

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора,
професора кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Національного
університету “Львівська політехніка”

Кочана Ореста Володимировича

на дисертацію Артемука Сергія Ігоровича
на тему «Застосування штучних нейронних мереж для визначення координат
джерела акустичного сигналу», подану на здобуття наукового ступеня доктора
філософії

за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування

1. Актуальність теми дисертації

В наш час відбувається стрімкий розвиток систем локалізації акустичних об'єктів, які застосовуються в різних сферах життєдіяльності людини, зокрема, навігації, картографії, геодезії, зв'язку, обороні, робототехніці, і багатьох інших. Системи локалізації акустичних об'єктів повинні забезпечувати на достатньому високому рівні точність, надійність та швидкодію. Застосування комп'ютерних технологій дає можливість створення систем локалізації об'єктів з покращеними технічними та метрологічними характеристиками. Акустичні сигнали є стійкішими до електромагнітних завад і здатні проникати через різноманітні перешкоди, що робить їх застосування ефективним у різних умовах та середовищах. Робота присвячена створенню систем визначення координат джерел акустичного сигналу із використанням нейронних мереж з покращеними метрологічними та технічними характеристиками.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність представлених у дисертації рішень, висновків та рекомендацій базується на кваліфікованому підході до сформульованих завдань досліджень, логічно правильному обґрунтуванні прийнятих гіпотез під час вибору математичних моделей і коректному використанні математичного апарату. Крім того, достовірність підтверджується коректністю розрахунків, проведених за допомогою сучасних прикладних програмних пакетів та апробацією отриманих результатів на наукових конференціях та семінарах.

Робота складається із анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 146 найменувань та 6 додатків. Загальний обсяг дисертації складає 194 сторінки, з них 134 сторінки основного тексту, що містять 16 таблиць, 70 рисунків та 61 формулу. За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України.

У першому розділі представлено аналітичний огляд існуючих активних та пасивних методів визначення координат розташування фізичних об'єктів, зокрема, часовий, фазовий (активний та пасивний), частотний, доплерівський, амплітудний та різницево-часовий. Наведено основні відомості про кожен з методів, його суть та структурну схему реалізації систем на основі цих методів. Також приведені характеристики точності розглянутих методів.

У цьому ж розділі сформована мета та задачі дослідження.

У другому розділі досліджено математичну модель, що описує швидкість розповсюдження акустичного сигналу в повітрі. Представлено структурну схему системи визначення координат джерела акустичного сигналу на основі різницево-часового методу та з використанням нейронної мережі. Розроблено програмно-математичні моделі, які дозволяють відтворити процес проходження акустичного сигналу від джерела до сенсорів, розрахувати час його реєстрації та сформувати набір даних для навчання і перевірки нейронної мережі. Визначено основні впливні фактори на похибку різниці часу: температура та вологість. Запропоновано алгоритм дослідження похибок системи визначення координат джерела акустичного сигналу. Проаналізовано три етапи дослідження похибок. Досліджено абсолютну похибку визначення координат джерел акустичного сигналу.

У третьому розділі проведено оптимізацію системи визначення координат джерела акустичного сигналу за критерієм мінімуму похибки для кількості навчальних пар, кількості та структури прихованих шарів нейронної мережі, форми розташування сенсорів та їх кількості, алгоритму навчання нейронної мережі, відстані від сенсорів до периметру розташування джерел акустичного сигналу та способу визначення базового сенсора, відносно якого розраховуються різниці часу. Процес оптимізації здійснювався ітеративно, а оптимальні параметри, визначені на попередніх етапах застосовувались для наступних ітерацій. Отримано залежності середнього значення абсолютної похибки визначення координат від параметрів системи, які дозволяють або розрахувати похибку при певних параметрах, або визначити параметри системи, що забезпечують необхідне значення похибки.

У четвертому розділі досліджено неоднозначність результатів визначення координат джерела акустичного сигналу, яка присутня майже у всіх системах локалізації об'єктів і призводить до суттєвого зростання похибки визначення координат. За результатами проведеного дослідження встановлено, що у системах побудованих на основі різницево-часового методу із нейронною мережею неоднозначність результатів визначення координат відсутня. Отримано залежність абсолютної похибки визначення координат джерела акустичного сигналу від температури та вологості. Встановлено, що найбільше зростання похибки зумовлене температурою. Запропоновано спосіб корекції, який забезпечує зменшення впливу температури та вологості навколишнього середовища на результати визначення координат.

3. Наукова новизна результатів досліджень

1. 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.

2. Вперше отримано 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.

3. Розроблено математичну модель корекції результатів вимірювання, застосування якої дає змогу зменшити додаткову похибку визначення координат джерела акустичного сигналу, що зумовлена зміною температури та вологості, на два порядки.

4. Отримав 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.

4. Значущість результатів дослідження для науки і практики

Результати роботи та виконаних досліджень мають вагомое наукове значення у спеціальності «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», а також в галузі знань «Автоматизація та приладобудування», а саме: розроблені програмні модулі та алгоритми формування даних для навчання та перевірки нейронної мережі, розроблено програмний модуль для дослідження залежності похибки визначення координат джерела акустичного сигналу від змін впливних величин, Розроблений алгоритм корекції похибок результатів визначення координат. Результати досліджень дисертації впроваджені, зокрема і у навчальний процес кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисципліни: «Мобільні робото-технічні пристрої» для магістрів спеціальності 175 Інформаційно-вимірювальні технології, та «Машинний інтелект в робототехніці» для бакалаврів спеціальності 152-Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

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

Основні положення дисертації опубліковано у 11 наукових працях, з яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України та 6 наукових публікацій у збірниках матеріалів конференцій, з яких 1 публікація включена до наукометричних баз даних Web of Science, Scopus. Основні результати та висновки дослідження викладено в дисертації. Дисертант брав участь у

всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях та наукових семінарах кафедри «Інформаційно-вимірювальних технологій» Національного університету «Львівська політехніка».

6. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана зрозуміло, доступно, на належному технічному рівні з використанням сучасної термінології. Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

7. Дискусійні положення та зауваження до дисертації

Робота має кілька недоліків

- 1) У роботі використовується десяткова крапка, а не кома.
- 2) Неодноразово при цитуванні джерел спершу йде більший номер, а тоді менший.
- 3) У таблиці 1.1 незрозумілий принцип групування матеріалу. Через це складно розібратися у матеріалі.
- 4) Вказано алгоритми навчання лише неявним чином через вказання функцій у Матлабі.
- 5) Необгрунтовано чому найближча відстань від розташування сенсорів до периметру розташування ДАС становить 200 м.
- 6) Рисунки 2.14, 2.15, 3.13, 3.14 варто було б додатково проілюструвати гістограмами для кращої візуалізації відносних частот розподілів абсолютної похибки координат.
- 7) Для кращого сприйняття числа у таблицях 3.3, 3.6, 3.7, 3.8 слід було подати у експоненціальній формі.
- 8) При дослідженні впливу відносної вологості повітря на похибку визначення координати у параграфі 4.3 виявлено цікавий факт – похибка визначення координати x на порядок більша від похибки визначення координати y . Таке ж співвідношення між похибками і після корекції. У роботі цей факт не пояснений.
- 9) У форматуванні літературних джерел відсутній єдиний підхід: зустрічаються як повні назви журналів, так і їх скорочення; іноді йде перелік авторів через кому, а подекуди зустрічається сполучник and; зустрічаються різні типи лапок.
- 10) Розділ структура та зміст містить фразу «Робота написана грамотною українською мовою з використанням сучасної наукової термінології, а стиль викладення матеріалу є послідовним та логічним.», яка є оцінкою роботи. Але дисертант не повинен оцінювати свою роботу.

Наведені вище зауваження не впливають на обгрунтованість наукових положень та висновків дисертації і не знижують її наукової та практичної цінності.

8. Загальний висновок

Дисертація Артемука Сергія Ігоровича на тему «Застосування штучних нейронних мереж для визначення координат джерела акустичного сигналу» є завершеним, самостійно виконаним науковим дослідженням.

Отримані наукові положення та практичні результати є значущими для галузі автоматика та приладобудування в цілому та метрології і інформаційно-виміральної техніки зокрема. Тема, зміст дисертації та отримані наукові результати відповідають предметній області спеціальності 152 = Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка.

Враховуючи актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових висновків, положень та рекомендацій викладених у роботі, новизну та практичну цінність, повноту викладення матеріалів у наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішень спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, а її автор, Артемук Сергій Ігорович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 - Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка.

Рецензент

Доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інформаційно-
вимірвальних технологій
Національного університету
"Львівська політехніка"


Орест КОЧАН

Підпис д.т.н., професора Ореста КОЧАНА
«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного університету
«Львівська політехніка»

« 6 » 06 2024 р.




Роман БРИЛИНСЬКИЙ