Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Image not found or type unknow

Державний обліковий номер: 0824U002402

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-07-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Артемук Сергій Ігорович

2. Serhii I. Artemuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4279-7065

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 152

Назва наукової спеціальності: Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Галузь / галузі знань: автоматизація та приладобудування

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Дата захисту: 25-06-2024

Спеціальність за освітою: 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 5624

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23, 28.23.37, 90.27.36

Тема дисертації:

1. Застосування штучних нейронних мереж для визначення координат джерела акустичного сигналу

2. Application of artificial neural networks to determine the coordinates of an acoustic signal source

Реферат/анотація:

1. Дисертація присвячена розробленню та дослідженню способу визначення координат джерела акустичного сигналу на основі різницево-часового методу із використанням технологій машинного навчання для покращення метрологічних характеристик систем локалізації реалізованих за досліджуваним способом. В роботі 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. Для кожного з методів наведено основні відомості, його суть та структурну схему реалізації систем на основі цих методів. За результатом аналізу методів встановлено, що застосування активних методів для визначення координат джерела акустичного сигналу практично неможливе. Оптимальним для вирішення задачі визначення координат джерела акустичного сигналу є різницево-часовий метод із використанням нейронної мережі в складі обчислювального компоненту. В роботі представлено структурну схему системи визначення координат джерела акустичного сигналу на основі різницево-часового методу та з використанням нейронної мережі. Для формування набору

даних для навчання та перевірки нейронної мережі розроблено програмно-математичні моделі, які дозволяють відтворити процес проходження акустичного сигналу від джерела до сенсорів та розрахувати час його реєстрації. Із використанням описаних програмно-математичних моделей та алгоритмів було проведено дослідження похибок системи із параметрами за замовчуванням. За результатами дослідження для параметрів системи за замовчуванням максимальне значення абсолютної похибки не перевищує 16 м. Оскільки це значення суттєво перевищує подібні аналоги, то вирішено здійснити оптимізацію системи визначення координат джерела акустичного сигналу за критерієм мінімуму похибки для таких параметрів як кількість навчальних пар, кількість та структура прихованих шарів нейронної мережі, форма розташування сенсорів та їх кількість, алгоритм навчання нейронної мережі, відстань від сенсорів до периметру розташування джерел акустичного сигналу та спосіб визначення базового сенсору, відносно якого розраховуються різниці часу. Процес оптимізації здійснювався ітеративно, а оптимізовані на попередніх ітераціях параметри застосовувались для наступних ітерацій. За результатами оптимізації встановлено оптимальні параметри системи визначення координат джерела акустичного сигналу за яких отримано мінімум похибки. Здійснено порівняння систем із оптимізованими параметрами та параметрами за замовчуванням. Без врахування додаткових похибок максимальне значення абсолютної похибки визначення координат джерела акустичного сигналу для системи з оптимізованими параметрами є меншим на 4 порядки. Максимальне значення при цьому є меншим на 4 порядки. Окрім основних джерел похибки досліджено і додаткові. Одним з джерел є 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 (діапазон від -10°C до 50°C), а максимальне значення абсолютної похибки визначення координат становить 110 м та 20 м відповідно. За впливу вологості на зміну швидкості акустичного сигналу максимальне значення абсолютної похибки зростає до 3.5 м. Враховуючи суттєве зростання похибки застосовано корекцію, яка забезпечує зменшення впливу температури та вологості навколишнього середовища на результати визначення координат. Застосування корекції дозволило зменшити максимальне значення абсолютної похибки до 0.38 м за впливу температури та до 0.14 м за впливу вологості. З врахуванням попередніх результатів оптимізації та корекції було досліджено сумарну похибку із врахуванням похибки нейронної мережі, часу реєстрації акустичного сигналу, а також похибок, які зумовлені зміною температури та вологості повітря. Максимальне значення сумарної похибки не перевищує 1.5 м за координатою X, 0.25 м за координатою Y, 1.5 м для відстані та 0.031° для кута. Відносна похибка визначення відстані та кута до джерела акустичного сигналу є в 5 разів меншою в порівнянні з існуючими методами і не перевищує 0.08 %.

2. The thesis is devoted to the development and research of a method for determining the coordinates of an acoustic signal source based on the time-difference method using machine learning technologies to improve the metrological characteristics of localization systems. This paper presents a review of existing active and passive methods for determining the coordinates of physical objects, in particular, time, phase (active and passive), frequency, Doppler, amplitude, and time-difference methods. For each of the methods, the basic information, its essence, and the structural scheme of the implementation of systems based on these methods are presented. Based on the analysis of the methods, it was found that the use of active methods to determine the coordinates of an acoustic signal source is practically impossible. The optimal method for solving the problem of determining the coordinates of an acoustic signal source is the time-difference method using a neural network as part of the computing component. The paper presents a block diagram of a system for determining the coordinates of an acoustic signal source based on the time-difference method and using a neural network. To generate a data set for training and testing the neural network, it was developed software and mathematical models that allow us to reproduce the process of passing an acoustic signal from the source to the sensors and calculate the time of its

registration. Using the described software and mathematical models and algorithms, we investigated the errors of the system with default parameters. According to the results of the study, for the default system parameters, the maximum value of the absolute error does not exceed 16 m. Since this value is significantly higher than similar analogues, it was decided to optimize the system for determining the coordinates of the acoustic signal source according to the criterion of minimum error for such parameters as the number of training pairs, the number and structure of hidden layers of the neural network, the shape of the sensor arrangement and their number, the neural network training algorithm, the distance from the sensors to the perimeter of the location of the acoustic signal sources, and the method for determining the base sensor relative to which time differences are calculated. The optimization process was carried out iteratively, and the parameters optimized in previous iterations were used for subsequent iterations. Based on the results of the optimization, the optimal parameters of the system for determining the coordinates of the acoustic signal source were determined, at which the minimum error was obtained. The systems with optimized parameters and default parameters were compared. Without taking into account additional errors, the maximum value of the absolute error in determining the coordinates of the acoustic signal source for the system with optimized parameters is 4 orders of magnitude less. The maximum value is 4 orders of magnitude lower. In addition to the main sources of error, additional ones were investigated. One of the sources is the ambiguity of the results of determining the coordinates of the acoustic signal source, which is present in almost all object localization systems and leads to a significant increase in the error in determining the coordinates. According to the results of the study, it was found that in systems built on the basis of the time-difference method with a neural network, there is no ambiguity in the results of coordinate determination. The dependence of the absolute error in determining the coordinates of an acoustic signal source on temperature and humidity was obtained. It was found that the greatest increase in error is caused by temperature (range from -10°C to 50°C), and the maximum value of the absolute error in determining the coordinates is 110 m and 20 m, respectively. When humidity affects the change in the acoustic signal velocity, the maximum absolute error increases to 3.5 m. Given the significant increase in error, a correction was applied to reduce the influence of ambient temperature and humidity on the results of coordinate determination. The application of the correction made it possible to reduce the maximum value of the absolute error to 0.38 m under the influence of temperature and to 0.14 m under the influence of humidity. Taking into account the previous results of optimization and correction, the total error was investigated, taking into account the error of the neural network, the time of acoustic signal registration, as well as errors caused by changes in temperature and humidity. The maximum value of the total error does not exceed 1.5 m in the X coordinate, 0.25 m in the Y coordinate, 1.5 m for distance, and 0.031° for angle. The relative error in determining the distance and angle to the acoustic signal source is 5 times less compared to existing methods and does not exceed 0.08 %.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- Хома Ю. В., Микитин І. П., Артемук С. І., Бридінський В. А. Нейрокомп'ютерна система керування на основі платформи Open BCI та глибоких нейронних мереж // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2020. Т. 31 (70), № 4. С. 127–135.

- Артемук С. І., Микитин І. П. Методи визначення координат джерела акустичного сигналу // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки. 2022. № 3. С. 59–72.
- Артемук С. І., Микитин І. П. Система для визначення координат джерела акустичного сигналу на основі різницево-часового методу та методів машинного навчання // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2023. № 3. С. 7–18.
- Артемук С. І., Микитин І. П. Оптимізація алгоритму визначення координат джерела акустичного сигналу за критерієм мінімуму похибки // Збірник наукових праць одеської державної академії технічного регулювання та якості. 2023. № 2 (23). С. 41–51.
- Mykytyn I., Artemuk S. System for determining the sound source coordinates // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідомчий науково-технічний збірник. 2023. Вип. 84, № 4. С. 17–22.

Наукова (науково-технічна) продукція: програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Микитин Ігор Петрович
2. Ігор П. Микитин

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.11.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7157-3725

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кучерук Володимир Юрійович
2. Володимир Ю. Кучерук

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6422-7779

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Уманський національний університет садівництва

Код за ЄДРПОУ: 00493787

Місцезнаходження: вул. Інститутська, буд. 1, Умань, Уманський р-н., 20301, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Василевський Олександр Миколайович

2. Oleksandr M. Vasilevskyi

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.01.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8618-0377

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Техаський університет в Остіні

Код за ЄДРПОУ: 74-6000203

Місцезнаходження: 2515 Speedway, Austin, Austin, TX 78712, Сполучені Штати Америки (США)

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Клим Галина Іванівна

2. Halyna I. Klym

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9927-0649

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кочан Орест Володимирович
2. Orest V. Kochan

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.11.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3164-3821

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Микийчук Микола Миколайович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Микийчук Микола Миколайович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Гонсьор Оксана Йосипівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна