

Д.О. Остапець, В.В. Дзюба, В.В. Русецький

## ЗАСОБИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА АВТЕНТИФІКАЦІЇ ЗА ОБЛИЧЧЯМ

*Анотація.* В роботі розглядаються принципи розробки та організація програмних засобів для вивчення механізму біометричної автентифікації за обличчям. Засоби можуть бути використані в навчальному процесі. Метою роботи є розробка засобів. Вирішувані задачі: вибір набору ключових точок обличчя, відрізків між ними та їх співвідношень; розробка структури та програмного забезпечення комплексу засобів. Представлено організацію комплексу засобів. Програмне забезпечення розроблено на мові C++ з використанням до даткових бібліотек, наведено основні приклади та етапи його роботи.

*Ключові слова:* ідентифікація, автентифікація, біометрія, обличчя, ключові точки, OpenCV, Dlib.

**Постановка проблеми.** В сучасних інформаційних та телекомунікаційних системах все актуальнішим стає питання захисту інформації, одним із шляхів вирішення якого є впровадження механізмів та систем ідентифікації та автентифікації користувачів, серед яких все більшої популярності набувають системи біометричної ідентифікації та автентифікації. Серед найпопулярніших, найуживаніших та давно відомих біометричних методик є біометрія обличчя. На сьогодні існує велика кількість систем, що використовують такі методики. Отже, задача вивчення методів машинного розпізнавання та порівняння облич в механізмах ідентифікації та автентифікації під час підготовки та підвищення кваліфікації відповідних фахівців або в навчальному процесі студентів є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Біометрія обличчя відноситься до статичних біометричних методик, що використовують для автентифікації фізіологічні відмінні риси та особливості особи – користувача. Методики біометрії обличчя поділяються на методики за формою і геометрією обличчя, або, іншими словами, на двовимірні та тривимірні (2-D та 3-D) [1].

2-D методики базуються на визначенні ключових точок обличчя (положення носа, підборіддя, очей, лоба, тощо) [2]. Після створення ключових точок

формується векторна модель обличчя, за якою в подальшому визначається відмінна характеристика. Головною перевагою таких методик є те, що за умови використання відповідного обладнання, можливе розпізнавання особи на значних відстанях. Недоліки методик пов'язані з вимогами до умов роботи: яскраве освітлення, кут повороту обличчя, наявність окулярів, бороди і т.і.

3-D методики складніші в реалізації, але прості в використанні [2]. В основному, всі методики, які базуються на геометрії обличчя, відрізняються тим, що використовують різні частини обличчя для формування особливостей користувача, а також різним обладнанням для зняття показників. Основною відмінністю є те, що такі методики передбачають формування тривимірної моделі на основі декількох двовимірних знімків. Кількість знімків або кадрів варіюється, але чим вона більше, тим більша точність роботи. Для побудови тривимірної моделі можуть використовуватися одна або декілька камер. Відомими методами формування тривимірної моделі є: зворотна стереофотограмметрія, стереоскопія, лазерне сканування. Перевагами таких методик є порівняно більша стійкість до зламу, низька чутливість до зміни положення обличчя, висока швидкість опрацювання вхідних даних. Головним недоліком є порівняно висока вартість обладнання.

**Мета дослідження.** Метою роботи є розробка програмних засобів вивчення 2-D методик біометричної автентифікації за обличчям. Розроблювані програмні засоби можуть бути використані в навчальному процесі. В роботі відповідно до мети поставлені такі задачі: вибір набору ключових точок обличчя, відрізків між ними та їх співвідношень; розробка структури та програмного забезпечення комплексу засобів.

**Основний матеріал дослідження.** При порівнянні облич еталона та кандидата можна виділити такі етапи:

- Знаходження обличчя на фото;
- Формування ключових точок;
- Нормалізація;
- Формування відрізків;
- Формування співвідношень;
- Порівняння співвідношень.

На етапі нормалізації відбувається геометричне викривлення фото кандидата для усунення помилкових даних. Для цього використовується алгоритм RANSAC, який формує модель спостереження. Шляхом обирання випадкових точок формуються помилкові спостереження (т. зв. викиди) та правильні спо-

стерезення. Якщо багато спостережень в моделі приходять на правильні, то і модель вважається правильною і використовується для нормалізації [3].

Формування відрізків відбувається у вигляді відстані між ключовими точками (у вигляді Евклідової норми). Евклідова норма являє собою корінь із суми квадратів координат вектора. Для використання в навчальних цілях сформовано десять відрізків і п'ять співвідношень між ними (попарно перший с другим, третій с четвертим і т.д. – див. рис. 1):

- Відрізок L1 між внутрішніми куточками очей;
- Відрізок L2 між крайньою верхньою точкою на носі та нижньою точкою на підборідді;
- Відрізок L3 між зовнішніми кутами очей;
- Відрізок L4 прямої частини носу;
- Відрізок L5 між кутами лівого ока;
- Відрізок L6 - ширина лівого ока;
- Відрізок L7 між кутами правого ока;
- Відрізок L8 - ширина правого ока;
- Відрізок L9 між куточками губ;
- Відрізок L10 між крайніми точками носа.

Для кожного співвідношення за результатами аналізу статистичних даних визначені гранично допустимі похибки (відхилення між еталоном і кандидатом). Для співвідношень першого і другого відрізків була обрана допустима похибка 10%, для третього і четвертого 15%, п'ятого і шостого 15%, сьомого і восьмого 15%, дев'ятого та десятого 10%. Також, треба зауважити, що фото проходить перевірку при співпадінні 4-х та більше співвідношень.

Розроблюваний комплекс засобів складається із додатку, в якому буде проводитися автентифікація, баз фотографій різного розміру у форматі jpeg та моделі знаходження точок. Вимогами до фото кандидату (який буде проходити автентифікацію) є: наявність обличчя на фото, фото має бути у загальновикористовуваних форматах (jpeg, png і т.д.) та мати розмір не менше ніж 300 на 300 пікселів.

Для розробки програми було вирішено використовувати мову програмування C++ та середовище програмування Visual Studio 2022. Крім того, використані додаткові бібліотеки OpenCV [4], Dlib [5] та wxWidgets [6].

OpenCV [4] являє собою бібліотеку комп'ютерного зору, яка необхідна для конвертування зображень у єдиний формат, з яким можуть працювати інші бі-

бліотеки. Також OpenCV використовується для графічного відображення відрізків та точок на фото.

Dlib [5] – бібліотека, яка має потужний функціонал роботи зі штучним інтелектом для знаходження облич і ключових точок на них. В бібліотеці існує модель, яка робить можливим за її допомогою знайти 68 ключових точок на обличчі.

wxWidgets [6] – бібліотека для створення графічного інтерфейсу, яка має необхідні інструменти, такі як створення багатьох вкладок (notebook) та таблиць.

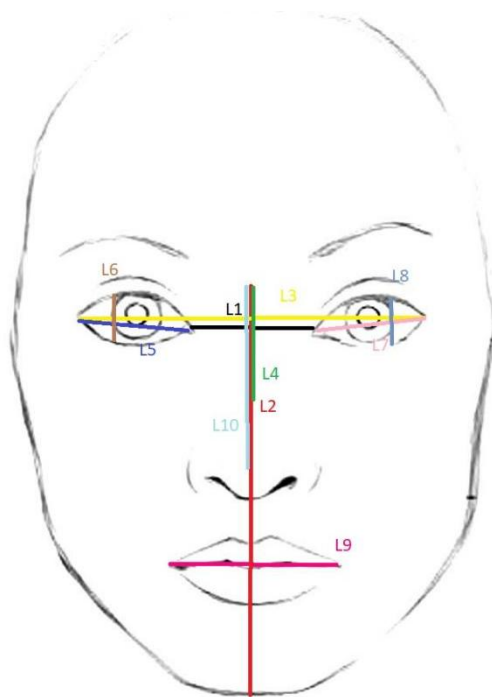


Рисунок 1 – Схематичне зображення відрізків на обличчі

Розроблений комплекс засобів можна використовувати в навчальному процесі для демонстрації етапів біометричної ідентифікації та автентифікації за обличчям. Комплекс дозволяє розглянути такі етапи:

- знаходження ключових точок на обличчі;
- формування відрізків на основі знайдених ключових точок;
- формування співвідношень на основі сформованих відрізків;
- зрівняння відрізків з відображенням результату зрівняння;
- знаходження значень співвідношень, сформованих на основі відрізків.

## «Системні технології» 4 (153) 2024 «System technologies»

Приклади основних етапів роботи комплексу та відповідних екранних форм (вікон) наведені на рис. 2 – 6. Приклад екранної форми завантаження вихідних даних з використанням фото з відкритих джерел наведений на рис. 2.

Етапи формування ключових точок та нормалізації в програмі об'єднані. Приклади результатів роботи вказаних етапів з використанням фото з відкритих джерел наведені на рис. 3 та 4. В обох наведених випадках формування ключових точок та нормалізація пройшла нормально.

Наступним етапом є формування відрізків, програма формує відрізки без втручання користувача. Приклад результату наведено на рис. 5.

Наступним етапом роботи є розрахунок співвідношень відрізків та їх порівняння. Програма виводить результат на екран у вигляді відрізків, що співпали на схематичному малюнку та відповідним записом в таблиці. Приклад результату наведено на рис. 6.

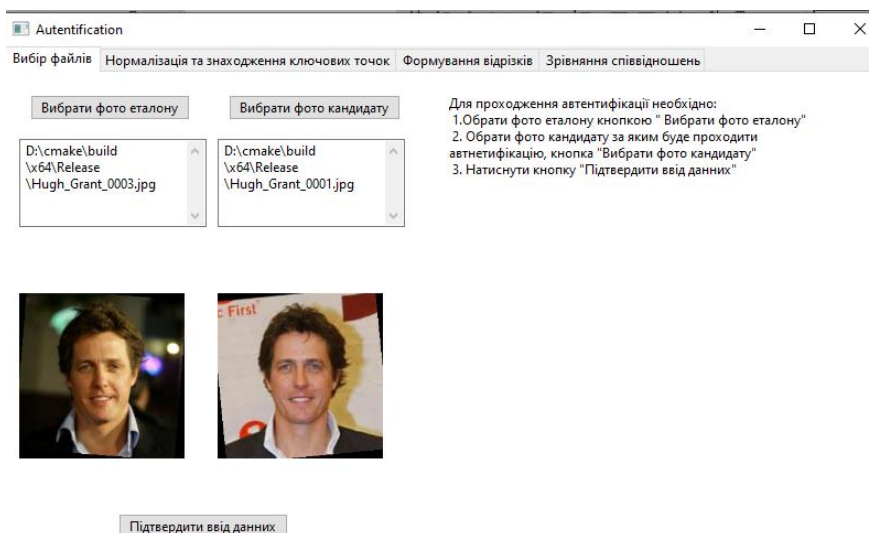


Рисунок 2 – Вікно завантаження фото еталона та кандидата



Рисунок 3 – Знаходження ключових точок при коректно поданих фото



Фото еталону за яким проводилась нормалізація



Фото кандидату із проведеною нормалізацією

Рисунок 4 – Знаходження ключових точок при поверненому обличчі кандидату

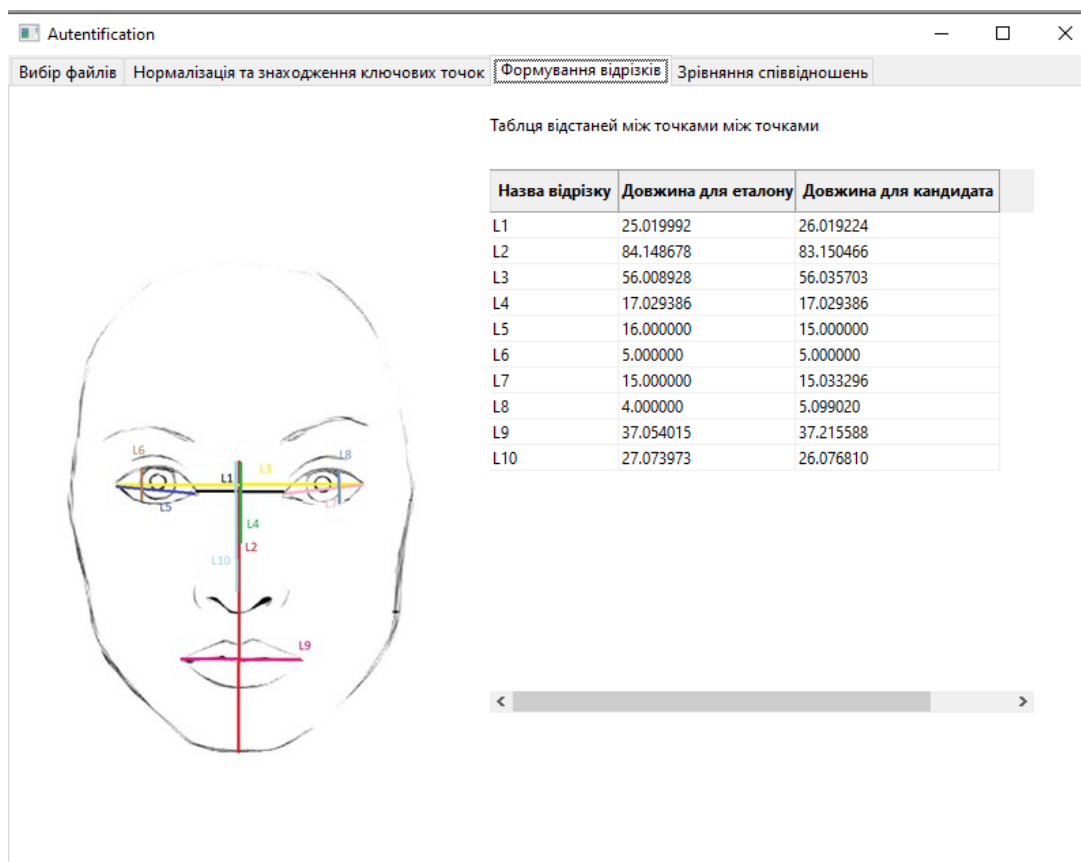


Рисунок 5 – Приклад результату формування відрізків

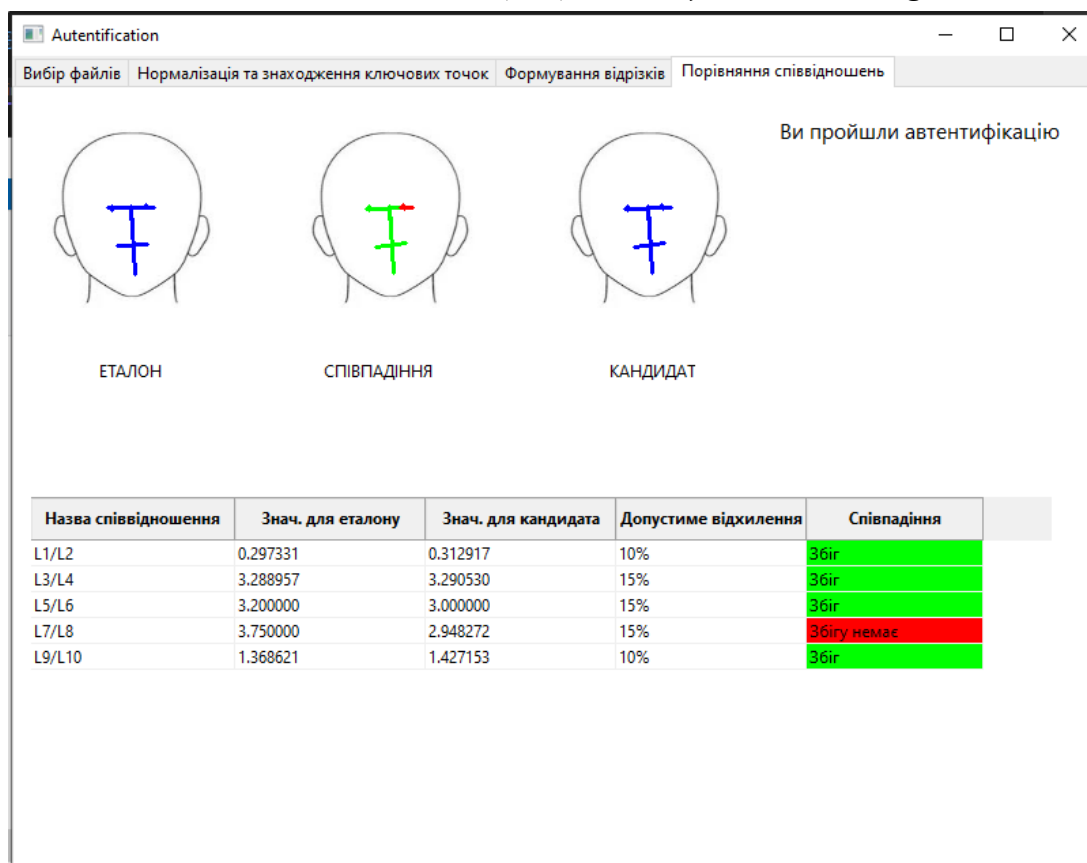


Рисунок 6 – Приклад результату порівняння співвідношень відрізків

Розроблена програма може бути використана в навчальних цілях у якості демонстраційного засобу, наприклад при проведенні лабораторних або практичних занять студентам.

**Висновки.** В роботі розглянуті принципи розробки та організація програмних засобів для вивчення біометричної ідентифікації та автентифікації за обличчям. За результатами аналізу статистичних даних зроблено вибір відрізків і співвідношень між ними, для кожного співвідношення визначені гранично допустимі похибки (відхилення між еталоном і кандидатом). В рамках роботи розроблено програмне забезпечення на мові C++ з використанням бібліотек OpenCV, Dlib та wxWidgets. Наведено основні приклади та етапи програми. Показано, що розроблені засоби можуть бути використані в навчальному процесі.

#### ЛІТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Smith R. Authentication: From Passwords to Public Keys // Addison-Wesley Professional - 2001 - 549 P.
2. Zhao W., Rong X., Xiaogang W. Advances in Face Detection and Facial Image Analysis // Springer - 2016 - 444 P.

3. OpenCV documentation. URL: <https://docs.opencv.org/> (дата звернення: 01.02.2024)
4. OpenCV (Open Source Computer Vision Library). URL: <https://opencv.org/> (дата звернення: 01.02.2024)
5. Dlib C++ Library. URL: <http://dlib.net/> (дата звернення: 01.02.2024)
6. wxWidgets Cross-Platform GUI Library. URL: <https://www.wxwidgets.org/> (дата звернення: 01.02.2024)

Received 24.05.2024.  
Accepted 27.05.2024.

### ***Tools for studying of facial identification and authentication***

*One of the most common and popular among biometric techniques is biometry of face. Currently, a large number of information systems have been created using these techniques. Thus, there is a problem of studying the methods of machine face recognition during the training of relevant specialists. The aim of the work is to develop a software tools for studying the mechanism of biometric face authentication. Face is static biometry methodic. For implementation in the developed tools the method of comparison on key points was chosen. The main stages of comparing faces are: finding a face in a photo, formation of key points, normalization, formation of segments, formation of relations, comparison of ratios. A high-level cross-platform programming language C++ with the use of additional libraries was chosen to develop the software of the tools. An open face database was used to work with the tools. The tools have a demonstration nature. During its use, you can explore and study all the components of the process of biometric identification and authentication of the user by face: demonstration of the process of finding of key points on the face, forming of distances between points, calculating of their ratios and their comparison; comparison of etalon and candidate photos during the procedure of identification and authentication and response. Examples of the main processing stages of the complex and the corresponding screen forms (windows) are given. The composition of the tools and software are developed in the work, the main examples and stages of its work are given. It is shown that the tools can be used in the educational process, for example in laboratory or practical classes.*



**Остапець Денис Олександрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри «Електронні обчислювальні машини» Українського державного університету науки і технологій, ORCID: 0000-0003-1778-7770.

**Дзюба Володимир Володимирович** – старший викладач кафедри «Електронні обчислювальні машини» Українського державного університету науки і технологій, ORCID: 0000-0003-3008-5669.

**Русецький Владислав Вікторович** – студент Українського державного університету науки і технологій.

**Ostapets Denys** – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of «Electronic computers» department of Ukrainian State University of Science and Technologies, ORCID: 0000-0003-1778-7770.

**Dziuba Volodymyr** – senior lecturer of «Electronic computers» department of Ukrainian State University of Science and Technologies, ORCID: 0000-0003-3008-5669.

**Rusetskyi Vladyslav** – student of Ukrainian State University of Science and Technologies.