

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА
про дисертацію Міщук Олександри Сергіївни
**«НЕЙРОПОДІБНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ»,**

подану до захисту на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми кандидатської дисертації Міщук Олександри Сергіївни «Нейроподібні методи та засоби прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря» обумовлена значним погіршенням екологічної ситуації у зв'язку з постійним зростанням кількості шкідливих викидів у навколишнє середовище. Для дотримання деякого дозволеного стандартами допустимого рівня викидів необхідно здійснювати моніторинг забруднення повітряного середовища. До переліку завдань моніторингу атмосферного повітря входить прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря та оцінювання прогнозованих показників, що дає змогу визначити можливі негативні наслідки та з'ясувати оптимальні умови людської діяльності, які не погіршують якість повітряного середовища. Виконавши оцінку прогнозованих параметрів забруднення атмосферного повітря на деякому стаціонарному чи пересувному вимірювальному пості, можна обмежити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. Тому існує потреба в підвищенні точності та швидкості прогнозування параметрів забруднення повітряного середовища для планування та здійснення дій, спрямованих на захист довкілля.

З вищенаведеного можна зробити висновок, що дисертаційна робота Міщук Олександри Сергіївни «Нейроподібні методи та засоби прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря», яка присвячена розробці нових підходів до вдосконалення процесу прогнозування рівня забруднення атмосфери на мобільних та вбудованих пристроях, є актуальною.

Оцінка основного змісту дисертації та її структури.

Дисертаційна робота складається із 218 сторінок, з яких 151 сторінка основного тексту (52 рисунки, 41 формула та 10 таблиць), анотації (українською та англійською мовами), списку використаних джерел (161 бібліографічне найменування) та 5 додатків.

Вступ містить опис тематики роботи та обґрунтування її актуальності. Також вказано основні задачі досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Крім того, у роботі наведено відомості про наукові праці, опубліковані за результатами дисертаційного дослідження, та зазначено відомості про впровадження результатів роботи.

У першому розділі роботи описано існуючі моделі, методи та засоби прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря, в тому числі в умовах неповних даних. Зокрема, розглянуто нейромережевий підхід до вирішення задачі прогнозування, заснований на використанні таких моделей, як багатошарова нейромережа прямого поширення, нейронні мережі радіальних базисних функцій, нейронні мережі узагальненої регресії, рекурентні нейронні мережі та багато інших, які традиційно використовуються при розв'язуванні задач апроксимації складних нелінійних залежностей. Також проаналізовано нейроподібні структури, засновані на моделі послідовних геометричних перетворень, що не використовувалися раніше для розв'язування задач прогнозування стану довкілля, в тому числі і в умовах частково пропущених параметрів забруднення атмосферного повітря.

Другий розділ присвячено розробці універсального методу підвищення точності заповнення пропущених значень за рахунок формування додаткових вхідних ознак векторів концентрацій параметрів забруднення атмосферного повітря. Запропоновано два методи розширення вхідних вибірок даних: розроблено метод на основі виділення компактних кластерів та удосконалено метод функційного розширення, який заснований на використанні обернено-пропорційних квадратичних функцій. Наведено аргументи на користь того, що найефективнішим методом заповнення пропусків у даних екологічного моніторингу є метод на основі нейроподібної структури моделі послідовних геометричних перетворень.

У третьому розділі описано запропонований у роботі метод коротко-термінового прогнозування часових послідовностей показників параметрів забруднення повітряного середовища для збільшення горизонту прогнозування. Отримав розвиток метод нейромережевої ідентифікації коефіцієнтів поліномів за рахунок побудови матриці коефіцієнтів лінійних поліномів, які отримуються шляхом ідентифікації за результатами навчання лінійної нейроподібної структури моделі послідовних геометричних перетворень. У цьому розділі дисертаційної роботи експериментально показано, що запропонований метод прогнозування на основі лінійних поліномів забезпечив зменшення витрат пам'яті під час прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря.

У четвертому розділі наведено опис програмного забезпечення, розробленого для прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря на мобільних та вбудованих пристроях, в якому реалізовано нейромережеві та нейроподібні моделі та методи прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря, зокрема в умовах пропусків у даних. Результати проведеного комп'ютерного моделювання свідчать про те, що розроблені на основі нейроподібних структур моделі та методи послідовних геометричних перетворень показують точніші результати прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря та використовують менше оперативної пам'яті на вбудованих та мобільних пристроях, ніж інші досліджені у роботі моделі та методи прогнозування.

У додатках наведено програмний код розробленого програмного засобу для прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря підвищеної точності на мобільних та вбудованих пристроях. Також наведено акти впровадження реалізованих методів та програмного забезпечення на підприємстві АТ «Рівнегаз» та під час виконання науково-дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка» за кошти державного бюджету.

Достовірність та обґрунтованість отриманих в дисертаційній роботі наукових положень та висновків підтверджується їх відповідністю основним положенням теорії прогнозування та машинного навчання і впровадженням результатів досліджень на підприємстві АТ «Рівнегаз», що засвідчують відповідні документи.

Щодо нових наукових результатів дисертаційної роботи можна зазначити наступне:

- уперше розроблено метод короткотермінового прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря за допомогою поєднання лінійної та нелінійної нейроподібних структур для часткового коректування окремо додатних і від'ємних відхилень від точних значень, що забезпечило збільшення горизонту прогнозування часових послідовностей параметрів забруднення атмосферного повітря;
- уперше розроблено метод уведення додаткових атрибутів – маркерів кластерів у вектори входів, що забезпечило підвищення точності заповнення пропущених показників параметрів забруднення атмосферного повітря;
- отримав подальший розвиток метод побудови матриці коефіцієнтів лінійних поліномів, створеної шляхом їх ідентифікації за

результатами навчання лінійної нейроподібної структури моделі послідовних геометричних перетворень, що забезпечило зменшення затрат пам'яті під час прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря;

- удосконалено метод функційного розширення входів Йох-Хан Пао шляхом застосування раціональних дробів, що забезпечило підвищення точності заповнення пропущених концентрацій параметрів забруднення атмосферного повітря за рахунок зниження викидів в екстраполятивних точках.

Повнота викладу основних результатів дисертаційної роботи засвідчується 17 науковими публікаціями, серед яких 4 статті у наукових фахових виданнях України з технічних наук; 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави; 12 публікацій тез доповідей та матеріалів конференцій, з яких 4 включено до міжнародних наукометричних баз даних.

Вагомість результатів дисертації для науки. Теоретична цінність результатів дисертації полягає у розробці нових моделей та методів машинного навчання. Практична цінність дисертаційної роботи полягає у розробці методів для покращення ефективності прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря на мобільних та вбудованих пристроях, які засновані на використанні нейроподібних структур.

Результати дисертації використано у двох держбюджетних НДР: «Нейромережева технологія захисту та передачі даних у реальному часі з використанням шумоподібних кодів» (номер державної реєстрації № 0119U002256) та «Інформаційна технологія опрацювання персоналізованої медичної інформації» (номер державної реєстрації № 0119U002257).

Програмне забезпечення для прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря, розроблене на основі запропонованих у роботі моделей та методів, було успішно застосовано для моніторингу шкідливих викидів у акціонерному товаристві «Рівнегаз».

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.

Дисертація виконана з дотриманням вимог до оформлення результатів науково-дослідних робіт. Проте, необхідно зауважити наступне:

1. У роботі слушно зазначено, що нелінійне перетворення елементів навчальної вибірки в простір більш високої розмірності підвищує ймовірність лінійної роздільності образів (теорема Кавера). Але зовсім не зрозуміло, на підставі чого на с. 65 робиться висновок, що «часткова лінеаризація простору підвищує точність розв'язку не лише

завдань класифікації, але і регресії, до яких належить відновлення пропущених концентрацій параметрів забруднення атмосферного повітря».

2. На с. 74 сказано, що «З рис. 2.4 випливає, що найоптимальнішою кількістю кластерів є $k = 20$, оскільки для наступного набору кластерів $k = 15$ відбувається різке підвищення суми квадратів відстаней». Але ж на рис. 2.4 наведено графік спадної функції. Тому у тих випадках, у яких кількість кластерів більша за 20, сума квадратів відстаней є ще меншою. Чому ж тоді 20 вважається «найоптимальнішою кількістю кластерів»?
3. Видається недоцільним занадто детальний опис добре відомого класичного методу k -середніх, наведений у параграфі 2.1.5. Коротке посилання на літературне джерело цілком змогло би замінити 5 сторінок тексту.
4. У дисертаційному дослідженні не наведено ніяких пояснень стосовно вибору обернено-пропорційних квадратичних функцій для удосконалення методу функційного розширення входів саме у тому вигляді, у якому вони вказані у формулі (2.14).
5. Викликають сумніви дані, відображені на рис. 3.13, згідно з якими тривалість наївного прогнозування майже у 5 разів більша за тривалість прогнозування з використанням градієнтного спуску.
6. Не до кінця зрозуміло, чому у роботі для порівнянь використовується класичний метод градієнтного спуску, а не його більш сучасні модифікації (наприклад, метод моментів або Adam).
7. Здається недоцільним використання мобільних пристроїв для реалізації алгоритмів машинного навчання. Більш оптимальним було би використання клієнт-серверної архітектури, виконання обчислень на сервері та візуалізація результатів обчислень на гаджетах.

Висновки

1. Дисертаційна робота Міщук Олександри Сергіївни є завершеним науковим дослідженням та містить нові обґрунтовані наукові та практичні результати, що в сукупності вирішують важливу та актуальну задачу підвищення точності нейроподібних методів прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря на мобільних та вбудованих пристроях.

2. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.
3. Автореферат повністю відповідає змісту дисертації, описує суть одержаних результатів та висновків у дисертаційній роботі і оформлений згідно з вимогами.
4. Наведені зауваження до дисертації не змінюють загальну позитивну оцінку наукової значимості і практичної цінності роботи.
5. За науковими та практичними цінностями, апробацією та публікаціями дисертація відповідає встановленим вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», що висуваються щодо кандидатських дисертацій. Тому авторка дисертаційної роботи Міщук Олександра Сергіївна цілком заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

Доцент кафедри інформаційних
управляючих систем та технологій
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
кандидат технічних наук, доцент,
ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ



Коцовський В. М.

