

Реалізація алгоритмів для створення розподіленої комп'ютерної системи збору та аналізу вимірювальних даних

Стан проблеми. У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій зростає потреба в комп'ютерних системах, що забезпечують ефективний збір, передачу та обробку значних обсягів вимірювальної інформації. Ключовими викликами є розробка оптимальних алгоритмів обробки, вибір найшвидших протоколів передачі та якісне, зрозуміле представлення даних. Вирішення цих завдань є значно складнішим в умовах обмежень на обчислювальні та мережеві ресурси.

Постановка задачі. Дослідити та розробити комплекс алгоритмів для децентралізованого аналізу даних у розподіленій системі. Задачею є реалізація імовірнісного аналізу подій безпосередньо на пристрої збору даних (ESP32-S2). Необхідно програмно реалізувати моделі для оцінки критичних подій: виявлення пожежі, небезпечної концентрації газу, фізичного пошкодження та присутності людини.

Розв'язання задачі. Для вирішення поставленої задачі була розроблена програмна архітектура, що імплементує евристичну модель оцінки ризиків на основі аналізу часових вікон. Цей підхід дозволяє виконувати первинну обробку та імовірнісний аналіз даних безпосередньо на мікроконтролері ESP32-S2 (концепція edge computing), мінімізуючи навантаження на мережу та сервер.

Система складається з чотирьох незалежних програмних модулів (сенсорних вузлів) [1], реалізованих у вигляді C++ класів, кожен з яких відповідає за детектування специфічної події: FireDetection, GasDetection, DamageDetection та HumanDetection. Кожен модуль акумулює вхідні дані з сенсорів у власному циклічному буфері та проводить перерахунок імовірності виникнення події з фіксованим інтервалом (1000 мс).

Для того, щоб зрозуміти загальну логіку реалізації таких алгоритмів достатньо розглянути на прикладі лише один з них. Тому далі буде наведено опис такого алгоритму для розрахунку імовірності пожежі на основі таких зібраних даних [2], як значення температури (в Цельсіях), кількості частинок вуглекислого газу (CO_2) на мільйон частинок повітря (PPM) та освітленості (в люксах).

Отже, алгоритм для розрахунку імовірності пожежі використовує комплексну оцінку чотирьох факторів: температури, швидкості її зростання, якості повітря (для виявлення диму) та рівня освітлення (для фіксації затемнення від диму). Цей алгоритм можна умовно розділити на такі три етапи:

1. Розрахунок статистичних показників. На цьому етапі проводиться агрегація даних з історії, якщо вона вже містить зібрані дані, а саме:

- розрахунок середньої температури за встановлений період (було обрано 300 с);
- розрахунок найбільшого стрибка температури за встановлений період та найбільшого разового падіння якості повітря між двома останніми значеннями;
- розрахунок середнього рівня освітленості за встановлений період.

2. Розрахунок проміжних оцінок. Тут описується процес стандартизації (або нормалізації) вхідних показників. Метою даного етапу є перетворення необроблених вимірювальних даних у єдину, безрозмірну шкалу оцінки небезпеки. Для кожного фактора визначено цільовий діапазон [0.0, 1.0], де 0.0 відповідає відсутності небезпеки, а 1.0 - її максимальному рівню. Це перетворення досягається шляхом лінійної інтерполяції відносно емпірично встановлених порогових значень. Наприклад, для оцінки температури S_{temp} , формула 1 розраховує її відносне положення в «небезпечному» діапазоні (35°C...80°C), а потім обмежує її значення в діапазон [0.0, 1.0]. Таким чином, кожен фактор S_i перетворюється на уніфікований коефіцієнт ризику.

$$Stemp = \frac{Tavg - 35.0}{80.0 - 35.0} \quad (1)$$

3. Розрахунок фінальної оцінки: Оцінки комбінуються у загальний бал з використанням вагових коефіцієнтів, що відображають пріоритет кожного фактора (формула 2).

$$Stotal = (Stemp \times 0.4) + (Srise \times 0.3) + (Sair \times 0.2) + (Slux \times 0.1) \quad (2)$$

Найбільшу вагу (0.4) має температура, за нею йде швидкість її зростання (0.3) і лише тоді якість повітря (0.2) та рівень освітленості (0.1).

Висновки. В роботі було розглянуто реалізацію одного з алгоритмів для створення розподіленої комп'ютерної системи збору та аналізу вимірювальних даних.

Література.

- [1] Botchkaryov A., Coscheduling Spatial Self-organization and Distributed Data Collection in Multi-agent System // Advances in Cyber-Physical Systems, Lviv, Volume 7, Number 2, 2022. - pp.76-82.
- [2] Бочкарьов О. Ю. Метод децентралізованого управління адаптивними процесами збору даних в автономних розподілених системах // Комп'ютерні системи та мережі, Випуск 5, №1, 2023. – С.1-7.