

МАТЕМАТИЧНІ ТА АЛГОРИТМІЧНІ ОСНОВИ РОЗПІЗНАВАННЯ СИМВОЛІВ НА БАЗІ ВЕКТОРНИХ ПРОСТОРІВ

Гончаров В.В. – гр.МгІТ1-24, магістр, goncharov.valery1996@gmail.com

Гольдберг М.І. – к.т.н., доцент., marjanagoldberg@gmail.com

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета роботи - розроблення та обґрунтування математичних і алгоритмічних засад розпізнавання символів на основі векторних просторів для підвищення точності та автоматизації оброблення інформації в енергетичних системах

Інтелектуальні технології дедалі ширше застосовуються в енергетиці для автоматизації збору, обробки та аналізу даних з вимірювальних приладів. Одним з нових ключових напрямів є технологія розпізнавання символів, що дозволяє зчитувати показники лічильників, ідентифікувати маркування обладнання та оцифровувати документи. Точність розпізнавання безпосередньо впливає на якість енергомоніторингу. Використання векторних моделей в розпізнаванні підвищує стійкість алгоритмів до шумів, варіацій шрифтів і освітлення, що особливо важливо для практичних енергетичних застосувань.

Задача розпізнавання символів формулюється як відображення множини вхідних зображень

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \text{ у множину міток класів}$$

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$$

де кожен символ належить певному класу, наприклад, цифрі 0–9 чи букві латинського/українського алфавіту. Нехай кожне зображення x_i відображається у векторний простір ознак R^k , де k – кількість обраних дескрипторів. Таким чином, процес розпізнавання зводиться до пошуку відстані між вектором невідомого символу v_{test} та еталонними векторами v_j навчальної вибірки. Основна вимога – мінімізація метрики відстані

$$d(v_{test}, v_j) = \|v_{test} - v_j\|$$

за умови правильної класифікації:

$$\hat{y} = \arg \min_{y_j \in Y} d(v_{test}, v_j)$$

Таким чином, розпізнавання символу редукується до задачі знаходження найближчого вектора-еталону у векторному просторі.

Для формування векторів ознак можна використовувати: піксельне подання (flattening зображення); контурні характеристики (ланцюгові коди Фрімана); проєкційні профілі (кількість чорних пікселів у рядках і стовпцях); вектор кутових та крайових ознак (HOG – Histogram of Oriented Gradients); вектор фур'є-коефіцієнтів для згладженого контуру символу. У контексті енергетики такі підходи можуть бути застосовні для: зчитування цифр на лічильниках де шриффт стандартизований, зчитуванні маркування на приладах чи електричних схемах, цифровізації технічної документації такої як енергопаспорти чи звіти. Для підвищення ефективності часто застосовують зменшення розмірності (наприклад, методи PCA або LDA).

Алгоритмічний процес складається з чотирьох основних етапів:

Попередня обробка: нормалізація яскравості, фільтрація шуму, бінаризація (наприклад, методом Otsu), морфологічні операції для виділення символів.

Виділення ознак: формування векторного представлення із інваріантністю до масштабування та повороту.

Класифікація: застосування метрик (евклідова, косинусна, Махаланобіса) або алгоритмів (k-NN, SVM, нейронні мережі) у векторному просторі.

Постобробка: перевірка логічної послідовності розпізнаних символів (наприклад, у показниках лічильників), а також комбінація (ensemble) декількох моделей для підвищення точності.

У сфері енергозбереження та моніторингу такі системи дозволяють: автоматично зчитувати цифри на лічильниках/приладах зображенням або відео, зменшуючи ручну працю; інтегрувати розпізнавання символів у системи SCADA або IoT-платформи енергетичного моніторингу; оцифровувати енергетичні паспорти, схеми, звіти для створення баз даних об'єктів; аналізувати відеопотоки з енергетичних установок, де потрібно розпізнавати індикатори, коди або попереджувальні символи. Тут методи розпізнавання символів стають складовою автоматизації енергетичних процесів.

Висновки. Розпізнавання символів на базі векторних просторів – потужний математичний та алгоритмічний підхід, що поєднує обробку зображень і лінійну алгебру. У контексті енергетики такі методи сприяють автоматизації зчитування показників та документів, зменшенню людського фактору та підвищенню точності. Запропонований векторний підхід має високу стійкість до шумів та спотворень, що важливо для польових умов. Подальша робота може бути спрямована на інтеграцію алгоритмів у реальні енерго-моніторингові системи та IoT-інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Bishop, C. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York : Springer, 2006. – 738 p.
2. Machine Vision Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Hardware, Software, Services), By Product (PC Based, Smart Camera Based), By Application, By End-use Industry, By Region, And Segment Forecasts, 2021–2028 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/machine-vision-market>
3. Довбиш, А. С., Шелехов, І. В. Основи теорії розпізнавання образів : навч. посіб. : у 2 ч. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – Ч. 1. – 109 с.
4. Євсеєнко, О. М., Гапон, А. І., Крилова, В. А. Розробка автоматизованої системи розпізнавання показань приладів за допомогою камери машинного зору // Технічна інженерія. – 2022. – № 1 (89). – С. 62–68. – DOI: 10.26642/ten-2022-1(89)-62-68