Міжнародний конкурс студентських робіт зі штучного інтелекту 2026

II тур
Перший етап

Р Е Ц Е Н З І Я

на наукову роботу

назва Проєктування та розробка супутникової IoT-системи моніторингу забруднення повітря з використанням дробово-диференціальної моделі перенесення

шифр INVPROBMETER

представлену на Міжнародний конкурс студентських робіт зі штучного інтелекту

№ з/п	Характеристики та критерії оцінки рукопису наукової роботи	Рейтингова оцінка. Максимальна кількість балів (за 120-бальною шкалою)	Бали
1	Актуальність проблеми	10	9,4
2	Новизна та оригінальність ідей	15	12,2
3	Використані методи дослідження	15	10,8
4	Теоретичні наукові результати	10	7,6
5	Практична направленість результатів	20	15,8
6	Рівень використання наукової літератури та інших джерел інформації	5	3,4
7	Ступінь самостійності роботи	10	7,0
8	Якість оформлення	5	4,0
9	Наукові публікації	10	5,0
10	Недоліки роботи (пояснення зниження максимальних балів у пунктах 1-9): Неточності крайових умов і формул; немає окремого фінального тесту та порівняння з базовими методами; недостатня перевірка перенесення із симуляції на реальні датчики; не підтверджено заявлене підвищення точності.		
10.1	Наявність розробленого програмного забезпечення, у т.ч. веб-сервісу, мобільного застосунку	10	9,0
10.2	Рівень отриманих практичних результатів наукової роботи	10	7,8
Сума балів			92,0

Загальний висновок рекомендується для захисту на ПНПК
(рекомендується, не рекомендується для захисту на науково-практичній конференції)

Рецензент *члени Конкурсної комісії напряму «Обчислювальний інтелект»*

«06» листопада 2026 року

Дистанційний моніторинг атмосферних забруднювачів і локалізація джерела за обмеженими вимірюваннями мають високу практичну значущість, зокрема за відсутності наземного зв'язку. Мета поєднує екологічне моделювання, машинне навчання та супутниковий IoT.

Цінність становить інтеграція рекурентного розв'язувача дробової моделі, CNN–Transformer із трьома регресійними гілками та апаратного супутникового вузла. Однак використання суми експонент, згорток, самоуваги й багатоголового прогнозу саме по собі не визначає новизни. Бракує порівняння з найближчими роботами, абляцій архітектури та відокремлення авторських математичних результатів від відомих конструкцій.

Докладно описано генерацію даних, моделювання вітру й сигналів АЦП, навчання з HuberLoss, нормування за навчальною частиною та контроль валідації. Проте відкладена частина використовується для вибору найкращої епохи, тож є валідаційною; окремий фінальний тест не описаний. Формулювання розбиття «на тестову та навчальну 9:1» потребує уточнення фактичних часток. Немає порівняння з регуляризованим нелінійним МНК, простішою нейромережею та класичною моделлю $\beta=1$; не наведено повторів, інтервалів похибок і точного фактичного обсягу вибірок. Перевірка на даних того самого генератора не оцінює похибку фізичної моделі.

Наведено напіваналітичну рекурентну схему й апроксимацію ядра невід'ємною сумою експонент. Водночас умови (3)–(5) записані просто як $q=0$ без зазначення меж або граничних переходів. Не пояснено сумісність початкової гаусової хмари з умовою Неймана при $z=0$; потрібне обґрунтування відбиття або іншої побудови. Для дробового часу не визначено фізичні одиниці коефіцієнтів чи безрозмірне масштабування. Запис $\det A \to 0$ некоректний для прямокутної матриці $M \times N$ при $M>N$: слід аналізувати сингулярні числа. Не доведено збіжності й стійкості повної схеми; похибка ядра 10^{-6} не дорівнює похибці кінцевого поля.

Створення вимірювального вузла, корпусу, серверного API, кільцевого буфера і каналів HTTP/Iridium має виразну прикладну цінність. Однак необхідні калібрування газових сенсорів, оцінка температурно-вологісних впливів, перехресної чутливості й дрейфу. Не наведено числових вимірювань автономності, затримок, втрат і надійності супутникового обміну. Для мобільного застосування слід пояснити врахування руху носія.

Список містить дев'ять позицій: джерела з дробового числення, технічну документацію та репозиторій проєкту. Для міждисциплінарної задачі бракує сучасного огляду ідентифікації джерел, дробових чисельних схем, нейромережевих обернених задач і калібрування газових сенсорів.

Детальний опис генератора, навчання, інференсу, прошивки та фізичного складання підтримує позитивну оцінку особистої роботи. Автор прямо вказує зв'язок із власною бакалаврською роботою. Водночас особистий внесок у математичне виведення і запозичені програмні компоненти не розмежовано, історію розробки не перевірено.

Є зміст, основні розділи, інструкція, графіки, схеми та фото. Однак формули містять явні дефекти: GELU без erf/Φ і ReLU без max, повторення cos cos та використання t замість позначення кута вітру. Вектор параметрів у (19) має п'ять компонентів, тоді як далі відновлюються сім. Є посилання на відсутнє рівняння (29), стрибки нумерації та численні мовні помилки. Схему з платою Leonardo слід узгодити з описом Uno R4 WiFi.

Описано генератор, нейромережу, навчання, інференс, прошивку Arduino та FastAPI; додаток 1 містить ілюстрації програмних блоків, наведено адресу репозиторію та інструкцію запуску. Фото прототипу посилює підтвердження реалізації.

Є криві навчання, графіки MAE, відновлення сигналів і фізичний прототип. У тексті наведено приблизно MAE $\beta \approx 0{,}12$, x_0 і y_0 близько 1 м, $z_0 \approx 0{,}55$. Проте немає таблиці метрик зафіксованої моделі на незалежному тесті для всіх семи параметрів. Нев'язка концентрацій може бути малою за неточних параметрів: це визнається на с. 28 і обмежує висновок про локалізацію. Функціональна перевірка зв'язку й датчиків не є метрологічною перевіркою реконструкції джерела. Твердження про вищу точність за класичні рівняння та «безпомилковість» нейромережі не підтверджені відповідними експериментами.

Питання та рекомендації для захисту

1. Уточнити крайові умови, знак адвекції, конвенцію напрямку вітру, одиниці коефіцієнтів і сумісність початкових даних із непроникною поверхнею. Показати перевірку прямого розв'язувача за еталоном, зокрема при наближенні β до 1.
2. Визначити норму та діапазон, для яких заявлено похибку 10^{-6}. Окремо оцінити похибки апроксимації ядра, часової дискретизації, спектральної сітки й інтерполяції за β; пояснити обробку сингулярного ядра на останньому часовому інтервалі.
3. Надати точні обсяги train/validation/test, діапазони всіх параметрів, версію генератора й незалежний тест. Перевірити прості базові моделі, абляції CNN/Transformer/голів і невизначеність прогнозу.
4. Порівняти MAE з наївним прогнозом середнього або медіани для кожного параметра. Не порівнювати якість відновлення різних параметрів лише за числовими MAE в несумірних одиницях. Для β на діапазоні 0,1–1 абсолютна похибка 0,12 потребує такого контексту.
5. Провести контрольований фізичний експеримент із відомим положенням джерела й еталонними вимірюваннями. Перевірити калібрування чотирьох сенсорів, достатність тетраедра радіусом 19 см для ідентифікації семи параметрів, а також відмови, слабкі сигнали та інші умови поза генератором.
6. Перевірити режим холодного старту: підстановка двогодинної історії сталої погоди є припущенням, а не вимірюванням. Оцінити її вплив на локалізацію та час викиду, включно з маскуванням відсутніх даних.
7. Надати журнали реального Iridium-обміну, затримки, втрати, енергоспоживання й час інференсу. Відокремити мінімальне очікування 60 секунд після детекції від власного часу обчислення. Уточнити залежність серверної частини від зовнішньої інфраструктури.

Робота має значний інженерний обсяг і перспективне поєднання математичного моделювання, нейромереж та супутникового IoT. На цьому етапі найпереконливіше підтверджені реалізація прототипу та працездатність обчислювального підходу на синтетичних даних. Точність натурної локалізації, перевага над альтернативами й експлуатаційна надійність потребують додаткових доказів.