**Панчак Дмитро Вікторович**

аспірант спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”

Західноукраїнський національний університет

**Фільтрація сенсорних даних для підвищення стійкості автономних роботів у мінливих умовах**

**Вступ**

Автономні роботи дедалі ширше застосовуються в різних сферах, таких як промисловість, транспорт, медицина та військова справа. Вони часто працюють у складних і мінливих умовах, що потребує високої точності та стійкості їхніх сенсорних систем. Одним із ключових способів забезпечення надійності є фільтрація сенсорних даних, яка дозволяє зменшити вплив шумів, артефактів і неточностей вимірювань.

**Актуальність проблеми**

Нестабільність сенсорних даних може бути викликана низкою факторів, таких як електромагнітні перешкоди, погодні умови, механічні вібрації та програмні похибки. Ефективні алгоритми фільтрації дозволяють зменшити вплив цих факторів і покращити точність сприйняття оточення, що є критично важливим для безпечного та ефективного функціонування автономних систем. В умовах динамічного середовища, наприклад, у логістичних роботах чи безпілотних автомобілях, фільтрація допомагає мінімізувати вплив неточних вимірювань та покращити прийняття рішень.

**Методи фільтрації сенсорних даних**

Фільтр Калмана – використовується для прогнозування та корекції шумів у системах навігації, таких як GPS та інерціальні сенсори. Його адаптивні властивості дозволяють ефективно працювати навіть у змінних умовах.

Основна формула оновлення оцінки стану: де – оцінене значення стану, – коефіцієнт Калмана, – нове виміряне значення, – матриця спостереження.

Алгоритм усереднення – простий підхід, що дозволяє зменшити випадковий шум за рахунок усереднення значень за певний період часу.

Формула ковзного середнього: де – згладжене значення, – кількість вимірювань у вікні, – попередні вимірювання.

Медіанний фільтр – ефективний для усунення імпульсних шумів, застосовується в обробці зображень та даних від лідарів.

Формула: де – розмір вікна фільтрації.

Фільтр частотного аналізу (наприклад, Фур'є-фільтрація) – дозволяє видаляти небажані частоти, наприклад, високочастотний шум у звукових або відеоданих.

Фур'є-перетворення: де – спектр сигналу, – вхідний сигнал, – частота.

Фільтрація на основі машинного навчання – сучасний підхід, що використовує нейромережі та алгоритми глибокого навчання для покращення якості сенсорних даних.

Приклад навчання нейромережі для фільтрації: де – нейромережева модель, – параметри мережі.

Порівняння методів

Різні методи фільтрації мають свої переваги та недоліки. Фільтр Калмана є ефективним для передбачення та корекції даних, але має високу обчислювальну складність. Алгоритм усереднення простий у реалізації, проте викликає запізнення в реакції системи. Медіанний фільтр добре працює для усунення імпульсних шумів, але може призводити до втрати деталей у швидкозмінних даних. Фур'є-фільтрація ефективно усуває певні частотні шуми, однак вимагає значних обчислювальних ресурсів. Машинне навчання забезпечує високу точність фільтрації, але потребує великого набору даних для навчання та значних обчислювальних потужностей.

Використання фільтрації у різних сферах

Промислові роботи – фільтрація дозволяє зменшити шум у сенсорах положення та забезпечити стабільність роботи маніпуляторів.

Автономний транспорт – застосування адаптивних фільтрів покращує точність GPS та камерного зору, що критично важливо для безпілотних автомобілів.

Медичні роботи – у хірургічних роботах фільтрація сенсорних даних забезпечує точність маніпуляцій.

Роботи для досліджень космосу та глибоководних зон – покращення точності вимірювань у несприятливих умовах з високим рівнем перешкод.

Розумні будинки та IoT – сенсорні мережі використовують алгоритми фільтрації для підвищення точності зчитування даних про навколишнє середовище.

Висновки

Фільтрація сенсорних даних є критично важливим компонентом автономних роботизованих систем, що працюють у змінних умовах. Вибір методу фільтрації залежить від специфіки задачі, вимог до швидкодії та точності. Комбінація класичних підходів (наприклад, фільтр Калмана) з сучасними методами машинного навчання може забезпечити максимальну стійкість та адаптивність роботів у реальному середовищі. Подальший розвиток алгоритмів фільтрації, особливо із застосуванням штучного інтелекту, відкриває нові можливості для покращення автономних систем та їхньої інтеграції у складні середовища.

**Список літератури**

1. Kalman, R. (1960). A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. Transactions of the ASME–Journal of Basic Engineering.
2. Blackman, S. (2004). Multiple Target Tracking with Radar Applications. Artech House.
3. Bishop, G. (2001). An Introduction to the Kalman Filter. University of North Carolina.
4. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
5. Simon, D. (2006). Optimal State Estimation: Kalman, H Infinity, and Nonlinear Approaches. John Wiley & Sons.