

Д.О. Остапець, В.В. Дзюба, Т.Ю. Коваль

## КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ЗА ВІДБИТКАМИ ПАЛЬЦІВ В СИСТЕМАХ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

*Анотація.* В роботі розглядаються принципи розробки та організація програмного комплексу для вивчення механізму біометричної аутентифікації за відбитками пальців методом порівняння за особливими точками. Комплекс може бути використаний в навчальному процесі. Метою роботи є розробка комплексу. Вирішувани задачі: аналіз методів та засобів біометрії, зокрема за відбитками пальців, та вибір методу порівняння відбитків на основі порівняльного аналізу; розробка структури та програмного забезпечення комплексу. Представлено порівняльний аналіз методів порівняння відбитків пальців за локальними ознаками. Пропонується організація комплексу, формати даних, описані режими його роботи. Програмне забезпечення комплексу розроблено на мові Python, наведено основні приклади та етапи його роботи.

*Ключові слова:* комплекс, ідентифікація, аутентифікація, біометрія, відбиток пальцю, локальні ознаки, методи порівняння.

**Постановка проблеми.** З подальшим розвитком інформаційних технологій все гостріше постає проблема захисту інформації від несанкціонованого доступу, одним із шляхів вирішення якої є впровадження механізмів ідентифікації та/або аутентифікації користувачів. Використання саме біометричної ідентифікації та/або аутентифікації на сьогодні є перспективним та актуальним. Однією з найпоширеніших та найпопулярніших серед біометричних методик є відбитки пальців, які достатньо давно використовуються, в першу чергу, правоохоронними органами (т.з. дактилоскопія). На даний час створено та використовується достатньо велика кількість автоматизованих систем та систем захисту інформації з використанням вказаних методик. Таким чином, виникає проблема вивчення методів машинного розпізнавання відбитків пальців в системах захисту інформації під час підготовки відповідних спеціалістів, в навчальному процесі студентів відповідних спеціальностей або при підвищенні кваліфікації фахівців, навіть дистанційно.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Механізми біометричної ау-

тентифікації використовують фізіологічні параметри та особливості суб'єкта (особи). Біометричні методи аутентифікації поділяються на методи за статичними ознаками (фізіологічні характеристики) та методи за динамічними ознаками (поведінкові характеристики). Відбитки пальців відносяться до статичних ознак. Лідером світового ринку біометричних технологій в задачах аутентифікації є саме аутентифікація за відбитками пальців. Метод заснований на унікальності малюнку папілярних узорів на пальцях людини. За сукупністю показників (в першу чергу, помилкових відмов та помилкових підтверджень), дактилоскопія має відносно кращі характеристики, тому є популярною та широко вживаною.

Унікальність відбитку пальця визначається певними його деталями. Розрізняють глобальні та локальні ознаки відбитку [1]. До глобальних ознак відносять [1, 2] папілярний узор, виступи, западинки, центр (ядро), дельту та область інтересу (в якій локалізовані всі ознаки). Локальні ознаки являють собою унікальний набір т.з. мінуцій (точок, в яких папілярна лінія обривається або розділяється на дві) [1, 2]. Варто також відмітити те, що існує ціла низка стандартів (як в Україні, так і міжнародних), що пов'язані з біометрією за відбитками пальців. В тому числі, стандартизовані і структури для зберігання даних про відбитки. Наприклад, деякі частини стандарту ДСТУ ISO/IEC 19794 стосуються відбитків пальців [3].

**Мета дослідження.** Метою роботи є розробка програмного комплексу вивчення механізму біометричної аутентифікації за допомогою відбитку пальця. Даний програмний комплекс може бути використаний в навчальному процесі. В роботі відповідно до мети поставлені такі задачі: аналіз методів та засобів біометрії, зокрема за відбитками пальців, та вибір методу порівняння відбитків на основі порівняльного аналізу; розробка структури та програмного забезпечення комплексу.

**Основний матеріал дослідження.** Виділяють три класи методів порівняння відбитків пальців [1]:

- кореляційне порівняння;
- порівняння за особливими точками;
- порівняння за узором.

Кореляційне порівняння – отриманий образ відбитку по черзі накладається на кожний еталон з бази даних, після чого по пікселям зображень відбувається розрахунок відмінностей між ними [1].

Порівняння за особливими точками – по зображенням відбитку пальця формується шаблон, що є двовимірною поверхнею, на якій виділені кінцеві точки і точки галуження. На зображенні відбитку, що пред'являється, також виділяються ці точки, далі карта цих точок порівнюється з шаблоном [1].

Порівняння за узором – отримане зображення відбитку пальця розбивається на множину дрібних комірок. В них розглядаються папілярні лінії, кожна з яких описується рівнянням синусоїдальної хвилі (початковим зрушенням фази, довжиною хвилі і напрямом її поширення). Далі, ці дані по коміркам порівнюються з еталоном [1].

За результатами порівняння вказаних методів (див. табл. 1) для реалізації в розроблюваному комплексі було обрано метод порівняння відбитків пальців за особливими точками. Незважаючи на те, що даний метод вимагає зображення відбитків пальців дуже високої якості, він є найшвидшим, найпоширенішим (що важливо саме при вивченні принципів розпізнавання відбитків) та має відносно просту реалізацію.

Таблиця 1

Характеристика методів порівняння відбитків пальців

Метод / Характеристики	Кореляційне порівняння	Порівняння за особливими точками	Порівняння за узором
Відносна складність реалізації	Середня	Низька	Висока
Вимоги до якості зображення відбитку	Низька	Висока	Низька
Необхідна швидкодія системи	Висока	Середня	Висока
Відносна точність порівняння	Середня	Середня	Висока
Популярність методу	Дуже низька	Висока	Низька

Основні етапи порівняння відбитків за особливими точками (мінуціями) описані в багатьох роботах, наприклад [1, 2, 4]. Варто лише зазначити, що аутентифікація за зразком відбитку пальця вважається вдалою, якщо співпав певний відсоток мінуцій представленого зразку та еталону.

Склад розроблюваного комплексу відповідає складу біометричної системи. Таким чином, основними елементами комплексу є (рис. 1):

- зразок біометричної характеристики;
- база даних;
- еталонний шаблон;
- контрольний шаблон;
- блок обробки біометричної характеристики;
- блок прийняття рішення.

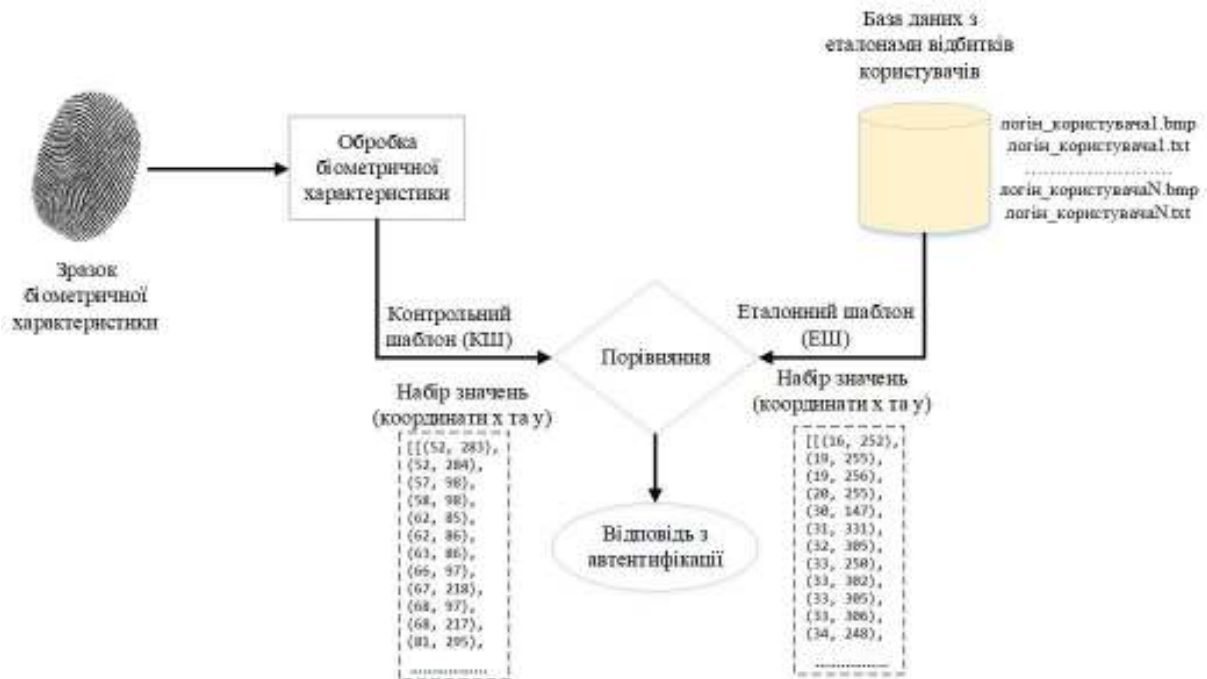


Рисунок 1 – Елементи комплексу та інформаційні зв'язки між ними

Оскільки розроблюваний комплекс має демонстраційний характер, то використання пристрою зчитування біометричної характеристики (сканера відбитку пальця) не передбачається.

База даних в розроблюваному комплексі являє собою набір текстових файлів, в яких містяться координати особливих точок відбитків користувачів та файлів зображень цих відбитків. У зв'язку з тим, що програмний комплекс є демонстративним, робота з текстовими файлами є легшою для користувачів, а представлення даних у вигляді текстових файлів є більш наглядним та зрозумілим. Для наочності демонстрації процесу знаходження та порівняння особливих точок у базі зберігаються зображення відбитків користувачів, зареєстрованих у системі.

Також частиною бази є файл «users.txt», який містить перелік логінів користувачів, які зареєстровані та є легітимними. Одному користувачу відповідає окремий рядок у цьому файлі. Кожному користувачу, що зареєстрований у системі, відповідають два файли бази даних, які мають імена «логін\_користувача.txt» та «логін\_користувача.bmp» відповідно. Перший файл призначений для зберігання еталонного шаблону відбитку пальця у вигляді двох масивів координат: перший масив координат  $x$  та  $y$  особливих точок відповідає за зберігання точок галуження, другий масив координат  $x$  та  $y$  особливих точок – за зберігання точок закінчення (див. рис. 2).

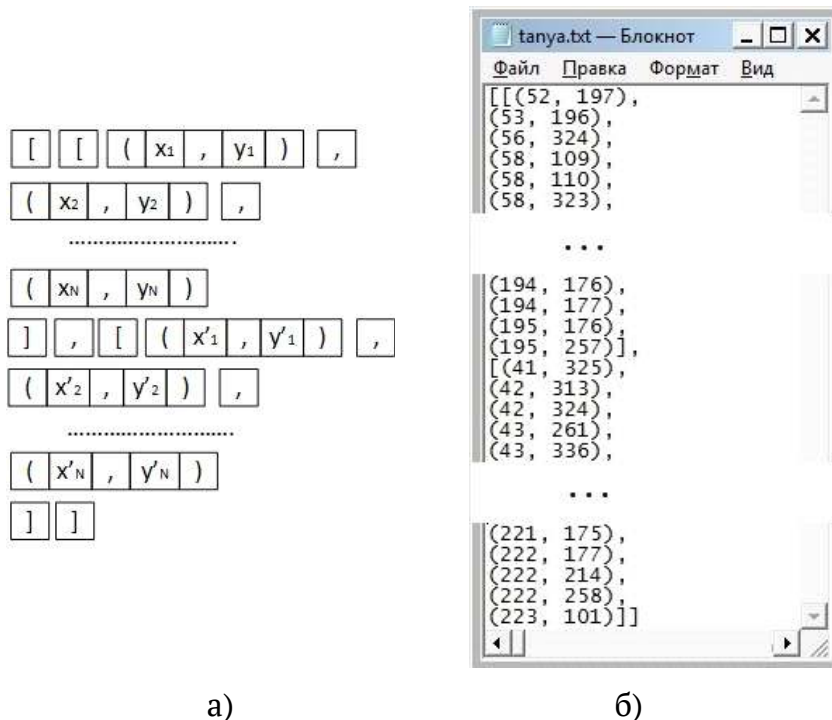


Рисунок 2 –Файл «логін\_користувача.txt»:  
а - структура файлу; б - приклад вмісту

Розроблюваний комплекс працює в 3-х режимах: реєстрація, ідентифікація та аутентифікація (рис. 3).

В режимі реєстрації вхідними даними для подальшої роботи є зображення відбитку користувача у форматі \*.bmp та логін користувача. Логін користувача заноситься до бази даних у файл «users.txt», зображення відбитку зберігається у базу як «логін\_користувача.bmp». Далі, зображення обробляється та на його основі формується еталонний шаблон відбитку (масив точок закінчення та масив точок галуження), який зберігається у базу даних у вигляді файлу «логін\_користувача.txt».

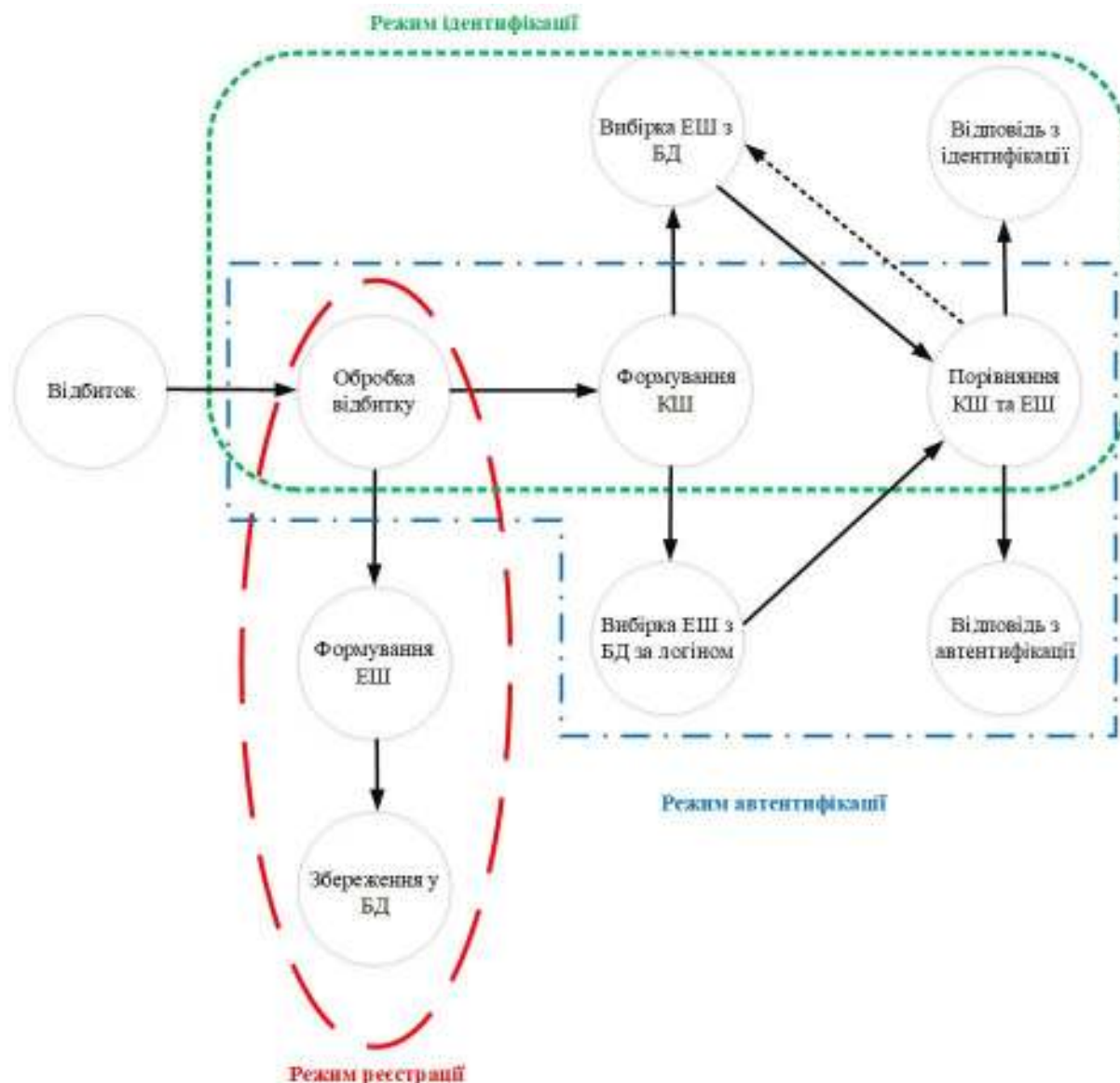


Рисунок 3 – Режими роботи комплексу

В режимі ідентифікації та аутентифікації користувача вхідними даними є зображення відбитку користувача у форматі \*.bmp, яке обробляється програмою. На основі обробленого зображення формується контрольний шаблон, який представляється для порівняння з еталонним шаблоном. В режимі ідентифікації сформований контрольний шаблон порівнюється з еталонними шаблонами усіх зареєстрованих користувачів, після чого комплекс дає відповідь про успішність чи неуспішність ідентифікації. В режимі аутентифікації сформований контрольний шаблон порівнюється з еталонним шаблоном, який обирається із бази даних на основі логіну користувача. Після знаходження відповідного еталонного шаблону та порівняння, комплекс дає відповідь про успішність чи неуспішність аутентифікації.

Для розробки програмного забезпечення комплексу була обрана кросплатформна мова програмування високого рівня Python. Використовувалися такі модулі та бібліотеки: Tkinter для створення графічного інтерфейсу, Python Imaging Library (PIL) для роботи з растровою графікою та os для маніпуляцій з файлами.

Для роботи з комплексом використовувалась відкрита база даних відбитків пальців UPEK Fingerprint Database [5]. Ця база містить 128 різних відбитків 16 різних людей, причому кожна особа має в базі 8 зображень відбитку з різним позиціонуванням зображення та силою натиску. Крім того, в процесі навчання, можна також використовувати власні зображення відбитків відповідного формату.

Розроблюваний комплекс має демонстраційний характер. Під час його використання можна дослідити та вивчити усі складові процесу біометричної ідентифікації та аутентифікації користувача за відбитком пальця такі як:

- демонстрація процесу знаходження мінуцій на відбитку та їх порівняння;
- формування еталонного та контрольного шаблону відбитку користувача;
- порівняння контрольного та еталонного шаблонів користувача при проходженні процедури ідентифікації та аутентифікації і винесення відповіді.

Приклади основних етапів роботи комплексу та відповідних екранних форм (вікон) наведені на рис. 4 та 5.

Таким чином, комплекс може бути використаний в навчальних цілях у якості демонстраційного засобу, наприклад при проведенні лабораторних або практичних занять студентам спеціальності «Кібербезпека».

**Висновки.** В роботі розглянуті принципи розробки та організація програмного комплексу для вивчення біометричної аутентифікації за відбитками пальців. За результатами порівняльного аналізу вибрано метод порівняння за особливими точками, оскільки він має достатню швидкодію та є найпоширенішим. В рамках роботи розроблено схеми організації комплексу та програмне забезпечення на мові Python, наведено основні приклади та етапи його роботи. Показано, що комплекс може бути використаний в навчальному процесі.

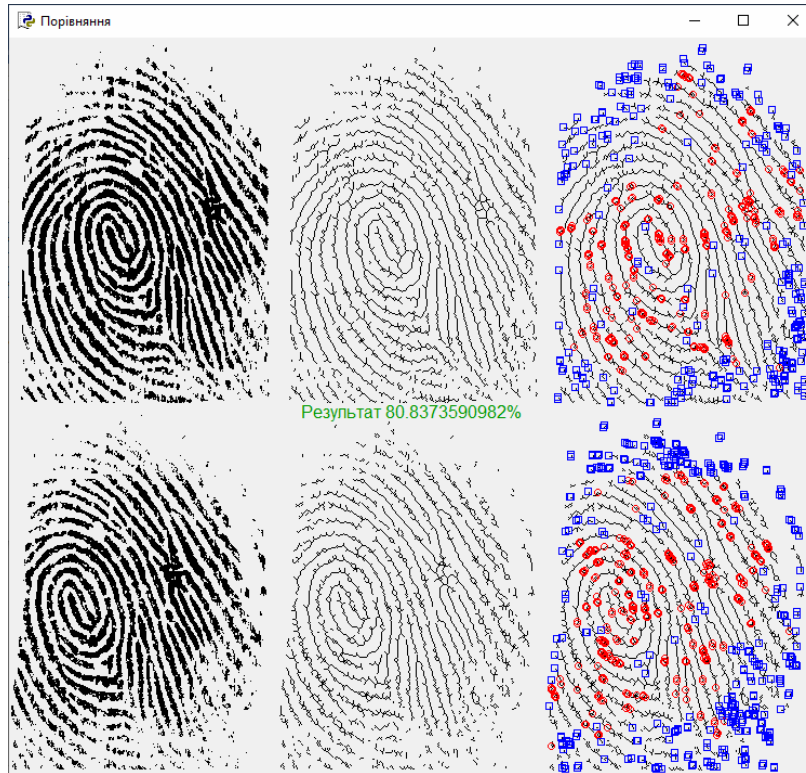
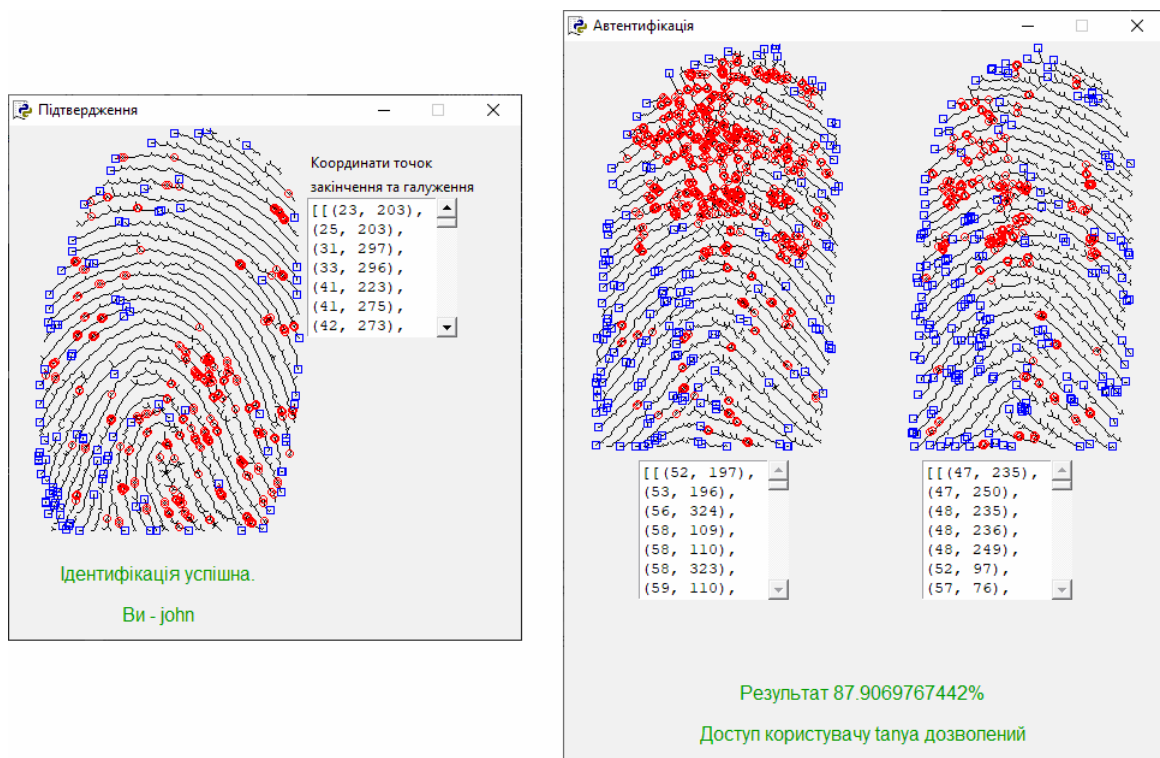


Рисунок 4 – Приклад результату порівняння відбитків



а)

б)

Рисунок 5 – Приклад результату ідентифікації (а) та автентифікації (б) користувача



ЛІТЕРАТУРА / LITERATURE

1. Мороз А.О. Біометричні технології. Методи дактилоскопії // Математичні машини і системи. – 2011. – № 3. – С. 58-65.
2. Handbook of Fingerprint Recognition / D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Prabhakar – London: Springer-Verlag, 2009. – 494p.
3. Формати обміну біометричними даними. Частина 8. Скелетні дані шаблону відбитку пальця. ДСТУ ISO/IEC 19794-8:2017.
4. Гаспарян А.В., Киракосян А.А. Система сравнения отпечатков пальцев по локальным признакам // Вестник РАУ. Серия физико-математические и естественные науки. – 2006. – №2. – С. 85-91.
5. Advanced Source Code. Fingerprint Database [Electronic resource] - Режим доступа: <http://www.advancedsourcecode.com/fingerprintdatabase.asp>

REFERENCES

1. Moroz A.A. Biometric technologies. Methods of fingerprinting // Mathematical Machines and Systems. - 2011. - № 3. - P. 58-65.
2. Handbook of Fingerprint Recognition / D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Prabhakar – London: Springer-Verlag, 2009. – 494p.
3. Biometric data exchange formats. Part 8. Skeletal data of a fingerprint template. DSTU ISO / IEC 19794-8: 2017.
4. Gasparyan A.V., Kirakosyan A.A. A system for comparing fingerprints based on local characteristics // Bulletin of RAU. Series of physical, mathematical and natural sciences. - 2006. - No. 2. - S. 85-91.
5. Advanced Source Code. Fingerprint Database [Electronic resource] - Access mode: <http://www.advancedsourcecode.com/fingerprintdatabase.asp>

Received 11.11.2020.

Accepted 13.11.2020.

***Комплекс для изучения принципов аутентификации  
по отпечаткам пальцев в системах защиты информации***

*Рассматриваются принципы разработки и организация программного комплекса для изучения механизма биометрической аутентификации по отпечаткам пальцев методом сравнения по особым точкам. Представлен анализ методов сравнения отпечатков пальцев по локальным признакам. Предлагается организация комплекса, форматы данных, описаны режимы его работы. Приведены основные примеры и этапы работы программного комплекса, разработанного на языке Python. Комплекс может быть использован в учебном процессе.*

**Complex for studying the principles of fingerprint authentication  
in information security systems**

*One of the most common and popular among biometric techniques is fingerprints. Currently, a large number of information security systems have been created using these techniques. Thus, there is a problem of studying the methods of machine fingerprint recognition during the training of relevant specialists. The aim of the work is to develop a software complex for studying the mechanism of biometric authentication using a fingerprint. Fingerprints are static biometry methodic. There are global and local signs of the imprint. For implementation in the developed complex the method of comparison of fingerprints on special points was chosen. The choice of method is made based on the results of comparative analysis and is based on the fact that it has sufficient speed and is the most common. The composition of the developed complex corresponds to the composition of the biometric system but without the scanning device. The complex database is a set of text files (with coordinates of special points) and image files of prints. The developed complex works in 3 modes: registration, identification and authentication. A high-level cross-platform programming language Python was chosen to develop the software of the complex. An open fingerprint database was used to work with the complex. The complex has 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 fingerprint: demonstration of the process of finding minutiae on the fingerprint and their comparison; formation of a reference and control template of the user's fingerprint; comparison of control and reference templates of the user 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 complex (in the form of appropriate structural schemes) and software are developed in the work, the main examples and stages of its work are given. It is shown that the complex can be used in the educational process, for example in laboratory or practical classes.*

**Остапеч Денис Олександрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри «Електронні обчислювальні машини» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, ORCID: 0000-0003-1778-7770.

**Дзюба Володимир Володимирович** – старший викладач кафедри «Електронні обчислювальні машини» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, ORCID: 0000-0003-3008-5669.

**Коваль Тетяна Юріївна** – студентка Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна.

**Остапеч Денис Александрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Электронные вычислительные машины» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, ORCID: 0000-0003-1778-7770.

**Дзюба Владимир Владимирович** – старший преподаватель кафедры «Електронніе вычислительные машины» Дніпровського національного університета залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, ORCID: 0000-0003-3008-5669.

**Коваль Татьяна Юрьевна** – студентка Дніпровського національного університета залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна.

**Ostapets Denys** – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of «Electronic computers» department of Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V.Lazaryan, ORCID: 0000-0003-1778-7770.

**Dziuba Volodymyr** – senior lecturer of «Electronic computers» department of Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V.Lazaryan, ORCID: 0000-0003-3008-5669.

**Koval Tetiana** – student of Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V.Lazaryan.