УДК 004.93 DOI: https://doi.org/10.30837/IYF.CVSAMM.2024.099

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОПЕРАТОРІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІЗУАЛЬНИХ ТА ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ДАНИХ

Одейчук О.М.
Науковий керівник – д.т.н., проф. Єрохін А.Л.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ,
м. Харків, Україна
тел.: +38 (067) 573-18-62, e-mail: oleksiy.odeychuk@gmail.com

This work focuses on analyzing, researching, and developing an integrated solution for monitoring the work hours of information system operators using both visual and thermal imaging data for the identification of individuals' faces. A novel approach has been developed, which automates the data collection process via web cameras (capturing both visual and thermal images) and integrates facial recognition systems, using a convolutional neural network for visual data and support vector machine techniques for thermal imaging data.

Розпізнавання обличчя як метод ідентифікації особи залишається одним із напрямів, що найбільш динамічно розвиваються у сфері комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Незважаючи на значні успіхи в цій області, існуючі технології все ще стикаються з викликами, пов'язаними з розпізнаванням в умовах змінного освітлення, частковим перекриттям обличчя або його зміною через вплив зовнішніх факторів. Ці фактори можуть істотно знижувати точність ідентифікації, що є актуальною проблемою для систем безпеки та інших застосувань, де необхідна висока надійність.

В цьому дослідженні пропонується використання тепловізійних даних як доповнення до візуальних під час ідентифікації, що не тільки підвищить якість розпізнавання, але й виключить можливість хибного розпізнавання при використанні штучних об'єктів (наприклад, фотографії, малюнки та ін.) замість реальної особи. Враховуючи спектр тепловипромінювання, який є унікальним для кожної людини та менш чутливим до вищезгаданих зовнішніх факторів, тепловізійні дані можуть надати додаткову інформацію, яка дозволить підвищити точність ідентифікації. Такий підхід може бути особливо корисним при розробці системи контролю часу операторів інформаційних систем.

На цей час розроблено кілька методів у галузі комп'ютерного зору, що можуть бути застосовані для вирішення цієї задачі.

Метою дослідження є визначення методів, що найефективніше підходять для визначення особи оператора за візуальними та тепловізійними даними.

Формалізована постановка вибору методу ідентифікації обличчя може бути представлена наступним чином.

З множини методів $M=\{M_1\ M_2, \ldots, M_n\}$ знайти таку унікальну комбінацію методів ідентифікації $M_k=(M_v, M_T)$ за візуальними M_V та тепловізійними M_T даними, що максимізує цільову функції $F(M_k)$, представлену адитивною лінійною згорткою з ваговими коефіцієнтами:

$$F(M_k) = \sum_{i=1}^{p} w_i \cdot K_i(M_k) \to \max,$$

де $K(M_k)=(K_1(M_k), K_2(M_k), \ldots, K_p(M_k))$ – вектор критеріїв для альтернативи M_k; w_i – вагові коефіцієнти, що відображають важливість відповідного критерію в загальній оцінці.

Такий вид згортки цільової функції дозволяє врахувати індивідуальну важливість кожного критерію, виходячи з вимог та потреб системи контролю часу оператора.

У роботі були розглянуті наступні методи та моделі: згорткові нейронні мережі (CNN), глибокі нейронні мережі на основі архітектури ResNet та еластичні графові моделі (EBGM) для обробки візуальних даних, а також метод опорних векторів (SVM) та випадкові дерева рішень для аналізу тепловізійний даних [1–3]. Такий поділ відображає особливості кожного методу та його придатність до різних типів даних.

Дослідження включало збір та попередню обробку зображень обличчя в різних умовах освітлення. Для забезпечення збору достатньої кількісті зображень обличчя виконувалась відеозйомка оператора впродовж 10 секунд. Оператор повертав голову по горизонталі в межах ±30 градусів відносно об'єктиву камери, отримане відео перетворювалося на серію з 200 зображень. По вертикалі об'єктив камери знаходився на рівні очей. Відстань від обличчя до об'єктива камери 80 см. Освітлення приміщення: денне світло у пахмурний день, ніч та світлодіодні лампи (світловий потік 2500 Lm), ніч (без освітлення).

Відеозйомка виконувалось на відеокамеру телефона BlackView BV8900 (роздільна здатність: 4640x3472 px). Фіксація тепловізійний даних здійснювалася на тепловізійну камеру FLIR BlackView BV8900 (роздільна здатність знімків: 720x540 px).

Тепловізійна зйомка була виконана у 9 різних кольорових режимах, що дозволило оцінити ефективність розпізнавання залежно від візуалізації теплових патернів.

Для оцінки альтернатив була визначена множина критеріїв: точність, чутливість, специфічність, швидкість розпізнавання та навчання. Обґрунтування вибору критеріїв засновувалося на вимогах ефективної роботи системи контролю часу оператора.

Були проаналізовані шкали, за якими вимірюються критерії. Зазначено, що шкали критеріїв точність, чутливість та специфічність є кількісними інтервальними. Критерії швидкості навчання та розпізнавання мають

відносні виміри. На основі обраних критеріїв був сформований векторний опис альтернатив та ідентифікована множина Парето оптимальних альтернатив.

Для уніфікації оцінок критеріїв було запропоновано їх нормування, щоб привести всі виміри до єдиної шкали від 0 до 1.

В роботі запропоновані значення вагових коефіцієнтів відображають пріоритети та специфіку задачі, дозволяючи оцінити корисність альтернатив з урахуванням обраної згорткової моделі.

В ході проведення експериментів було визначено, що ефективність розпізнавання змінюється залежно від кута повороту голови – що більший кут повороту, то нижча точність розпізнавання використовуваного методу. Також відзначено, що за результатами дослідження комбінування методів за типом аналізованих даних (візуальних та тепловізійних) у підсумку значно підвищує точність розпізнавання.

В результаті розрахунку корисності альтернатив визначено, що комбінація згорткових нейронних мереж та методу випадкових дерев рішень є найкращим вибором для системи контролю часу оператора, завдяки їх здатності ефективно обробляти та ідентифікувати обличчя оператора в різноманітних умовах.

Список використаних джерел:

1. Зінченко О.В., Звенігородський О.С., Кисіль Т.М. Згорткові нейронні мережі для вирішення задач комп'ютерного зору // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2022. – № 2 (75). – С. 4–12.

2. Anil K. Jain, Patrick Flynn, Arun A. Ross Handbook of biomenrics. – Springer, Science & Business Media, LLC. – 2008. – 556 p.

3. S.Abe. Support vector machines for pattern classification. – Springer Science & Business Media. – 2010 – 473 p.