

*Канюка Р. Ю., здобувач вищої освіти,  
Ротштейн О. П., д-р техн. наук, професор,  
професор кафедри інформаційних технологій,  
Донецький національний університет імені Василя Стуса*

## **МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ОТРИМАНИХ ДАНИХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА РУХУ**

*Анотація. Дослідження методів звукової локації для реалізації власної системи визначення джерела акустичної хвилі. Покращення точності та зручності за допомогою аналізу отриманих даних звукових хвиль.*

*Ключові слова: конференція, ультразвукова локація, акустика, arduino, швидке перетворення Фур'є, датчик руху.*

**Вступ.** Звукові сигнали широко застосовуються в різних галузях. Одним із популярних застосувань є звукова локалізація, де місцезнаходження і напрямок джерела звуку визначаються шляхом аналізу звукового сигналу та часу повернення. Наукові дослідження використовують її для вивчення атмосферних явищ, як-от блискавки або турбулентність, та геофізичних досліджень, зокрема і сейсмічної активності. У промисловості звуколокація застосовується для неінвазійного обстеження матеріалів та конструкцій, як-от труби, мости та будівлі.

Простота цієї технології дає змогу реалізувати прототип за допомогою отриманих знань, оскільки для реалізації потрібен лиш мікрофон чи будь-який аналогічний прилад.

За допомогою швидкості звуку в повітрі та вимірюваного часу від моменту випромінювання до моменту отримання відбитого сигналу можна розрахувати відстань до об'єкта. Математичним представленням є формула (1.1) на основі методу часу польоту (Time of Flight, ToF):

$$d = \frac{vt}{2}. \quad (1.1)$$

Для вирішення проблеми шумів застосовують методи усереднення (передбачення). *Метод Калмана* дає змогу зменшити похибку в точності вимірювань відстані до дистанції акустичного джерела.

**Основний текст.** У дослідженні використовуватиметься готовий прототип (рис. 1) для отримання даних та їх подальшого покращення.

Ультразвуковий датчик працює за допомогою вимірювання часу, який необхідний звуковій хвилі, щоб пройти від датчика до об'єкта та повернутися назад. Основною проблемою датчика є реакція на рух. Компонентами ультразвукового датчика є випромінювач, що генерує ультразвуковий сигнал, і приймач, що фіксує відбитий сигнал. Ультразвукові датчики використовуються в різних галузях, як-от робототехніка, автомобільна промисловість (для пакувальних систем), системи безпеки та автоматизації, для вимірювання відстаней до об'єктів, виявлення перешкод і визначення положення об'єктів.

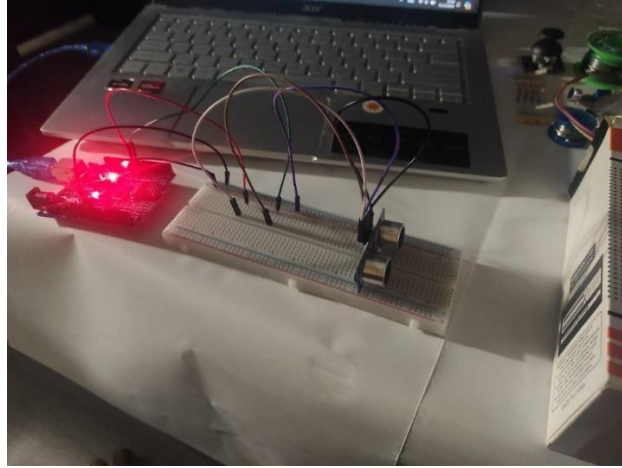


Рисунок 1 – Прототип ультразвукового датчика на основі Arduino HC-SR04

Ультразвуковий датчик випромінює ультразвукові хвилі зазвичай з частотою приблизно 40 кГц, які відбиваються від об'єкта, а потім повертаються до приймача, що дає змогу виміряти відстань до об'єктів. Датчик має хороший діапазон вимірювання (від 2 см до 400 см) і прийнятну точність (зазвичай  $\pm 3$  мм). HC-SR04 простий у підключенні до мікроконтролерів, як-от Arduino, та знайомий багатьом інженерам через свою доступність і низьку вартість.

Швидкість роботи датчика становить 20-30 мілісекунд на одне вимірювання, що дає змогу отримувати 35-50 вимірювань відстані за секунду.

Як було вже описано, Метод Калмана використовує математичну модель процесу для прогнозування наступного стану системи на основі попередніх даних. Це означає, що він може передбачити, які значення мають бути, і уникнути впливу шумів. Загальна формула представлення (1.2):

$$\hat{x}_k, k = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^{k-1} x_i. \quad (1.2)$$

**Висновки.** За допомогою Arduino та фільтрації методом Калмана здійснимо рух на шляху датчика з певним коливанням на місці. Результат тестування дав змогу підвищити точність. Відображений результат на рис. 2 дає змогу нехтувати постійними коливаннями тіла, що рухається, щоб знайти середню відстань.



- Отримані данні від руху приладу
- Фільтрація калман

Рисунок 2 – Графік відображення отриманих даних по відстані та обробленого результату

Подальше покращення продукту та додавання сервоприводу, другого датчика та розвинутого фільтра Калмана, дасть змогу покращити точність приладу та реагувати на рух краще.

### Список використаних джерел

1. Kalman filter. Кафедра програмного забезпечення Дніпровського державного технічного університету. URL: <http://pzs.dstu.dp.ua/DataMining/kalman/index.html> (дата звернення: 24.10.2024).
2. Дончак О. В. Спосіб визначення просторового положення об'єктів на основі алгоритму TDOA: магістерська дис.: 123 Комп'ютерна інженерія (Комп'ютерні системи та компоненти) / Дончак Олексій Володимирович. Київ, 2018. 109 с.
3. Бондаренко А. Просторова локалізація акустичних подій в електронній музиці: досвід дослідження. *Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка*. Дрогобич: Вид. дім «Гельветика», 2020. Вип. 34, т. 1. С. 26–30.
4. Ajoy R. Навчальна робота реалізації акустичної системи за допомогою Arduino Uno та HC-SR04. URL: <https://www.instructables.com/Ultrasonic-Mono-Pulse-Tracker/> (дата звернення: 24.10.2024).