіз послідовностей нечіткої інформації за умов суттєвої невизначеності на основі гібридних систем обчислювального інтелекту» (№ ДР 0116U002539), які виконувалися згідно наказів Міністерства освіти і науки України за результатами конкурсного відбору проектів наукових досліджень. У рамках зазначених НДР здобувачкою в якості виконавця розроблено адаптивні методи навчання еволюційних нейро-фаззі систем для вирішення задач прогнозування, емуляції та кластеризації в online режимі.

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 навчання еволюційних нейро-фаззі мереж можуть бути використані в різних областях, де дані представлені в числовій формі у вигляді таблиць «об'єкт-властивість» або часових послідовностей в режимі послідовної або пакетної обробки. Запропоновані архітектури і методи їх навчання довели свою ефективність при розв'язанні таких практичних задач:

- прогнозування медичних показників за допомогою запропонованої зваженої ANARX-системи у ТОВ «Інфобуд», м. Харків;
- кластеризація земельних ділянок за допомогою запропонованої еволюційної нейро-фаззі системи у ПП «НВП «Амальгама-Строй»», м. Харків.

Усі впровадження підтверджено відповідними актами.

Повнота викладу основних результатів у наукових виданнях та апробація. За результатами досліджень здобувачкою опубліковано 12 наукових робіт: 6 статей у періодичних фахових виданнях з технічних наук (серед них 3 статті у виданнях, що включено до переліків МОН України, 3 статті видано за кордоном), 6 публікацій у працях наукових конференцій, присвячених питанням обчислювального інтелекту та інтелектуального аналізу даних. Усі статті входять до міжнародних наукометричних баз, у тому числі SCOPUS та Web of Science.

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 кандидатських дисертацій згідно з пп. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова КМУ №567 від 24 липня 2013 р.), а також вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата 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 дисертації слід зазначити такі:

1. У другому розділі варто було б навести аналіз кількості параметрів, що налаштовуються у запропонованих системах.

2. Для еволюційної нечіткої кластерувальної нейронної мережі Кохонена не досить детально розкрито питання використання ковзного вікна та виведення рекурентної форми налаштування параметрів $\mu_j(k)$.

3. Варто було б детальніше розглянути недоліки використання ймовірнісного підходу до нечіткої кластеризації.

4. Для еволюційної багатосарової нейро-фаззі системи з гібридним навчанням надано дуже мало інформації щодо обрання кроку навчання.

5. Незрозуміло, як саме обирається потрібна точність при використанні систем, заснованих на МГУА, та еволюційних каскадних систем.

6. Варто було б більш детально розглянути послідовність налаштування вузлів і коефіцієнтів у зваженій ANARX-системі.

7. Для оцінки якості кластеризації під час імітаційного моделювання варто було б використати й інші індекси, окрім індексу Ксі-Бені.

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

Загальні висновки по дисертаційній роботі. Дисертаційна робота Бойко О. О. є завершеним науковим дослідженням, у якій вирішено актуальну на цей час науково-практичну задачу, а саме розробку еволюційних нейро-фаззі систем і методів їх навчання, які дозволяють в online режимі налаштовувати не лише синаптичні ваги і параметри функцій належності, але й архітектуру системи в цілому. Виконані в дисертаційній роботі дослідження та отримані наукові результати відповідають паспорту 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 та моделювання нейронних мереж, розроблення методів їх проектування, оптимізації та навчання». Автореферат оформлений згідно з чинними вимогами, що висуваються до кандидатських дисертацій, він повністю відповідає змісту дисертації і описує суть одержаних результатів та висновків у дисертаційній роботі.

Дисертація відповідає вимогам пп. 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова КМУ № 567, від 24 липня 2013 р.) щодо кандидатських дисертацій, а її авторка Бойко Олена Олександрівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

Офіційний опонент:

доцент кафедри програмних засобів
Запорізького національного
технічного університету,
кандидат технічних наук, доцент

Підпис доц. Олійника А. О. засвідчую
Учений секретар ЗНТУ



А. О. Олійник

В. В. Наумик