

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора

Клим Галини Іванівни

на дисертацію **Артемука Сергія Ігоровича**

«Застосування штучних нейронних мереж для визначення координат джерела акустичного сигналу»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка, галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

1. Актуальність теми

Актуальність дисертаційного дослідження полягає у необхідності вдосконалення систем визначення координат, які здатні ефективно опрацьовувати та аналізувати дані, одержані від різних джерел акустичних сигналів. Завдяки розвитку сучасних технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання та опрацювання даних, визначення координат із використанням нейронних мереж стає актуальною в багатьох галузях, зокрема навігації, картографії, геодезії, телекомунікації, безпеці та обороні, робототехніці, тощо. Нейронні мережі здатні опрацьовувати великі обсяги акустичних даних та навчатися на різноманітних наборах даних, враховуючи ехо, реверберацію, інтерференцію та інші акустичні явища. Поєднання акустичних методів локалізації об'єктів та технологій машинного навчання може дозволити створити швидші та точніші системи визначення координат джерела акустичного сигналу, які здатні враховувати та опрацьовувати складні взаємозв'язки вимірюваної інформації.

Таким чином, представлена робота щодо застосування штучних нейронних мереж для визначення координат джерела акустичного сигналу має важливе значення і є актуальним напрямом наукових досліджень.

2. Аналіз структури та змісту дисертації

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 194 сторінки, список використаних джерел містить 146 найменувань.

У вступі окреслено актуальність теми дисертації, мету, завдання дослідження, продемонстровано зв'язок роботи з науковими програмами і темами, відзначено наукову новизну результатів, їх практичне значення, особистий внесок дисертанта, описано об'єкт, предмет та методи дослідження.

У першому розділі проаналізовано літературні джерела щодо активних та пасивних методів визначення координат розташування об'єктів, відзначено основні відомості про кожен з розглянутих методів, їх переваги, недоліки та особливості застосування. Здійснено порівняння метрологічних характеристик систем визначення координат, які реалізовані із використанням пасивних методів.

У другому розділі досліджено математичну модель швидкості розповсюдження акустичного сигналу у повітрі, наведено структурну схему описаної в роботі системи визначення координат, розроблені програмно-математичні моделі розповсюдження акустичного сигналу та його реєстрації, а також формування наборів даних для навчання і перевірки нейронної мережі. Представлено алгоритм дослідження похибок системи, результати дослідження абсолютної похибки системи із параметрами за замовчуванням.

У третьому розділі здійснено оптимізацію системи визначення координат за критерієм мінімуму похибки, одержано залежності середнього значення абсолютної похибки визначення координат від параметрів системи та здійснено порівняння абсолютних похибок системи із оптимізованими параметрами та параметрами за замовчуванням.

У четвертому розділі досліджено неоднозначності результатів визначення координат, одержано залежності абсолютної похибки визначення координат джерела акустичного сигналу від температури та вологості навколишнього середовища, описано математичну модель корекції, яка забезпечує зменшення впливу температури та вологості на результати визначення координат, здійснено оцінювання сумарної похибки визначення координат, відстані та кута до джерела акустичного сигналу із врахуванням похибки вимірювання температури та вологості.

Висновки містять інформацію щодо основних наукових результатів роботи.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень та висновків у дисертації є достатньою і базується на детальному аналізі джерел за даною проблемою, чіткій постановці задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, правильним застосуванням математичного апарату при теоретичному розгляді наукових положень дисертації. Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації Артемука С.І. є комплексними та виходять із її вмісту, відображаючи одержані дослідником результати.

Достовірність та обґрунтованість представлених методів і засобів

підтверджується результатами досліджень та коректним застосуванням методів, які були використані під час виконання роботи. Достовірність одержаних результатів також забезпечується виконаними автором дослідженнями, публікаціями у фахових виданнях України, апробацією одержаних наукових результатів та їх впровадженням.

4. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна

Наукова цінність дисертаційного дослідження:

- вперше розроблено програмно-математичну модель системи визначення координат джерела акустичного сигналу на основі різницево-часового методу та технологій машинного навчання, що дає змогу сформувати набір даних для навчання та перевірки нейронної мережі, а також оптимізувати параметри системи за критерієм мінімуму похибки;
- вперше одержано залежності похибки визначення координат джерела акустичного сигналу від досліджуваних параметрів системи та нейронної мережі, які дають змогу розрахувати похибку визначення координат за необхідних параметрів системи та нейронної мережі;
- розроблено математичну модель корекції результатів вимірювання, що дає змогу зменшити додаткову похибку визначення координат джерела акустичного сигналу;
- одержав подальший розвиток різницево-часовий метод, який за рахунок використання нейронних мереж дозволяє покращити метрологічні характеристики реалізованих на його основі систем визначення координат джерела акустичного сигналу.

5. Практичне значення одержаних результатів

Дослідження робить важливий внесок у галузь автоматизації та приладобудування, зокрема у розвиток систем визначення координат розташування джерела акустичних сигналів. Запропонований спосіб визначення координат із застосуванням штучних нейронних мереж спрямований на покращення метрологічних та технічних характеристик систем локалізації об'єктів. Одержані результати досліджень також впроваджено у навчальний процес кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій для викладання дисциплін «Машинний інтелект в робототехніці» для бакалаврів спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка та «Мобільні робототехнічні пристрої» для магістрів спеціальності 175 – Інформаційно-вимірювальні технології, а також у діяльність компанії UNIDATALAB LTD.

6. Повнота відображення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих автором дисертації працях

Результати дослідження опубліковано достатньо повно. Основні положення дисертації опубліковані автором у 11 наукових працях, із них 5 статей у наукових фахових виданнях України, 6 праць у збірниках доповідей наукових конференцій. Основні положення та результати дослідження, представлені у дисертації, оприлюднені та обговорені на міжнародних науково-практичних конференціях, а саме: the XII International Scientific and Practical Conference: Advances in Technology and Science (Берлін, Німеччина, 2021 р.); the 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (Краків, Польща, 2021 р.); IX Міжнародній науково-технічній конференції «Захист інформації і безпека інформаційних систем» (Львів, Україна, 2023 р.); IV Міжнародно-практичній конференції «The world of modern technologies and inventions» (Відень, Австрія, 2023 р.); VI Міжнародно-практичній конференції «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи» (Львів, Україна, 2023 р.); 7th International scientific and practical conference: Current challenges of science and education (Берлін, Німеччина, 2024 р.), а також на наукових семінарах кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій Національного університету «Львівська політехніка».

Таким чином, наукові результати, які описані у дисертації, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача. Кількість публікацій, їх повнота у достатній мірі відображають особистий внесок автора і відповідають вимогам, що висувуються до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

7. Оформлення, мова та стиль дисертації

Дисертацію написано українською мовою, на хорошому стилістичному рівні. Застосована у роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. Стиль викладу матеріалів досліджень і наукових положень забезпечує їх належне сприйняття. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Тема, зміст та одержані наукові результати відповідають спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування.

8. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертації та публікацій аспіранта Артемука Сергія Ігоровича порушень академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації тексту у роботі відсутні.

9. Дискусійні положення та зауваження до дисертації

1. Представлені у роботі алгоритми навчання та перевірки нейронної мережі реалізовані за допомогою програмного пакету Matlab. Доцільно було б розглянути альтернативні варіанти застосування нейронних мереж, для прикладу із використанням Python та таких бібліотек для машинного навчання як Scikit-learn, PyTorch, TensorFlow.
2. Представлені у роботі дослідження проводились із використанням математичної моделі швидкості поширення звуку у повітрі. Таке дослідження необхідно було б провести, наприклад, у водному середовищі, у якому швидкість поширення звуку є більшою, а завад менше.
3. Усі представлені у дисертації дослідження здійснювалися для координат X та Y, а значення похибок для відстані і кута автор навів в підрозділі 4.5 при розрахунку сумарної похибки. Варто було б провести інші дослідження для кута і відстані.
4. В розділі 3 здійснено оптимізацію системи за критерієм мінімуму похибки. Було б цікаво розглянути інші критерії оптимізації, наприклад, час навчання нейронної мережі, швидкість визначення координат, використання ресурсів системи, на якій здійснювалось навчання.
5. В роботі досліджувалися лише 4 способи розташування сенсорів та не зрозуміло, чи можливе використання інших способів.
6. В таблиці 1.1 наведено порівняння лише пасивних методів визначення координат, тоді як порівняння активних методів не проводилося.

Варто зазначити, що наведені зауваження не знижують загального враження та позитивної оцінки представленого дисертаційного дослідження.

Висновки щодо дисертації

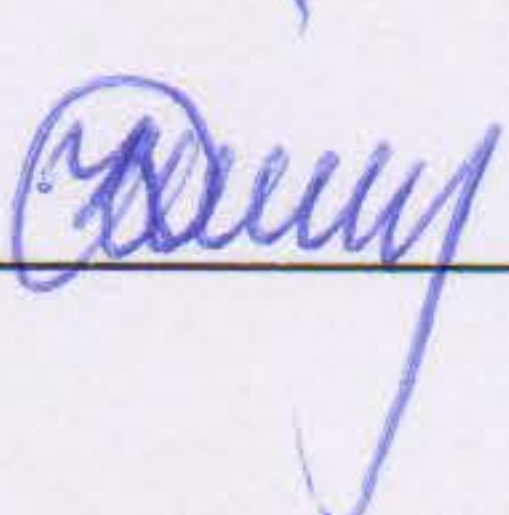
Дисертація Артемука Сергія Ігоровича «Застосування штучних нейронних мереж для визначення координат джерела акустичного сигналу», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка, галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування, є завершеним та цілісним самостійним

науковим дослідженням, містить достатню наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів. Зміст дисертації «Застосування штучних нейронних мереж для визначення координат джерела акустичного сигналу» відповідає обраній темі, забезпечує досягнення поставленої мети і вирішення завдання дослідження. Вказані зауваження щодо представленого дослідження не знижують вагомості одержаних у роботі наукових та практичних результатів і не змінюють позитивної оцінки.

З огляду на актуальність проблеми, вкладу автора у вирішення поставленого завдання, відсутності порушень академічної доброчесності вважаю, що дисертація цілком відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішень разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а здобувач Артемук Сергій Ігорович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка із галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування.

Рецензент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри спеціалізованих
комп'ютерних систем



Галина КЛИМ

Підпис д.т.н., професора Галини КЛИМ
«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного університету
«Львівська політехніка»

« 3 » 06 2024 р.



Роман БРИЛИНСЬКИЙ