

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Безпеки інформаційних технологій
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Метод біометричної ідентифікації за обличчям користувачів WEB-ресурсів
(тема)

Виконав: Мироненко Є. В.
(прізвище, ініціали)

студент 2 курсу, групи БДІРМ-19-1

Спеціальність 125 Кібербезпека
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма «Безпека
державних інформаційних ресурсів»
(повна назва освітньої програми)

Керівник к.т.н. доц. Северинов О. В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Халімов Г.З.
(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Безпеки інформаційних технологій
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 125 Кібербезпека
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Освітня програма «Безпека державних інформаційних ресурсів»
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Мироненко Євгенію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Метод біометричної ідентифікації за обличчям користувачів WEB-ресурсів затверджена наказом по університету від "22" ЖОВТНЯ 2020 р. № 1413Ст
2. Термін подання студентом роботи (проекту) 16.12.2020
3. Вихідні дані до роботи (проекту) Теоретичні дані про біометричну ідентифікацію за геометрією обличчя
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі (зміст пояснювальної записки)
1. Методи біометричної ідентифікації
2. Методи ідентифікації особи за геометрією обличчя
3. Переваги та недоліки основних методів біометричної ідентифікації особи за геометрією обличчя
4. Розробка програмного забезпечення
5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій Презентаційний матеріал у вигляді слайдів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів магістерської атестаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Отримання завдання</i>	<i>02.09.20</i>	
2	<i>Пошук літератури</i>	<i>04.09.20-28.09.20</i>	
3	<i>Аналіз методів біометричної ідентифікації за геометрією обличчя</i>	<i>28.09.20-15.10.20</i>	
4	<i>Аналіз методу головних компонент</i>	<i>15.10.20-11.11.20</i>	
5	<i>Аналіз способів організації баз даних зображень</i>	<i>11.11.20-25.11.20</i>	
6	<i>Розробка програмного забезпечення</i>	<i>25.11.20-04.12.20</i>	
7	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>04.12.20-16.12.20</i>	

Дата видачі завдання 02 вересня 2020 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи (проекту) _____ к.т.н доц. Северінов О.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ.....	8
1 Методи біометричної ідентифікації.....	10
1.1 Визначення біометричної ідентифікації.....	10
1.2 Ідентифікація за відбитками пальців	11
1.3 Ідентифікація за ДНК.....	11
1.4 Ідентифікація за особливостями долоні	12
1.5 Ідентифікація за райдужною оболонкою ока.....	12
1.6 Розпізнавання за сітківкою ока	13
1.7 Голосова ідентифікація	13
1.8 Клавіатурний підпис.....	13
1.9 Ідентифікація за геометрією обличчя.....	14
2 Методи біометричної ідентифікації за геометрією обличчя.....	16
2.1 Історія розпізнавання обличчя	16
2.2 Сфери застосування технологій розпізнавання осіб	17
2.3 Аналіз емоцій за виразом обличчя.....	19
2.4 Плавна трансформація зображень обличчя	19
2.5 Визначення ознак людини по зображенню його обличчя	20
2.6 Автоматичний пошук ділянки обличчя на зображенні	21
2.7 Автоматичний пошук елементів обличчя людини.....	23
2.8 Завдання ідентифікації людської особи	26
2.9 Системи ідентифікації реального часу	28
2.10 Опис методів, що застосовуються при розпізнаванні людей.....	29
2.11 Аналіз сукупностей антропометричних точок обличчя	30
2.12 Метод власних векторів	30
2.13 Метод гнучкого порівняння на графах.....	32

2.14	Нейронні мережі	33
2.15	Приховані Марківські моделі	35
2.16	Метод головних компонент	36
2.17	Активні моделі зовнішнього вигляду	37
2.18	Активні моделі форми	39
2.19	Метод зіставлення з еталоном	40
2.20	Аналіз оптичних потоків	40
2.21	Способи організації баз даних зображень	42
2.22	Один з варіантів організації системи розпізнавання	42
2.23	Вибір ідентифікаційних точок	43
3	Переваги та недоліки методів	49
3.1	Аналіз сукупностей антропометричних точок обличчя	48
3.2	Метод власних векторів	51
3.3	Метод гнучкого порівняння на графах	52
3.4	Метод зіставлення з еталоном	54
3.5	Аналіз оптичних потоків	54
4	Розробка програмного забезпечення	56
4.1	Алгоритм програми	56
4.2	Мова програмування Java	56
4.3	Фреймворк Spring та Spring Boot	57
4.4	Система автоматичного збирання проєктів Maven	59
4.5	Розробка ПЗ для сервісу ідентифікації за геометрією обличчя	60
4.6	Модуль користувача	62
4.7	Керівництво користувача	63
	Висновки	68
	Перелік посилань	69
	Додаток А Код програми	71
	Додаток Б Графічні матеріали	91

РЕФЕРАТ

Атестаційна робота містить: 70 с., 19 рис., 2 додатки, 9 джерел.

Об'єкт дослідження – системи ідентифікації особи за геометрією обличчя.

Предмет дослідження – процес ідентифікації особи за геометрією обличчя.

Мета роботи – забезпечити біометричну ідентифікацію особи за геометрією обличчя за рахунок розробки програмного забезпечення.

В першому розділі досліджено існуючі методи біометричної ідентифікації особи .

У другому розділі досліджено основні методи ідентифікації особи за геометрією обличчя, метод пошуку ділянки обличчя та пошук елементів обличчя, трансформація зображення обличчя, завдання ідентифікації людської особи.

У третьому розділі проведено аналіз недоліків та переваг основних методів біометричної ідентифікації особи за геометрією обличчя.

У четвертому розділі розглядаються деталі розробки програмного забезпечення, обґрунтування вибору технологій та опис готового програмного продукту.

Результат роботи – розроблено програмне забезпечення з реалізацією розпізнавання обличчя та можливістю керувати доступом до захищених ресурсів.

Область використання – програмні системи.

JAVA, JDK, JRE, JAVASE, БІОМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ, PCA, ASM, WEB-ДОДАТОК, БЕЗПЕКА

ABSTRACT

The attestation work contains: 70 s., 19 Fig., 2 annexes, 9 sources.

The object of the study is personality identification systems by face geometry.

The subject of the study is the process of identifying a person by face geometry.

The purpose of the work is to ensure biometric identification of a person by face geometry through the development of software.

In the first section, existing methods of biometric personality identification were investigated.

In the second section, the main methods of personality identification by face geometry, the method of searching for the face area and the search for facial elements, the transformation of the face image, the task of identifying the human face are investigated.

The third section analyses the disadvantages and advantages of basic methods of biometric identification of personality by facial geometry.

The fourth section discusses the details of software development, the rationale for technology selection and the description of the finished software product.

The result of the work is developed software with the implementation of facial recognition and the ability to control access to protected resources.

Scope - software systems.

JAVA, JDK, JRE, JAVASE, BIOMETRICAL IDENTIFICATION, PCA, ASM, WEB APPLICATION, SECURITY

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

НСД – несанкціонований доступ до інформації

ОІД – об’єкти інформаційної діяльності

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота

ІТС – інформаційно-телекомунікаційні системи

БСРО – біометричні системи розпізнавання обличчя

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ІДЕ – Integrated Development Environment

ВСТУП

Однією з найбільш відмітних здібностей людського зору є швидке пізнавання знайомих об'єктів, речей людей, зокрема - розпізнавання людей по їх зображеннях. Уміння розпізнавати оточення формується у людини з дитинства. І, попри те, що ідентифікація людини людиною може здійснюватися за різними ознаками, таким як голос, запах, хода або одяг, саме зображення особи є найбільш надійною ознакою при індивідуальній ідентифікації.

Людське обличчя містить інформацію, що регулює безліч аспектів нашого соціального життя. Вираз обличчя інформує нас про емоційний стан співрозмовника і, у поєднанні з інтонаціями, наприклад, допомагає регулювати і уточнювати розмову. Комунікаціям, зокрема звуковим, також допомагають наше сприйняття змін форм губ і інших рухів, пов'язаних з артикуляцією. Таким чином, особа є чудовим сигнальним пристроєм. Воно передає багатокомпонентні повідомлення, які можуть бути отримані іншою людиною і декодовані з метою отримання інформації про вік, пол, расу, емоційний стан і т. д.

Проблема формалізації і автоматизації процесу розпізнавання людських осіб торкнулася ще на самих ранніх стадіях розвитку систем розпізнавання образів і залишається актуальною досі. Проте впродовж останніх 10 років кількість наукових досліджень і публікацій з цієї тематики виросла у декілька разів, що свідчить про зростання актуальності цієї проблеми. Це пояснюється тим, що у зв'язку зі значним зростанням обчислювальної потужності ЕОМ і здешевленням їх експлуатації відкрилися нові можливості застосування обчислювальної техніки в найрізноманітніших сферах і відповідно з'явилася безліч прикладних завдань, що вимагають свого швидкого дозволу.

У цій роботі викладаються основні підходи до розпізнавання людей по їх портретах, а також деякі рекомендації розробникам систем ідентифікації особи по фотографії. При цьому під терміном портрет мається на увазі цифрове

зображення обличчя людини у фас (один з кращих варіантів - фото для документів) без елементів одягу, прикрас, сонячних окулярів і т. п., які можуть закривати або спотворювати частини лиця.

Зображення має бути отримане при достатньому освітленні, тобто при такому, коли на обличчі не є істотних тіней, що утрудняють процес автоматичного виділення ідентифікаційних рис, точок і тому подібне.

1 МЕТОДИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

1.1 Визначення біометричної ідентифікації

На даний момент розвитку інформаційних технологій паролні, які базуються на унікальній персональній інформації, та атрибутивні методи ідентифікації, – на використанні персонального предмету: ключа, перепустки тощо, втрачають свою актуальність, проте користуються великим попитом серед користувачів. Дані методи забезпечення доступу мають суттєві технологічні недоліки, які стають все більш вираженими. Одною з проблем виступає неточність ідентифікації користувача у системі та велика ймовірність порушення її безпеки в результаті НСД, імітації певного атрибута або зламу паролю тощо. Також важливою проблемою цих методів є відсутність функціоналу для виявлення підміни авторизованого “легітимного” користувача. Тобто, порушник режиму доступу до інформації, сторонні особи можуть незаконно увійти до системи чи/або ОІД у той момент, коли “легітимний” користувач залишає її без контролю після етапу проходження авторизації. Однак, неперервний прихований моніторинг дає можливість своєчасно виявити відсутність “легітимного” користувача та унеможливити доступ до системи та/або об’єкта з обмеженим доступом для порушників.

Порівняно з попередніми методами, біометричні характеристики користувача, як спосіб автентифікації, можуть гарантувати підвищений рівень безпеки, враховуючи невід’ємність біометричних даних конкретної особи (користувача) [2].

Біометрична ідентифікація – це технології розпізнавання за окремими специфічними біометричними ознаками (ідентифікаторами), які властиві конкретній особі або користувачу.

Ці технології базуються на вимірюванні унікальних характеристик особи, отриманих від народження (ДНК, відбитки пальців, райдужна оболонка ока),

набутих з віком або в результаті зовнішнього впливу (почерк, голос тощо). Існують дві групи методів біометричної ідентифікації: статистичні та динамічні.

Методи першої групи ґрунтуються на аналізі фізіологічної (статичної) характеристики особи, даній від народження. До цієї групи відносять методи ідентифікації: за відбитками пальців, на основі геометрії обличчя, за кодом ДНК, за особливостями долоні, за райдужною оболонкою або сітківкою ока тощо.

1.2 Ідентифікація за відбитками пальців

В основі даного методу покладено унікальність капілярних узорів на пальцях, зображення (відбитки) яких отримуються за допомогою спеціальних сканерів та перетворюються у спеціальний цифровий код (згортку). Далі відбувається його порівняння з шаблонами, які зберігаються у базі авторизації користувачів [3, 4].

Перевагою цього методу є простота використання, зручність та надійність. Однак, ідентифікація за відбитком пальців володіє низкою недоліків, серед яких:

- капілярний узор легко пошкодити дрібними подряпинами або порізами;
- низький рівень захисту від “підробки” згортки, викликаний широким поширенням використання методу;
- залежність від чистоти пальців; - низька ефективність розпізнавання у випадку сухості шкіри.

1.3 Ідентифікація за ДНК

Встановлено, що в молекулі ДНК є індивідуальні ділянки, неповторні у різних людей. Ймовірність того, що генетичний відбиток (індивідуальний код ДНК) у двох людей буде однаковий, складає менше однієї мільярдної. Таким

чином індивідуальні ділянки ДНК можуть стати безпомилковим маркером, які дозволять відрізнити одну людину від іншої. Переваги даного способу очевидні, проте в даний час методи обробки та аналізу ДНК працюють настільки довго, що такі системи використовуються лише для спеціалізованих експертиз

1.4 Ідентифікація за особливостями долоні

На сьогодні існує два способи ідентифікації людини за особливостями долоні: за формою та за термограмою вен. Перший метод ґрунтується на розпізнаванні геометричних особливостей долоні. Спеціальний пристрій формує тривимірне зображення кисті руки, який потім перетворюється у згортку. Перевагою методу за геометрією долоні полягає у підвищеній надійності порівняно з ідентифікацією за відбитками пальців. Другий спосіб ідентифікації – використання термограми розташування вен долоні. Цей спосіб надійний, проте не досить розповсюджений у зв'язку з відсутністю чітких алгоритмів його функціонування.

1.5 Ідентифікація за райдужною оболонкою ока

Рисунок радужної оболонки ока також є унікальною характеристикою людини, причому для її сканування використовують портативні відео- та фотокамери зі спеціалізованим програмним забезпеченням. Даний програмний засіб дозволяє захоплювати зображення частини обличчя, з якого виділяється рисунок радужної оболонки ока, за яким будується цифровий код ідентифікації особи [2, 4, 5]. До недоліків методу відносять:

- неможливість ідентифікації за умови низької якості (розмиття) зображення радужної оболонки, викликана недостатнім фокусуванням;
- низька доступність готових технічних рішень;
- унеможливлення ідентифікації шляхом використання контактних лінз;

– значна залежність від умов зовнішнього середовища, зокрема освітленості.

1.6 Розпізнавання за сітківкою ока

У даному випадку, біометрична технологія сканування сітківки використовується для відображення унікального рисунка сітківки людини. Кровоносні судини всередині сітківки поглинають світло з більшою інтенсивністю, ніж навколишні тканини, тому їх легко ідентифікувати. Певні труднощі у застосуванні зазначеного методу ідентифікації виникають у разі використання контактних лінз. Крім того, процес розпізнавання доволі суттєво залежить від зовнішніх умов, насамперед від освітленості.

1.7 Голосова ідентифікація

У даному випадку використовуються частотні характеристики голосу (тон, тембр), на основі яких створюється цифрова модель. Особливістю цього методу є зручність у використанні. Однак, суттєвою проблемою є точність ідентифікація. На надійність та ефективність голосової ідентифікації впливають як біологічні, так і технологічні фактори. Наприклад, важко ідентифікувати особу, яка хворіє, наприклад ларингітом, а також голосовий запис можна використати в якості НСД до ІТС [2]

1.8 Клавіатурний підпис

Метод ґрунтується на особливості (індивідуальності) набору тексту на клавіатурі. За рахунок цього можна ідентифікувати користувача з достатньою точністю. Позитивним методом цього типу полягає у відсутності необхідності додаткового обладнання. Однак, головним недоліком використання клавіатурного почерку для ідентифікації особи – тимчасова зміна самого

почерку користувачів, наприклад під впливом стресових ситуацій

1.9 Ідентифікація за геометрією обличчя

Розпізнавання обличчя – один з найпоширеніших способів ідентифікації, заснований на унікальності характерних рис обличчя та форми черепа особи (користувача) [6]. Розпізнавання за геометрією обличчя має низку переваг порівняно з іншими методами біометричної ідентифікації/автентифікації. Серед них: - відсутня необхідність безпосереднього контакту технічних засобів розпізнавання з користувачем; - при відповідному обладнанні (потужні характеристики відеокамер) розпізнавання можливе на великих відстанях, навіть в групі людей; - це єдиний біометричний спосіб, який не вимагає спеціальної техніки; - для ідентифікації використовується загальнодоступна характеристика (обличчя) користувача; - ідентифікація проводиться виключно із динамічним зображенням обличчя (фото користувача для розпізнавання ігнорується).

Ефективність та надійність систем ідентифікації користувачів за геометрією обличчя характеризується ймовірністю розпізнавання, на величину якої впливають різні чинники. Так, наприклад, риси обличчя змінюються в залежності від віку, повороту голови, психологічного стану людини, мімічного виразу обличчя, наявності волосяного покриву, косметики, окулярів тощо. Для підвищення цих показників необхідно збільшити вибірку навчання, тобто кількість фото користувачів при різних психологічних станах. Шляхом формування потужної бази даних шаблонних зображень користувачів вирішено питання ідентифікації користувачів-близнюків. Другу групу біометричної ідентифікації складають динамічні методи, які ґрунтуються на поведінковій (динамічній) характеристиці людини. До основних методів цієї групи відносять ідентифікацію за: голосом, клавіатурним почерком тощо.

На підставі аналізу встановлено, розглянуті методи володіють низкою недоліків нехарактерних ідентифікації користувачів за геометрією обличчя. Розвитку теоретичної та практичної бази в галузі біометричної ідентифікації та автентифікації користувачів присвячено роботи вітчизняних та закордонних вчених.

Так, науковими співробітниками компанії Facebook опубліковано дослідження з проекту розпізнавання обличчя користувачів даної соціальної мережі [7]. Вчені Р. Viola та М. J. Jones розробили алгоритм [8] виявлення та ідентифікації об'єктів на зображеннях у реальному часі. У своїх роботах [9] Бабарика А., Прокопенко Е., Бабій Ю. запропонували комбіновані методи розпізнавання та ідентифікації. Основу цих методів складають примітиви (ознаки) Хаара [10]. Ці ознаки обчислюються в межах сканувального вікна змінного розміру, що переміщується зображенням, яке під час процесу обробки методом [8] зберігається в так званому інтегральному форматі SAT (від англ. Summed Area Table). У даному алгоритмі використовується так званий бустінг (від англ. Boosting) – комплекс заходів, що сприяють підвищенню точності аналітичних, або посилення “слабких” моделей.

Таким чином, актуальність вивчення методів, способів (алгоритмів) визначення біометричної ідентифікації користувачів ІТС підвищується. Одним з таких напрямів є застосування біометричних методів автентифікації користувачів, які ґрунтуються на використанні алгоритмів ідентифікації за геометрією обличчя. У даній науковій праці за основу розпізнавання користувачів обрано метод Віоли-Джонса, виходячи із його можливості забезпечення підвищення точності ідентифікації та послаблення “слабких” моделей, що значно зменшує хибні розпізнавання

2 МЕТОДИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗА ГЕОМЕТРІЄЮ ОБЛИЧЧЯ

2.1 Історія розпізнавання обличчя

Сьогодні важливу роль в процесі розпізнавання обличчя людини грають сучасні технології: соціальні мережі, телебачення і інші способи зв'язку. Прогрес в області штучного інтелекту і біометричних технологій, включаючи розвиток можливостей машинного навчання, привів до підвищення точності і доступності комп'ютеризованих технологій розпізнавання осіб і до ширшого їх поширення. Тепер розпізнавання особи може відбуватися у великих масштабах і в складніших умовах.

Розпізнавання обличчя має довгу історію, початок якої можна віднести до XIX століття. Щоб знайти злочинців, наприклад, таких жорстоких бандитів як Джесі Вудсон Джеймс або Біллі Кид, органи правопорядку Америки розвішували оголошення з написом "розшукується живим або мертвим", обіцяючи нагороди тим, хто допоможе знайти і заарештувати злочинців. На додаток до обіцянок щедрої нагороди, оголошення містили фотографії і короткий опис злочинів. Оголошення поширювалися серед органів правопорядку по всій країні і розвішувалися в кожному поштово-відділенні з метою затримати злочинців якнайскоріше.

У 1960-і роки виникли перші комп'ютеризовані системи розпізнавання осіб. Вудро Уилсон (Вудди) Бледсоу першим розробив спосіб класифікації осіб з використанням ліній сітки. Проте, метод Бледсоу як і раніше вимагав людської участі, оскільки людина вручну відмічала відмітні характеристики особи на фотографії людини і вводила цю інформацію в комп'ютер. Технологія дозволяла перевірити до 40 осіб в годину, що на той час вважалось вражаючим результатом. До кінця 1960-х років розпізнавання осіб отримало подальший розвиток в Стенфордському науково-дослідному інституті. Виявилася, що з точки

зору точності розпізнавання технологія справляється краще за людей (люди, як відомо, погано розпізнають людей, яких вони не знають). До кінця століття найефективніше рішення було створене німцями в Рурском університеті у Бохуме. Точність нової технології була настільки високою, що її придбали для банківської галузі і сфери обслуговування повітряних перевезень. З цієї миті ринок технологій розпізнавання осіб почав розквітати. При цьому, відповідно до проведених урядом США оцінками, з 1993 по 2010 рік частота помилок автоматичних систем розпізнавання осіб знизилася в 272 рази.

2.2 Сфери застосування технологій розпізнавання обличчя

Розпізнавання обличчя дозволяє ідентифікувати користувачів смартфонів iPhone, перевіряти особу утримувачів банківських карт MasterCard, здійснювати паспортний контроль в аеропортах і на інших пунктах контролю доступу. Це технологія розпізнавання обличчя типу "один-до-одного". Тобто обличчя людини, яка знаходиться перед камерою, порівнюється із зображенням особи в паспорті або в додатку. Набагато складніше завдання - виявити і розпізнати обличчя людей, що рухаються в натовпі, і порівняти їх з особами, які зберігаються у базі даних. Розпізнавання особи за технологією "один-до-многих" - завдання куди складніше.

Інтерес до БСРО обумовлений зростаючою активністю правоохоронних органів у боротьбі з організованою злочинністю і тероризмом. Вигоди від використання систем розпізнавання осіб для поліції очевидні - це оперативне виявлення і відвертання злочинів. Технологія розпізнавання осіб використовується при оформленні і видачі документів, що засвідчують особу, найчастіше у поєднанні з іншими біометричними інструментами, такими як сканування відбитків пальців, наприклад. БСРО застосовується на пунктах пограничного контролю для порівняння портрета в цифровому біометричному паспорті з обличчям власника. Дрони, обладнані аерофотоапаратами, є дуже цікавою платформою для використання БСРО на великих площах під час

проведення масових заходів. Системи літаючих безпілотників здатні нести на собі камери з потужними об'єктивами вагою до 10 кг, за допомогою яких можливо ідентифікувати підозрюваного з відстані 800 м і з висоти 100 м. Оскільки такий дрон може бути підключений до джерела живлення на землі через фізичний кабель, час його роботи нічим не обмежений. А зв'язок з наземним пунктом управління не може бути перехоплений, оскільки вона також використовує захищену кабельну лінію.

Значні успіхи за допомогою технології розпізнавання осіб були досягнуті і в області охорони здоров'я. Завдяки сучасним алгоритмам глибокого навчання і аналізу осіб вже можливо:

- точніше відстежувати використання пацієнтом призначених ліків
- виявляти генетичні захворювання, з вірогідністю успіху до 96,6%
- підтримувати процедури лікування болю.

Технологія розпізнавання обличчя - новий гарячий напрям у багатьох сферах життя Китаю, починаючи з банків і аеропортів і закінчуючи поліцією. Зараз влада розширює програму БСРО за допомогою спеціальних сонцезахисних окулярів, які поліція починає використати на околицях Пекіна. Китай також встановлює і удосконалює національну мережу відеоспостереження. У кінці 2018 року в країні працювало більше 200 млн камер спостереження, а до 2020 року очікується збільшення їх кількості до 626 млн. Це пов'язано з тією, що розвивається урядом Китаю системою соціального кредитування.

За даними The New York Times китайська поліція тісно співпрацює з такими компаніями, що займаються штучним інтелектом, як Yitu, Megvii, SenseTime і CloudWalk. Амбіції Китаю в області штучного інтелекту і технологіях розпізнавання осіб дуже високі. Країна поставила перед собою завдання стати світовим лідером в області штучного інтелекту до 2030 року.

2.3 Аналіз емоцій за виразом обличчя

Дослідження в області психології визначили, що існує як мінімум шість людських емоцій, які можуть бути абсолютно точно ідентифіковані по відповідних виразах обличчя: щастя, смуток, здивування, страх, гнів і відраза. У роботі [5] розглядається завдання побудови автоматичного класифікатора цих емоцій по заданій безлічі зображень людських осіб. Опис системи комп'ютерного зору для спостереження за рухливими ділянками особи і принципи її функціонування наводяться в [7].

Слід зазначити, що система, ґрунтована на використанні геометричної і фізичної (мускульною) моделей особи, а також оптимальних оцінок оптичного потоку, здатна працювати з кадрами звичайних відеофільмів і, на відміну від системи, описаної в [5], визначати не лише основні емоції, але і прості мімічні зміни особи (посмішка, підняття брів і т. п.). В той же час основною метою Кимура і Яшиды було не лише визначення деяких типів виразів осіб, яких можна асоціювати з людськими емоціями, але і оцінка сили самих емоцій. Слід підкреслити, що рішення цієї задачі тісно пов'язане з автоматичним виділенням рис обличчя, обробкою відеопослідовностей і іншими напрямками розпізнавання образів.

Проте головною метою дослідників, працюючих в області аналізу виразів обличчя, є розробка математичної моделі особи і його мікрорухів, яка б найточніше відбивала реальну міміку обличчя.

2.4 Плавна трансформація зображень обличчя

У загальному вигляді завдання плавної трансформації може бути розбите на три підзадачі. Перша її виділення і встановлення точок відповідності між двома заданими зображеннями або об'єктами. Це найбільш складна частина цього процесу, і найчастіше відповідні точки задаються вручну. Друга - визначення або конструювання морфологічної функції, що відображає безліч

точок, виділених на попередньому етапі з першого зображення, в таку ж множину, виділену для другого зображення. І третя підзадача - ця плавна зміна значень пікселів двох зображень з метою створення декількох проміжних зображень.

Розробки в цій області є окремими випадками рішення загальнішої задачі машинної графіки по плавній трансформації зображення одного об'єкту в зображення іншого. І хоч в цілому завдання вирішене і є безліч програмних продуктів, що дозволяють домагатися приголомшливих комп'ютерних і відеоефектів (телевізійна реклама, музичні кліпи і так далі), дослідження в цій області тривають. Їх основна мета - розробка гнучкіших, простіших і швидших алгоритмів, а також вивчення можливості їх застосування в інших завданнях, пов'язаних з аналізом зображень осіб.

Крім того, однією з найбільш досліджуваних проблем в цій області є пошук ефективного алгоритму визначення характерних рис зображення, які і обумовлюють вибір точок відповідності. Особливо актуальне це питання при необхідності трансформації однієї в іншу двох заданих послідовностей зображень. Нині швидкість роботи систем, що трансформують зображення один в одного, досить висока. І хоча в [1] не вказується, на якій платформі розроблена система функціонує, автори вважають швидкість достатньою для використання алгоритму в інтерактивних системах, т. е. у системах реального часу.

2.5 Визначення ознак людини по зображенню його обличчя

Те, що людське обличчя є досконалим сигнальним пристроєм, і з нього можна рахувати багато корисної інформації про його володаря, є загальновідомим фактом. І хоча аналіз лицьових виразів і визначення таких характеристик об'єкта як підлога, 7 раса, вік і подібних до них, можна було б об'єднати в одну проблему, є різниця в підходах. Крім того, до завдань останнього типу можна віднести і визначення характеристик безпосередньо

самого зображення особи, наприклад міри симетрії обличчя відносно вертикальної осі.

Слід зазначити, що розроблені для визначення характеристик підходи можуть бути використані і для вирішення інших завдань. Так, наприклад, Вискотт [5] для визначення по зображенню людини таких ознак, як підлога, наявність бороди і окулярів, використовує метод зіставлення графів. У декількох сотнях експериментів відсоток коректного розпізнавання різних характеристик людської особи склав від 83 до 96%. Алгоритми визначення підлоги, ґрунтовані на нейронних мережах, демонструють схожі результати розпізнавання - 87,5% в роботі [8] і 91,9% в роботі [2]. Система, описана в статті [3], може виявляти з бази зображень усіх суб'єктів, що носять окуляри, з точністю 97%, а також тих, чії портрети є у базі як з окулярами, так і без - з 93% - ний достовірністю.

Визначення ж осі симетрії особи для Эшме, Санкура і Анарима є лише однією з підзадач по попередній обробці початкового зображення. Надалі вони використовують цю інформацію для коригування роботи алгоритму пошуку координат рис обличчя. У [3] розглядається проблема вибору обмеженого набору власних векторів і його застосування в розпізнаванні підлоги і інших ознак людини.

2.6 Автоматичний пошук ділянки обличчя на зображенні

Це завдання є по суті першим етапом повністю автоматизованого процесу розпізнавання людини у разі, коли ідентифікація особи відбувається по зображеннях, при створенні яких ця мета не переслідувалася або можливості зйомки були обмеженими (непрофесійно зроблені зображення, зйомка прихованою камерою, відеокадри і тому подібне). Основним підходом виявлення є вирізування зі знімка областей близьких за деякими ознаками до зображень осіб. Після цього вирізані області порівнюються з деяким еталоном. У подібних випадках завдання зводиться до оптимізації кількості вирізаних для

аналізу із зображення частин, а також до встановлення безпосередніх меж виявленого зображення особи [3]. Проте існують і інші підходи. Так, наприклад, в статті [9] описана система, побудована на нейронних мережах. Точність її розпізнавання складає 84 - 86,5%. Характеристики виконання етапу виділення особи не наводиться, загальна достовірність розпізнавання системи склала 95-97%, що говорить про хорошу попередню обробку зображень. Крім того, є також і декілька інших підходів, наприклад підхід, ґрунтований на аналізі за принципом згори-вниз, який використовує декілька окремих моделей особи, побудованих по порядку від найгрубішої до найточнішої.

Спочатку зображення перевіряється на предмет відповідності якої-небудь його частини найгрубішій моделі, потім, якщо такий фрагмент знайдений, то він порівнюється з точнішою моделлю, і так триває до порівняння з найточнішою моделлю або ж доки алгоритм не забракує фрагмент після перевірки на відповідність який або моделі. Підходи ж, засновані за принципом знизу-вгору, спочатку перевіряють зображення на наявність в ній сукупності ознак людської особи і потім, ґрунтуючись на геометричній близькості, групують їх в областикандидаты для ретельнішої перевірки [6]. До цього класу досліджень можна віднести і роботу Ву, Чена і Яшиды, результатом якої стала побудова системи перевірки осіб, тобто системи, яка встановлює, чи дійсна фрагмент зображення є людською особою або ж представлені просто схожі на нього об'єкти. Коли ця система отримує передбачуване зображення особи, то із зображення спочатку виділяються краї. Потім система встановлює приблизні регіони пошуку рис обличчя шляхом виявлення зон, де середня щільність горизонтальних країв висока.

За допомогою методу інтегральних проекцій уточнюються координати кожної зони. Отримані дані перевіряються порівнянням з геометричною моделлю особи і у результаті визначається, чи являється ця частина зображення дійсно особою або ні. Основне нововведення полягає в тому, що початкові зображення були кольоровими і в тому, що автори протестували свій підхід на

50 кольорових фотографіях. У результаті 90% фрагментів зображень, на яких дійсно були представлені людські особи, були розпізнані коректно.

2.7 Автоматичний пошук елементів обличчя людини

Одне з найцікавіших і вимагаючих ефективного рішення завдань - це автоматичне визначення точних координат ряду характерних антропометричних точок (куточки очей, кінчик носа, куточки губ і так далі).

Відмітною особливістю цього завдання є істотна відмінність зображень таких елементів особи, як око, ніс, рот, яким ці точки належать. Іншими словами, проблема полягає в тому, що характеристики зображення кожної ділянки людської особи (очей, носа, контура обличчя і так далі) настільки різні, що для вирішення усього завдання в цілому доводиться розробляти окремий підхід до виділення кожної риси обличчя. Це завдання є актуальним, оскільки точність виділення вказаних ділянок особи істотно впливає на достовірність розпізнавання усєї системи в цілому.

Як правило, кожен метод включає два етапи: визначення прямокутних вікон пошуку і знаходження точних координат характерних точок усередині виділених фрагментів. Наведемо декілька конкретних прикладів.

Для отримання координат вікон для пошуку носа і рота Брунелли і Поджио застосовують метод інтегральних проєкцій [7]. З початкового зображення особи отримують дві інтегральні проєкції - горизонтальну і вертикальну. Робиться це таким чином: нехай $I(x, y)$ - початкове зображення, тоді вертикальна проєкція зображення $I(x, y)$ в квадраті з кутовими координатами $[x_1, y_1]$ і $[x_2, y_2]$ визначається у виді. Вертикальні координати областей носу і роту знаходяться за допомогою антропометричних стосунків частин обличчя людини, тоді як горизонтальні координати отримують шляхом аналізу гістограм інтегральних проєкцій.

На другому етапі по списках вертикального градієнта на горизонтальній проєкції знаходять місце розташування носа, а по западинах - місце

розташування рота, оскільки лінія між губами виглядає на зображеннях дуже темною. Межі носа оцінюються за допомогою найбільших правих і лівих піків, а координати характерних точок рота визначаються подібним способом на вертикальній проекції. Области зображень очей Брунелли і Поджио знаходять принципово іншим способом - за допомогою методу порівняння з еталоном (template matching), який детальніше описаний нижче.

Знаходження на зображенні брів і їх товщини виконується так само, як для носа і рота. Пошук обмежений вікном, розташованим трохи вище за очі (розташування очей вже мають бути визначено) і робиться за допомогою вертикальної інтегральної проекції. У алгоритмі авторів шукаються списи градієнта інтенсивності в двох протилежних напрямках. Пари піків над одним оком порівнюються з парами над іншим і найбільш схожі вибираються як що відповідають один одному. При знаходженні нижньої межі безбородої особи (вилиці, підборіддя і так далі) автори використовують спеціальну еліптичну систему координат (еліпс в цій системі представляється прямою) і таким чином їм вдається мінімізувати обчислювальні витрати на визначення нижнього контура обличчя, який в цій системі координат апроксимується прямою [7].

У статті [9] автори пропонують геометричний підхід до точного виділення зіниці і контура ока. Процес розбивається на три етапи. Перший - це виділення контура обличчя. Він ґрунтований на моделі активних контурів (snake model), тобто на поступовому стискуванні контура області, що свідомо містить зображення особи, до контура власне особи. Після отримання координат контура обличчя з нього на основі антропологічної статистики витягають два вікна розташування очей. На другому етапі, спираючись на апріорні знання про те, що зіниця кругла і чорна, будують гістограми яркостей для цих вікон, вибирають 25% пікселів з найменшою яскравістю і, використовуючи методи кластерного аналізу, визначає кількість областей, до яких ці піксели належать, а також обчислюють центри цих областей. На останньому етапі для кожної області проводять k прямих ліній з центру до межі, обчислюють для кожної лінії градієнт інтенсивності і визначають

декілька точок, що знаходяться на межах різкого перепаду по яскравості для кожної області. Після чого координати отриманих таким чином контурних точок підставляють в рівняння кола, перевіряючи їх приналежність одного кола. З цих областей вибирається та, контурні точки якої менш інших відхиляються від кола. Вона і вважається зіницею.

Пропонований в роботі [5] підхід визначає риси обличчя, використовуючи геометричну модель, яка конструюється згідно з геометричними співвідношеннями між частинами лица. Завдяки цій моделі труднощі розпізнавання, викликані емоційним вираженням і орієнтацією особи, можуть бути легко переборні. На першій стадії роботи алгоритму використовується високочастотна фільтрація, яка підкреслює (посилює) зображення. Після чого робиться бінаризація зображення, що вийшло в результаті фільтрації. Далі піксели отриманого на першому етапі бінарного зображення групуються і пізнаються. По-перше, шукаються очі, які повинні знаходитися на одній лінії, близькій до горизонтальної.

По-друге, відстань між очима приблизно рівним двом довжинам ока. Враховуючи ці, а також і інші ознаки, автори перевіряють усі пари регіонів і вибирають одну пару, що відповідає згаданим умовам. Після чого, ґрунтуючись на антропометричній статистиці, знаходять відносне місце розташування рота і інших частин лица. Швидкість роботи цього алгоритму на робочій станції SUN - 20, склала близько 5 з на один портрет, причому більше 70% часу витрачалося на попередню обробку. У [8] запропонований підхід, ґрунтований на комбінації еталонів, що змінюються, з генетичними алгоритмами, для визначення контурів очей і губ.

Ешме, Санкур і Анарим спочатку знаходять вісь симетрії особи, потім роблять попередню обробку (вирівнювання і модифікована бінаризація), після чого обчислюють центри мас темних областей. Виходячи з апріорних знань, роблять відбір регіонів, що вийшли, обчислюють енергетичні поля областей, що залишилися, значення яких потім використовуються при перевірці так званих хромосом на близькість з відповідною областю. Хромосома є кодом

декількох величин, що описують форму ока або рота. Автори визначають також правило спаровування хромосом, після застосування якого початкові величини, що представляються кожною хромосоною, або збільшуються, або зменшуються, або залишаються незмінними.

Спочатку генеруються 100 випадкових хромосом, що являють собою по суті 100 різних за формою і розміром видів еталону ока або рота. Після кожної операції спаровування частини хромосоми - гени - підставляються в спеціальні функції підгонки, які деяким чином змінюють порівнюваний еталон заздалегідь отриманої області ока або рота. Після кожної ітерації вибираються чотири найбільш відповідні до оригіналу хромосоми і усі інші діляться на чотири групи, кожна з яких потім злучається з однією з чотирьох головних хромосом. Після кожної ітерації 10% слабких генів забирається і хромосоми поповнюються випадковими новими. Таким чином, автори домагаються поступового і точного стискування еталону навколо області ока або рота.

2.8 Завдання ідентифікації людської особи

В наш час рішення задачі ідентифікації людини розглядається з двох позицій відповідно до призначення автоматизованих систем ідентифікації : режиму реального часу (online) і пошуку зображень пізнаваного об'єкту у великих базах даних (off - line). Таким чином, існуючі розробки відповідно до цілей можна розділити на два класи:

- системи ідентифікації людини по фотографії у великій (10000-3000000) базі зображень осіб

- системи ідентифікації людини в режимі реального часу (системи спостереження служб безпеки, забезпечення доступу невеликій групі 10 - 100 чоловік і закриття його для сторонніх).

Як правило, системи, що реалізують рішення завдань першого класу, повертають набір зображень, найбільш схожих на шукане, і вибір остаточного рішення надається експертові. Слід зазначити, що за статистикою в реальній

базі даних, що містить 100 000 портретів, 417 чоловік матимуть двійників. Оскільки бази містять сотні тисяч зображень, то існуючі системи працювати в режимі реального часу не в змозі. Мета - рішення задачі за розумний час. У системах другого класу зображення обличчя людини використовується як ключ, що підтверджує або спростувальний введені для ідентифікації дані. Для налаштування таких on - line систем часто використовується декілька фотографій однієї людини. Мета - рішення задачі впродовж декількох секунд, тобто в реальному режимі часу.

З практичної точки зору розробка систем для вирішення завдання другого типу простіша і вимагає менших зусиль, ніж для вирішення завдання першого типу. Крім того, методи першого класу, можуть бути з успіхом застосовані і в системах, працюючих в режимах реального часу і реалізуючих рішення задачі другого класу. Існує також загальна підзадача для обох класів - це попередня обробка зображень. Річ у тому, що для успішного розпізнавання спочатку вимагається вирішити декілька завдань.

Оскільки фотографії для розпізнавання можуть бути нестудійними, нефаховими і так далі, то розміри особи і його орієнтація на знімку можуть досить сильно варіюватися від одного зображення до іншого. Методи обробки по-різному чутливі до малих і істотних змін розмірів особи і його орієнтації, проте якщо особа на портреті занадто мало і (чи) сильно повернено у бік, то людини досить складно, а іноді і неможливо розпізнати автоматично, навіть після масштабування і внесення тих, що відповідають повороту коректив в роботу алгоритму. Тому необхідно вводити певні вимоги до даних. Так, при використанні геометричного підходу до розпізнавання, вводять вимоги, щоб при розмірі усього зображення 512×340 ділянка обличчя займала площу не менше 80×80 пікселів.

Яскравість і чіткість зображення дуже сильно залежать від умов освітлення у момент зйомки. Погані характеристики портрета можуть привести до збоїв в алгоритмах бінаризації і угруповання, і, отже, загальний коефіцієнт розпізнавання системи також значно знизиться. Необхідно передбачати

додаткові алгоритми фільтрації для зменшення можливого негативного ефекту

Іноді ділянки обличчя можуть закриватися іншими предметами, такими, як капелюхи, окуляри або волосся. Більшість систем розпізнавання не можуть впоратися з цією проблемою успішно. Залежно від того, на якій ділянці особи ґрунтується безпосередньо сам алгоритм розпізнавання, а найчастіше це 15 очей, висувається умова до зображень, що входять, про обов'язкову доступність необхідного фрагмента для повного аналізу.

Для деяких алгоритмів вираз обличчя не грає особливої ролі, проте навіть у людини періодично виникають складнощі з упізнанням знайомих йому осіб в моменти сильних переживань, потрясінь і так далі, тобто в моменти сильної емоційної напруги. Тому доцільно вводити також деякі обмеження на вхідні зображення або доповнювати систему алгоритмом визначення виду емоцій і отримання нейтрального виразу обличчя.

2.9 Системи ідентифікації реального часу

У патенті США №3805238 наводиться опис системи контролю доступу, яка при перевірці особи людини аналізує характерні риси його обличчя. Зафіксовані риси, що отримуються з фотографій, зроблених у профіль і під кутом в 45° при налаштуванні системи, зберігаються в ідентифікаційній картці або в пам'яті відповідного комп'ютера.

Сам процес ідентифікації може здійснюватися як візуально (шляхом порівняння фотографій на ідентифікаційній картці з обличчям самого об'єкту), так і автоматично (шляхом порівняння рис обличчя, що ідентифікуються, зберігаються в пам'яті комп'ютера, з відповідними характеристиками, знятими безпосередньо із зображення особи, що дістає доступ на об'єкт). У останньому випадку об'єкт повинен займати перед спеціальним скляним екраном строго певне положення. Автоматичне порівняння ґрунтоване на аналізі відповідності геометричних характеристик зображень особи, що зберігаються в системі, і особи, що стоїть перед камерою у момент запиту доступу (розд. 2.4).

Повідомляється про надійну роботу системи (помилка розпізнавання складає не більше 2%) за умови, що голова об'єкту буде відхилятися від заданого положення не більше ніж на 10° у фронтальній і подовжній площинах.

2.10 Опис методів, що застосовуються при розпізнаванні людей

Найбільша кількість публікацій, що відносяться до теми аналізу зображень людей по їх фотографіях, присвячена знаходженню оптимальних методів рішення задачі першого класу. Існує близько десятка принципово різних підходів до вирішення цієї проблеми (мал. 3). Основними критеріями при оцінці нижчеприведених методів є обчислювальна вартість алгоритмів, побудованих на їх основі, і достовірність розпізнавання.

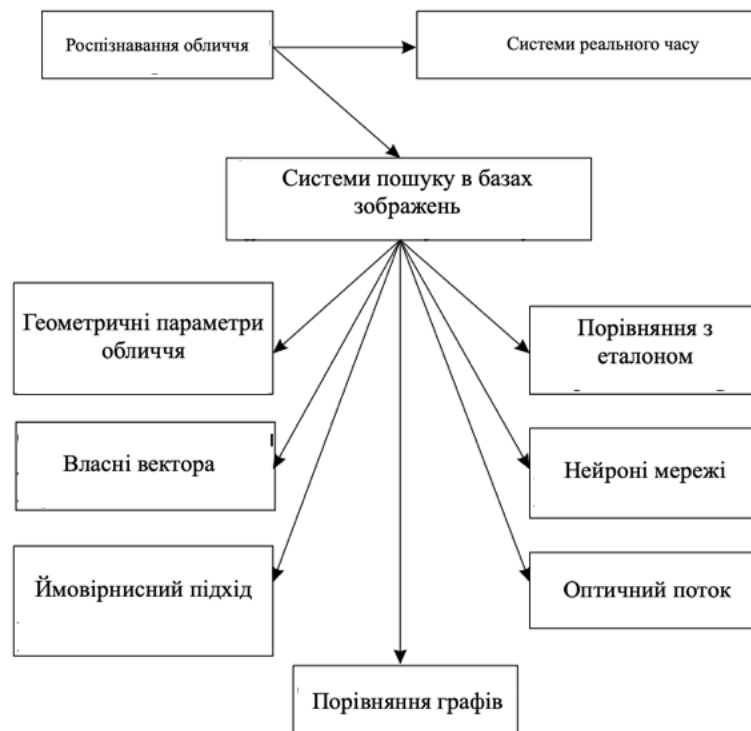


Рис. 2.1 – Основні підходи, вживані при побудові offline систем ідентифікації особи

2.11 Аналіз сукупностей антропометричних точок особи

Той факт, що люди істотно розрізняються своєю зовнішністю і, зокрема, рисами обличчя, очевидний. Так, наприклад, розташування очей і їх найдрібніші характеристики розрізняються навіть у близнюків. Тому не дивно, що історично перший похід до вирішення проблеми автоматичної ідентифікації людини по зображенню його обличчя був ґрунтований на виділенні і порівнянні деяких антропометричних характеристик особи. Цей підхід давно використовується в практичній криміналістиці, проте виміри і порівняння виконувалися вручну.

Основна проблема, з якою доводиться стикатися розробникам систем розпізнавання при використанні цього підходу, - вибір сукупності характерних точок, що однозначно описують конкретну людську особу. При цьому необхідно враховувати наступні вимоги: точки на обличчі або риси обличчя, на яких ґрунтується ідентифікація, не повинні закриватися зачіскою, бородою, маскою і тому подібне; для забезпечення незалежності процесу розпізнавання від масштабу зображення доцільно описувати систему ідентифікаційних точок у відносинах між ними; вибрана система точок повинна забезпечувати відносну стійкість процесу розпізнавання при незначній зміні ракурсу зйомки (легкий поворот голови, нахил, зміна виразу обличчя і так далі); кількість характерних точок системи, що задовольняє вищевикладеним вимогам, має бути мінімальною, оскільки обчислювальна вартість алгоритмів зазвичай пропорційна їх кількості. До теперішнього часу є багато робіт, присвячених дослідженням розпізнавання за допомогою різних сукупностей характерних точок і аналізу ефективності роботи систем, побудованих на їх основі

2.12 Метод власних векторів

Наступним, таким, що найбільш пропрацював після методу аналізу антропометричних характеристик особи можна назвати метод власних векторів

(іноді його називають методом головних компонент осіб). Він є прикладом того, як математичні методи (метод аналізу головних компонент), що успішно застосовувалися в інших областях, виявилися ефективно адаптованими до розпізнавання людей по їх портретах. Будь-яке цифрове зображення може бути представлене у вигляді вектору в просторі ознак.

Якщо зображення описується $w \times h$ пікселями, розмірність простого векторного простору, до якого цей вектор належить, дорівнюватиме твору w на h і, відповідно, базис подібного векторного простору складатиметься з $w \times h$ векторів. Проте у зв'язку з тим, що усі людські особи схожі між собою (овальна форма з носом, ротом, очима і так далі), усі вектори, що описують зображення осіб, розміщуватимуться у вузько обмеженій області цього векторного простору.

Тому при рішенні задачі розпізнавання людей по портрету опис і зберігання усього векторного простору не раціональний. Таким чином, встає питання побудови простору меншої розмірності, в якому зображення людських осіб описуються компактніше. Одним з варіантів є простір, базисними векторами якого служать головні компоненти усіх зображень осіб, що містяться в нім. Розмірність такого простору заздалегідь визначити неможливо, але вона набагато менше розмірності векторного простору усіх зображень.

З вищесказаного витікає, що головною метою методу аналізу принципів компонент є значне зменшення розмірності простору ознак так, щоб воно якнайкраще описувало типові образи, що належать безлічі портретів. У разі застосування цього методу для ідентифікації осіб такими \hat{U} образами служитимуть повчальні зображення. Іншими словами, за допомогою аналізу головних компонент вдається виявити всілякі мінливості в повчальному наборі зображень осіб і описати цю мінливість за допомогою декількох змінних.. Якщо перетворити подібні вектори в зображення, то отримувані картинки відбиватимуть головні компоненти представленої повчальної великої кількості (що також називаються власними особами).

Таким чином, за рахунок зниження розмірності простору базисних векторів, в якому знаходяться зображення, домагаються хороших показників як в швидкості, так і в точності розпізнавання

2.13 Метод гнучкого порівняння на графах

Суть методу зводиться до еластичного зіставлення графів, що описують зображення осіб. Обличчя представлені у вигляді графів із зваженими вершинами і ребрами. На етапі розпізнавання один з графів - еталонний - залишається незмінним, тоді як інший деформується з метою найкращої підгонки до першого. У подібних системах розпізнавання графи можуть бути як прямокутними ґратами, так і структурою, утвореною характерними (антропометричними) точками особи.

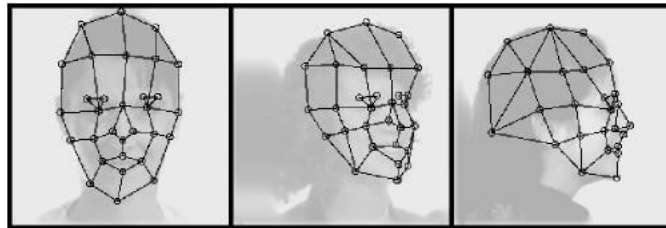


Рис. 2.2 – Приклад структури графів

У вершинах графа обчислюються значення ознак, найчастіше використовують комплексні значення фільтрів Габора або їх впорядкованих наборів - Габоровских вейвлет (лади Габора), які обчислюються в деякій локальній області вершини графа локально шляхом свертки значень яскравості пікселів з фільтрами Габора.

Ребра графа зважуються відстанями між суміжними вершинами. Відмінність (відстань, дискримінаційна характеристика) між двома графами обчислюється за допомогою деякої цінової функції деформації, що враховує як відмінність між значеннями ознак, вчисленими у вершинах, так і міру деформації ребер графа. Деформація графа відбувається шляхом зміщення

кожної з його вершин на деяку відстань в певних напрямках відносно її початкового місця розташування і вибору такої її позиції, при якій різниця між значеннями ознак (відгуків фільтрів Габора) у вершині графа, що деформується, і вершині еталонного графа, що відповідає їй, буде мінімальною. Ця операція виконується по черзі для усіх вершин графа до тих пір, поки не буде досягнута найменша сумарна відмінність між ознаками що деформується і еталонного графів. Значення цінової функції деформації при такому положенні графа, що деформується, і буде мірою відмінності між вхідним зображенням особи і еталонним графом. Ця "релаксаційна" процедура деформації повинна виконуватися для усіх еталонних осіб, закладених у базу даних системи. Результат розпізнавання системи - еталон з найкращим значенням цінової функції деформації.

У окремих публікаціях вказується 95-97% ефективність розпізнавання навіть за наявності різних емоційних виразах і зміні ракурсу особи до 15 градусів. Проте розробники систем еластичного порівняння на графах посилаються на високу обчислювальну вартість цього підходу. Наприклад, для порівняння вхідного зображення особи з 87 еталонними витрачалося приблизно 25 секунд при роботі на паралельній ЕОМ з 23 трансп'ютерами [5] (Примітка: публікація датована 1993 роком). У інших публікаціях з цієї тематики час або не вказується, або говориться, що воно велике. Недоліки:

- висока обчислювальна складність процедури розпізнавання
- низька технологічність при запам'ятовуванні нових еталонів
- лінійна залежність часу роботи від розміру бази цих осіб.

2.14 Нейронні мережі

Нині існує близько десятка різновиду нейронних мереж (НМ). Одним з самих широко використовуваних варіантів являтися мережа, побудована на багат шаровому перцептроне, яка дозволяє класифікувати подане на вхід зображення/сигнал відповідно до попереднього налаштування/навчанням

мережі. Навчаються нейронні мережі на наборі повчальних прикладів. Суть навчання зводиться до налаштування вагів міжнейронних зв'язків в процесі рішення оптимізаційної задачі методом градієнтного спуску. В процесі навчання НС відбувається автоматичне витягання ключових ознак, визначення їх важливості і побудова взаємозв'язків між ними. Передбачається, що навчена НС зможе застосувати досвід, отриманий в процесі навчання, на невідомі образи за рахунок узагальнювальних здібностей.

Найкращі результати в області розпізнавання обличчя (за результатами аналізу публікацій) показала Convolutional Neural Network або згортальна нейронна мережа (далі - СНМ), яка є логічним розвитком ідей такої архітектури НС як когнітрона і неокогнітрона. Успіх обумовлений можливістю обліку двовимірної топології зображення, на відміну від багат шарового перцептрона.

Відмітними особливостями СНМ є локальні рецепторні поля (забезпечують локальну двовимірну зв'язність нейронів), загальні ваги (забезпечують детектування деяких рис у будь-якому місці зображення) і ієрархічна організація з просторовим сэмплингом (spatial subsampling). Завдяки цим нововведенням СНМ забезпечує часткову стійкість до змін масштабу, зміщень, поворотів, зміни ракурсу і інших спотворень.

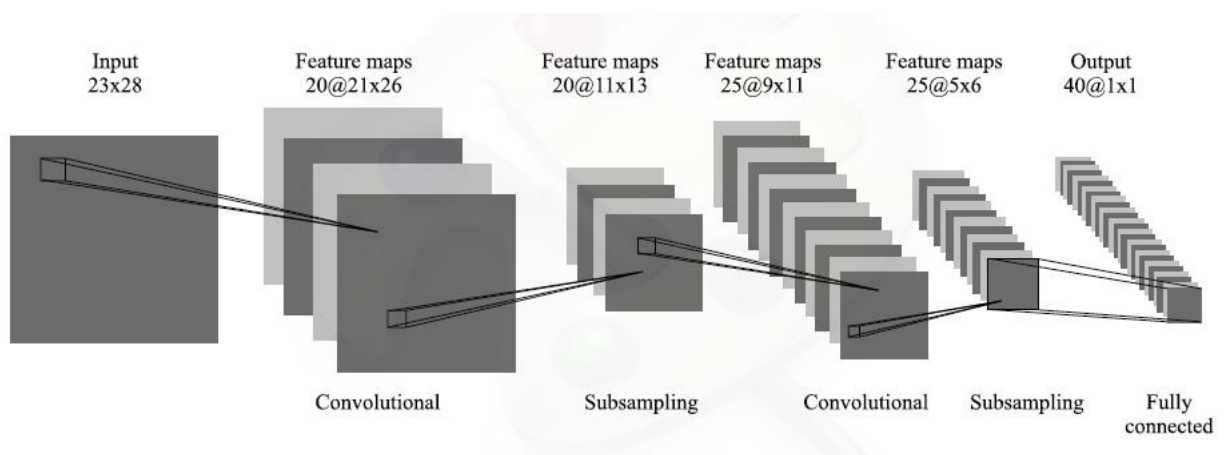


Рис. 2.3 – Схематичне зображення архітектури згортальної нейронної мережі

Тестування СНМ на базі даних ORL, що містить зображення осіб з невеликими змінами освітлення, масштабу, просторових поворотів, положення і різними емоціями, показало 96% точність розпізнавання. Свій розвиток СНМ отримали в розробці DeepFace, яку придбав Facebook для розпізнавання осіб користувачів своєї соцсети. Усі особливості архітектури носять закритий характер.

Недоліки нейронних мереж:

- додавання нової еталонної особи у базу даних вимагає повного перенавчання мережі на усьому наявному наборі (досить тривала процедура, залежно від розміру вибірки від 1 години до декількох днів)

- проблеми математичного характеру, пов'язані з навчанням : попадання в локальний оптимум, вибір оптимального кроку оптимізації, перенавчання і т. д.

- етап вибору архітектури мережі (кількість нейронів, шарів, характер зв'язків), що важко формалізується.

Узагальнюючи усе вищесказане, можна зробити висновок, що НМ - "чорний ящик" з результатами роботи, що важко інтерпретуються.

2.15 Приховані Марківські моделі

Одним із статистичних методів розпізнавання осіб є приховані Марківські моделі (ПММ) з дискретним часом. ПММ використовують статистичні властивості сигналів і враховують безпосередньо їх просторові характеристики. Елементами моделі є: безліч прихованих станів, безліч спостережуваних станів, матриця перехідної вірогідності, початкова вірогідність станів. Кожному відповідає своя Марківська модель. При розпізнаванні об'єкту перевіряються згенеровані для заданої бази об'єктів Марківські моделі і шукається максимальна із спостережуваних вірогідність того, що послідовність спостережень для цього об'єкту згенерована відповідною моделлю. На сьогодні не вдалося знайти прикладу комерційного застосування ПММ для розпізнавання осіб.

Недоліки:

- необхідно підбирати параметри моделі для кожної бази даних
- ПММ не має розрізняючої здатності, тобто алгоритм навчання тільки максимізував відгук кожного зображення на свою модель, але не мінімізує

2.16 Метод головних компонент

Одним з найбільш відомих методів головних компонент (principal component analysis, PCA), ґрунтований на перетворенні Карунена-Лоева. Спочатку метод головних компонент почав застосовуватися в статистиці для зниження простору ознак без істотної втрати інформації. У завданні розпізнавання осіб його застосовують головним чином для представлення зображення особи вектором малої розмірності (головних компонент), який порівнюється потім з еталонними векторами, закладеними у базу даних.

Головною метою методу головних компонент є значне зменшення розмірності простору ознак так, щоб воно якнайкраще описувало "типові" образи, що належать безлічі осіб. Використовуючи цей метод можна виявити різні мінливості в повчальній вибірці зображень осіб і описати цю мінливість у базисі декількох ортогональних векторів, які називаються власними (eigenface).

Отриманий один раз на повчальній вибірці зображень осіб набір власних векторів використовується для кодування усіх інших зображень осіб, які представляються зваженою комбінацією цих власних векторів. Використовуючи обмежену кількість власних векторів можна отримати стислу апроксимацію вхідному зображенню особи, яку потім можна зберігати у базі даних у вигляді вектору коефіцієнтів, службовця одночасно ключем пошуку у базі цих осіб.

Суть метода главных компонент сводится к следующему. Вначале весь обучающий набор лиц преобразуется в одну общую матрицу данных, где каждая строка представляет собой один экземпляр изображения лица, разложенного в строку. Все лица обучающего набора должны быть приведены

к одному розміру и с нормированными гистограммами.

Потім робиться нормування даних і приведення рядків до 0-го середнього і 1-й дисперсії, обчислюється матриця коваріації. Для отриманої матриці коваріації вирішується завдання визначення власних значень і власних векторів (власні особи), що відповідають їм. Далі робиться сортування власних векторів в порядку убування власних значень і залишають тільки перші k векторів.

Метод головних компонент добре зарекомендував себе в практичних застосуваннях. Проте, в тих випадках, коли на зображенні особи є присутніми значні зміни в освітленості або виразі обличчя, ефективність методу значно падає.

2.17 Активні моделі зовнішнього вигляду

Активні моделі зовнішнього вигляду (Active Appearance Models, AAM) - це статистичні моделі зображень, які шляхом різного роду деформацій можуть бути підігнані під реальне зображення. Цей тип моделей в двовимірному варіанті був запропонований Тімом Кутсом і Крісом Тейлором в 1998 році. Спочатку активні моделі зовнішнього вигляду застосовувалися для оцінки параметрів зображень осіб. Активна модель зовнішнього вигляду містить два типи параметрів : параметри, пов'язані з формою (параметри форми), і параметри, пов'язані із статистичною моделлю пікселів зображення або текстурою (параметри зовнішнього вигляду). Перед використанням модель має бути навчена на безлічі заздалегідь розмічених зображень. Розмітка зображень робиться вручну. Кожна мітка має свій номер і визначає характерну точку, яку повинна буде знаходити модель під час адаптації до нового зображення.

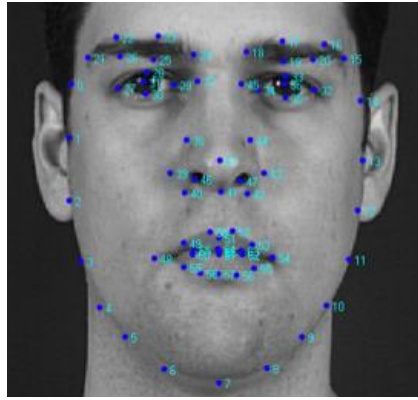


Рис. 2.4 – Розмітка зображення обличчя з 68 точок, що утворюють форму ААМ

Процедура навчання ААМ розпочинається з нормалізації форм на розмічених зображеннях з метою компенсації відмінностей в масштабі, нахилі і зміщенні. Для цього використовується так званий узагальнений Прокрустовий аналіз.

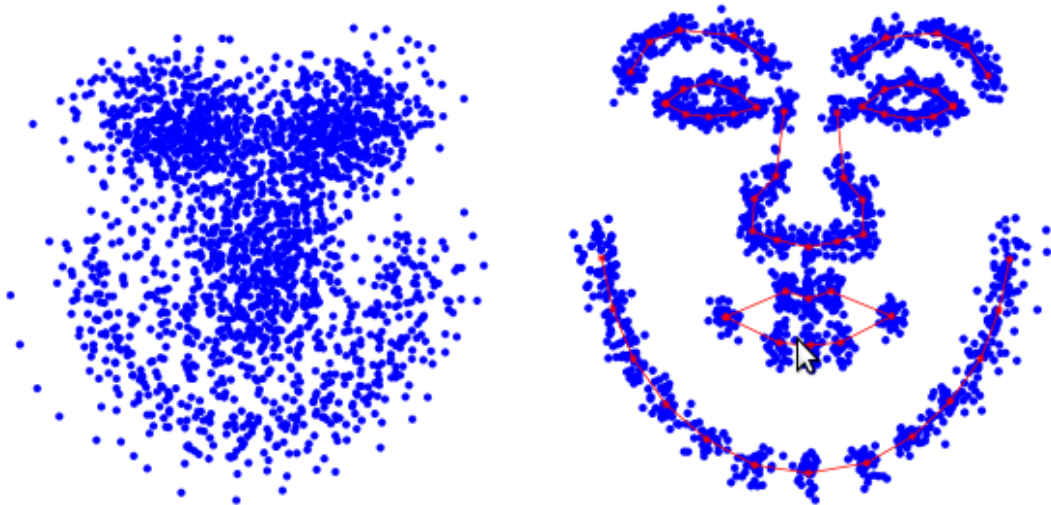


Рис. 2.5 – Координати точок форми особи до і після нормалізації

З усієї множини нормованих точок потім виділяються головні компоненти з використанням методу РСА. Далі з пікселів усередині трикутників, що утворюються точками форми, формується матриця, така що, кожен її стовпець містить значення пікселів відповідної текстури.

Варто відмітити, що використовувані для навчання текстури можуть бути як одноканальними (градації сірого), так і багатоканальними (наприклад, простір кольорів RGB або інше). У разі багатоканальних текстур вектори пікселів формуються окремо по кожному з каналів, а потім виконується їх конкатенація. Після знаходження головних компонент матриці текстур модель ААМ вважається навченою.

ААМ складається з набору параметрів, частину яких представляють форму особи, інші задають його текстуру. Під деформації зазвичай розуміють геометричне перетворення у вигляді композиції перенесення, повороту і масштабування. При рішенні задачі локалізації особи на зображенні виконується пошук параметрів (розташування, форма, текстура) ААМ, які представляють зображення, що синтезується, найбільш близьке до спостережуваного. По мірі близькості ААМ зображенню, що підганяється, приймається рішення - є особа або ні.

2.18 Активні моделі форми

Суть методу ASM (Active Shape Models, ASM) полягає в обліку статистичних зв'язків між розташуванням антропометричних точок. На наявній вибірці зображень осіб, знятих в анфас. На зображенні експерт розмічає розташування антропометричних точок. На кожному зображенні точки пронумеровані в однаковому порядку.

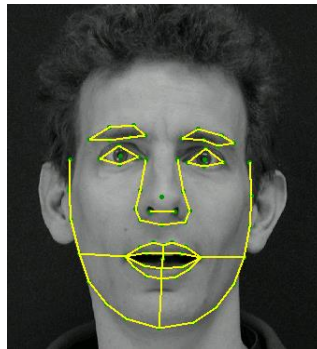


Рис. 2.6 – Розмітка зображення обличчя з 68 точок

Для того, щоб привести координати на усіх зображеннях до єдиної системи зазвичай виконується т.з. узагальнений прокрустовий аналіз, в результаті якого усі точки наводяться до одного масштабу і центруються. Далі для усього набору образів обчислюється середня форма і матриця коваріації. На основі матриці коваріації обчислюються власні вектору, які потім сортуються в порядку убутання власних значень, що відповідають їм. Модель ASM визначається матрицею і вектором середньої форми. Локалізації ASM моделі на новому зображенні, що не входить в повчальну вибірку, здійснюється в процесі рішення оптимізаційної задачі.

Проте все ж головною метою ААМ і АСМ є не розпізнавання осіб, а точна локалізація особи і антропометричних точок на зображенні для подальшої обробки. Практично в усіх алгоритмах обов'язковим етапом, що упереджає класифікацію, являється вирівнювання, під яким розуміється вирівнювання зображення особи у фронтальне положення відносно камери або приведення сукупності осіб (наприклад, в повчальній вибірці для навчання класифікатора) до єдиної системи координат.

Для реалізації цього етапу потрібна локалізація на зображенні характерних для усіх осіб антропометричних точок - найчастіше це центри зіниць або куточки очей. Різні дослідники виділяють різні групи таких точок. В цілях скорочення обчислювальних витрат для систем реального часу розробники виділяють не більше 10 таких точок. Моделі ААМ і АСМ якраз і призначені для того, щоб точно локалізувати ці антропометричні точки на зображенні особи.

2.19 Метод зіставлення з еталоном

У цьому підході процес розпізнавання розбивається на частини, особи, що відповідають окремим рисам. Кожна фотографія, що поступає на вхід системи, що розпізнає, має бути фронтальним зображенням обличчя людини з визначеним для конкретної бази даних кількістю масок, що представляють

основні для ідентифікації регіони особи (наприклад, очі, ніс, рот і нижня частина лиця). Крім того, розташування цих масок мають бути однаково нормалізовані (наприклад, відносно положення очей) для усіх зображень у базі даних.

Під час процесу розпізнавання, коли частини вхідного зображення по черзі порівнюються з частинами зображення, що зберігається у базі, використовується вектор, що відбиває результат порівняння у балах (один бал за кожну рису обличчя, що співпала) і обчислюваний шляхом нормалізованої взаємної кореляції (втім, методи порівняння можуть бути різними). Після чого вхідне зображення класифікується відповідно до максимально набраних балів. Є також деякі різновиди цього підходу, наприклад, з еталонами, що змінюються в процесі порівняння

2.20 Аналіз оптичних потоків

Застосування цього методу в цілях ідентифікації осіб визнане досить ефективним, але дорогим з обчислювальної точки зору і в практичних застосуваннях не використовується. Суть методу наступна: порівнювані зображення $A(i)$ і $B(i)$ перетворюються на багатосарові усічені піраміди шляхом багатократного згортання чотирьох сусідніх пікселів в один з середнім арифметичним значенням яскравості.

Після завершення цього процесу на відповідних шарах двох різних пірамід здійснюють пошук відповідних між собою якнайкраще груп пікселів. Для кожного блоку зображення $A(i)$ визначається вектор зміщення. Цей вектор уточнює зміщення між центрами блоку з $A(i)$ і найбільш близьким до нього блоком з $B(i)$. Аналогічно будуються вектори і для зображення $B(i)$. Аналізуючи системи векторів, що вийшли, можна зробити висновок про міру схожості порівнюваних зображень.

2.21 Способи організації баз даних зображень

На основі вищесказаного усі методи, вживані для вирішення завдання пошуку зображень у базах даних, можна розбити на три окремі класи, залежно від способів організації бази і проведення в ній пошуку, а також порівняння даних, що зберігаються в ній.

Перший клас - зображення зберігаються у базі, зазвичай в розгорнутому виді, і одночасно служать ключами при пошуку найбільш схожого на заданий. В процесі розпізнавання зображення по черзі витягаються з бази і порівнюються з шуканим. Якщо воно виявляється досить близьким, то запам'ятовується, якщо ні, то з бази вибирається наступне. Ця організація запам'ятовуючих і порівнюючих структур при усій своїй простоті має один дуже істотний недолік - величезний час пошуку, що і не дивно, враховуючи об'єми інформації, які доводиться перелопачувати при кожному пошуку. До методів розпізнавання, що відносяться до цього класу, можна зарахувати ґрунтовані на аналізі геометричних рис, порівнянні з еталоном, і аналізі оптичних потоків.

У другий клас систем потрапляють бази даних, які зберігають як саме зображення, так і деякий короткий його опис, що служить ключем пошуку. Процес пошуку в таких системах відбувається в два етапи: спочатку перевіряється ключ і потім, якщо ключ близький до шуканого, витягаються і порівнюються безпосередньо самі зображення. Недоліки цих систем - необхідність обчислення цього ключа для кожного зображення при поповненні бази, а потім зберігання його у базі. Проте при цьому досягається істотний виграш в часі пошуку. До цього класу можна віднести системи, що не потрапили в перший клас, але побудовані на методах геометричних характеристик і порівняння з еталоном.

У третій клас потрапляють такі методи, як аналіз головних компонент, нейронні мережі, імовірнісні методи і деякі інші. На відміну від попередніх класів самі зображення у базі можуть і не зберігатися. Зображення кодуються

деяким вектором, який служить одночасно і ключем пошуку. При необхідності картинка може бути відновлена по своєму вектору і деяким даним, вичисленим в процесі навчання системи. Основний недолік подібних систем - непередбачуваність роботи і зменшення точності розпізнавання при пошуку в дуже великих базах даних (від 10 000 об'єктів і вище), крім того, при постійному поповненні бази система потребує своєчасного додаткового навчання на розширеній вибірці.

2.22 Один з варіантів організації системи розпізнавання

На підставі вищесказаного можна зробити висновок, що підхід, ґрунтований на виділенні із зображення особи людини антропометричних точок і аналізі їх взаємного розташування, забезпечує достатню точність при невисокій обчислювальній вартості і складності алгоритму. Проте при його використанні в системах ідентифікації особи у базах зображень доцільно перетворювати систему параметрів деяким чином в одну певну величину (інтегральна ознака), яка обчислюватиметься лише один раз для кожного зображення у момент приміщення зображення у базу даних. Ця величина буде ключем для пошуку зображення у базі. Таким чином, не обов'язково вираховувати усі параметри для кожної фотографії у момент порівняння, тобто час, що витрачається на розпізнавання зображення, можна зменшити за рахунок попередньої підготовки ключа у момент поповнення бази даних черговим зображенням, де не потрібно високу оперативність. Застосовуючи подібний механізм, пошук найближчого до зображення, що перевіряється, може проводитися в два етапи:

- з бази вибирається задана кількість (наприклад, 20) найближчих по ключу зображень

- робиться безпосередня перевірка відстаней між характерними точками вибраних зображень, хоча якщо вони беруть участь у формуванні ключа, то за умови унікальності отримання ключа повторна перевірка необов'язкова і на

цьому етапі доцільно перевіряти інші параметри або ж використати в корені відмінні методи перевірки - порівняння з еталоном, наприклад.

Природно, що за вираш в часі в даному випадку ціною служитиме декілька зайвих байтів інформації, що зберігається, для кожного зображення. При реалізації вищеописаної системи можуть, проте, з'явитися деякі утруднення. Передусім, основною проблемою буде правильне визначення значущості тих або інших антропометричних параметрів так, щоб саме схожі особи мали найближчі значення ключа.

Це пояснюється тим, що ніхто не може однозначно визначити міру схожості (чи несхожості) двох різних людей, а також сказати, які саме риси обличчя грають вирішальну роль в ідентифікації однієї людини іншою людиною. Наскільки авторам відомо, досліджень за визначенням переваги однієї риси обличчя над іншою в плані розпізнавання ні криміналістами, ні кимось іншими не проводилося. Відоме лише припущення, що значущість рис для процесу ідентифікації зменшується з верху особи вниз, тобто такі риси обличчя, як волосся і очі важливіше для розпізнавання, ніж підборіддя або губи.

Окрім вищесказаного, при формуванні ключа, що описує зображення, доцільно в нім кодувати таку інформацію, як підлога, раса, приблизний вік. Введення цієї інформації в ключ хоча і зажадає додаткового місця для зберігання (один додатковий байт на зображення) і додаткового часу при формуванні елементу бази, але забезпечує істотні переваги при організації пошуку зображення найбільш схожого до потрібного. Крім того, подібна структура ключа дає можливість використати декілька наборів антропометричних параметрів. Так, наприклад, ширину особи для чоловіків легше і надійніше вимірювати на рівні очей (на більшості знімків вуха відкриті, волосся не заважає), а для жінок - на ущербі лінії зімкнення губ (жінки не носять бороду і бакенбарди), для негрів чоловічої статі (у 99% з них волосся не довше за 1 см) можна описувати також вуха. Тобто, подібна організація забезпечує гнучкіший підхід до опису портрета людини і подальшого його

використання при автоматичній ідентифікації.

2.23 Вибір ідентифікаційних точок

З моменту винаходу фотографії ідентифікація людини по фотознімках широко використовується в криміналістиці. На основі великих емпіричних знань криміналістами була відпрацьована гранично чітка процедура проведення фотопортретної експертизи, а також методики криміналістичного опису зовнішності людини. У цих роботах наводиться опис антропометричних точок, які використовуються в процесі ідентифікації людини по фотопортрету. Проте помилково б було вважати, що криміналістична фотопортретна експертиза проводиться тільки за деякими кількісними характеристиками, що описують відстані між цими точками. В процесі криміналістичної ідентифікації по портрету вивчаються такі характеристики елементів зовнішності, як форма, величина (відносна), положення, колір (якщо порівнювані знімки кольорові), кількість однойменних елементів зовнішності (зморшки, родимки та ін.), наявність (відсутність) елементів особи, міра симетрії парних елементів, вираженість.

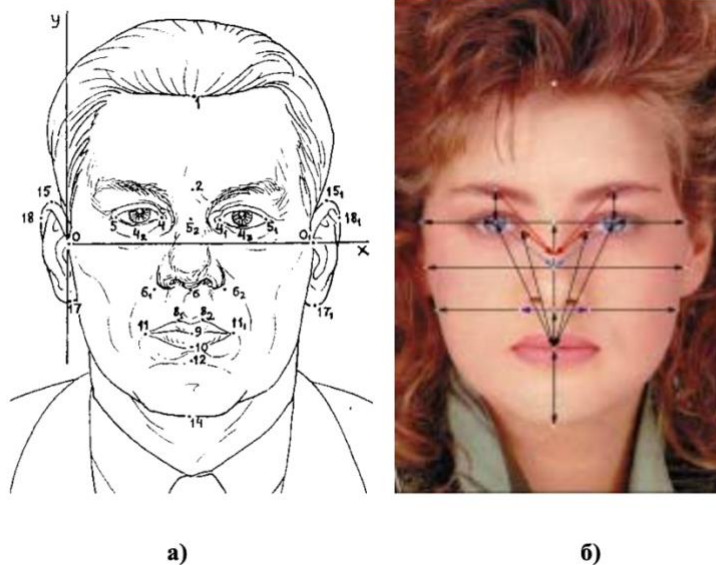


Рис. 2.7 – Ідентифікаційні точки

- а) точки, використовувані при криміналістичній фотоекспертизі,
- б) точки і відстані між ними, найчастіше вживані при побудові автоматизованих систем ідентифікації

Тому, використовуючи криміналістичну методику ідентифікації як початкову, має сенс привести детальний перелік антропометричних точок особи стосовно автоматичного їх виділення. Нижче приведені відстані між характерними точками особи, які найчастіше використовувалися при побудові систем ідентифікації особи по портрету:

- між підборіддям і лінією очей
- між серединою лінії зімкнення губ і підборіддям
- між центром сітківки ока і лінією волосяного покриву (у різних місцях)
- між центром сітківки ока і центром брови;
- між внутрішнім куточком ока і куточком рота.

Крім того, досить часто при ідентифікації враховувалися наступні регіони особи, вірніше, величини їх площ :

- трикутник з вершинами у внутрішніх куточках очей і середині лінії зімкнення губ
- трикутник з вершинами в центрах брів і середині лінії зімкнення губ– між центром сітківки ока і лінією волосяного покриву (у різних місцях)
- п'ятикутник з вершинами в наступних точках: складки верхніх повік, що знаходяться вертикально над центрами зіниць, центри зіниць і центр особи.

Відстань між зіницями, безумовно, є найважливішою вимірюваною величиною - воно є базисом, по відношенню до якого визначаються усі основні пропорції особи. Другими по інваріантності після центрів зіниць очей можна назвати внутрішні куточки очей. Вони у меншій мірі схильні до змін за допомогою косметики, чим зовнішні. Проте форма ока не може бути описана лише точками, що лежать на деякій горизонтальній лінії. Для повноти представлення необхідно знати координати деяких точок, що описують вертикальні розміри ока. Пікселі, розташовані по вертикалі над центрами зіниць і що належать нижньому краю верхнього століття і складці верхнього

століття, є прийнятними як по легкості виділення, так і по інваріантності.

Якщо повіки ще можна приспустити у момент зйомки, хоча зробити це непомітно для погляду з боку досить складно, то змінити форму складки верхнього століття незначною напругою м'язів обличчя практично неможливо. Нижня повіка, з цієї точки зору, менш надійна - його візуальна форма і місце розташування змінюються відносно легко як умисно (примруження, косметика), так і в силу незалежних чинників. Візуальна зміна протяжності ока по горизонталі є часто вживаним прийомом в сучасному макіяжі, тому доцільно координатами зовнішніх куточків очей вважати абсцису і ординату точки очного яблука, що примикає до межі верхнього і нижнього повік, максимально віддаленої від вертикальної осі симетрії особи.

З точки зору інваріантності довжина брів може бути віднесена на перше місце лише при розпізнаванні чоловічих портретів, проте і жінки не так часто змінюють координати внутрішніх крайніх точок брів - тому ці антропометричні точки згадані першими як найбільш інваріантні. Повний опис форми брів, а також подальше їх порівняння є хоч і дуже важливим при ідентифікації, але і відносно дорогим з точки зору обчислювальної вартості алгоритму. Компроміс з цього питання може бути знайдений, якщо враховувати лише вертикальну протяжність брови, тобто різниця ординат крайньою верхньою і крайньою нижньою точок брови. Крайні зовнішні точки брови, ширина і середина брови в місці її перетину з вертикальною віссю, що проходить через центр сітківки ока, може служити надійною ознакою при описі зовнішності чоловіків і менш надійним при описі жінок.

Нижня точка носа на більшості фотографій може бути виділена з достатньою точністю, крім того, для істотного змінення її місця розташування потрібна, як мінімум, пластична операція. Носові або крайні бічні точки крил носа можуть бути погано помітні, особливо при безтеновом освітленні у момент зйомки. Проте ширина носа є важливою ознакою при розпізнаванні людини людиною і ігнорувати його не можна. Ширина особи по горизонталі, що проходить через нижню точку носа, відносно надійна при її виділенні для

чоловіків, оскільки може іноді закриватися бородою або бакенбардами, і абсолютно інваріантна для жінок. Так звана серединна точка носа, як, втім, і точка центру особи, використовувана багатьма авторами в роботах по автоматичному розпізнаванню, не приведені в цьому списку з тієї простої причини, що методика визначення їх координат не є досить чіткою, з точки зору авторів цього препринта. Також слід зазначити, що у більшості випадків кінчик носа не може бути досить точно автоматично виділений по фотографіях людини у фас (або ж його виділення вимагає великих обчислювальних витрат).

Верхнегубна є, мабуть, самою інваріантною точкою рота. Відстань між нею і нижньою точкою носа є досить стійким параметром, оскільки навіть при сильній нарузі м'язів не змінюється. Центральна точка рота в принципі теж досить надійна в цьому відношенні, проте змінити її місце розташування можна досить легко (щільно стиснувши губи, злегка трохи відкривши рот або ледве помітно посміхнувшись). Ширина особи, вимірювана по горизонталі, що проходить через центральну точку рота, є точно визначуваною для абсолютної більшості зображень жінок і недостатньо точно - для чоловіків (у разі наявності бороди, вусів). Те ж відноситься і до нижньої точки особи.

Вказані вище точки розташовані в порядку убуття інваріантності і надійності точного їх виділення. Групи точок теж мають пріоритет: очі, брови, ніс, рот. На основі вказаних точок можна виділити безліч різних параметрів для ідентифікації. Деякі з них були вже названі, деякі вимагають експериментальної перевірки ефективності їх застосування, тому повного переліку відстаней в цьому огляді не наводиться. Проте слід нагадати, що відстані, вимірювані по горизонталях і вертикалях, вимагають менше обчислювальних витрат на їх отримання і обробку, крім того, точність виміру подібних відстаней буде вища (недаремно криміналісти не використовують інших способів виміру).

3 ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МЕТОДІВ

3.1 Аналіз сукупностей антропометричних точок обличчя

Загальні вимоги до системи вибраних для опису особи точок були сформульовані в розд. 2.11. Додатково слід зазначити, що використання зайвих параметрів може не лише загальмувати роботу алгоритму, але іноді і понизити точність розпізнавання. Так, в одній з перших робіт по розпізнаванню людей [6] при використанні набору з 16 параметрів особи, серед яких були співвідношення між відстанями, площами і навіть визначалися кути між вибраними комбінаціями точок, ефективність розпізнавання коливалася від 45 до 75% залежно від використовуваного набору параметрів. Причому кращі результати були отримані, коли деякі параметри не враховувалися. При перевірці схожості між зображеннями з тестового набору і основної бази Канад [6] використав просту міру відстаней. Свої досліди він проводив на 40 фотографіях 20 чоловік (по дві на кожного). Знімки були зроблені з перервою в місяць, але без змін в умовах зйомки (ракурс, освітлення і тому подібне).

Брунелли і Поджио у своїй роботі [7] використали 35 геометричних характеристик, що автоматично виділялися, серед яких :

- товщина брів над центрами зіниць
- приблизний опис арки брови над лівим оком
- вертикальна координата місця розташування рота, ширина і висота верхньої і нижньої губ
- одинадцять радіусів, що описують форму підборіддя; - ширина особи на рівні кінчика носа
- ширина особи посередині між лінією рівня очей і кінчиком носа.

Застосовуючи до описаних так само осіб класифікатор Байеса автори добилися 90% розпізнавання на базі даних в 47 чоловік. Проте метод порівняння з еталоном при тестуванні на тій же самій базі зображень дав

точність розпізнавання 100%. Кокс і інші в запропонували застосовувати змішані відстані, які дозволили отримати точність розпізнавання 95% при пошуку 95 зображень у базі, що утримує інформацію на 685 чоловік. Проте при експериментах інформативні точки для визначення 30 змішаних відстаней виділялися на зображеннях вручну. Таким чином, залишається відкритим питання про ефективність роботи цього підходу при автоматизованому режимі.

Використовуючи шість відібраних параметрів можна скласти до 30 співвідношень між ними, які можуть використовуватися як ознаки. При цьому 15 з них будуть прямими, а 15 - зворотними співвідношеннями. Головною причиною введення в якості ідентифікаційної одиниці відношення параметрів є той факт, що це відношення є величиною постійною, не залежною від відстані, з якої робиться фотографія людини, а по фотографії неможливо визначити розміри голови і її ділянок. Таким чином, якщо використовуються стосунки параметрів, а не їх реальні величини, то для системи абсолютно неважливо, на якій відстані знаходиться вимірюваний об'єкт. Или, що практично одно і те ж, для системи абсолютно не критична відстань від людини, що ідентифікується, до відеокамери системи.

При проведенні дослідів з системою на дев'яти випробовуваних було показано, що при найпростішому методі отримання зображення обличчя людини і простому устаткуванні точність розпізнавання виміру досить хороша. При цьому не висувалася вимога про те, щоб обличчя людини знаходилося при перевірці в строго певному положенні. Випробовувані просто опускали свої пропуску в прочитуючий пристрій, знаходячись в стандартному положенні. Крім того, сім приведених стосунків змінюються для дев'яти випробовуваних не більше, ніж на 21%. Різні серії проведених на одних і тих же об'єктах вимірів показали, що відхилення для усіх семи показників складає не більше 3%. Таким чином, використовуючи шість вищезгаданих параметрів і обчислюючи сім відмічених вище співвідношень, включаючи два усереднених, можна отримати типову точність системи розпізнавання рівну 98%

3.2 Метод власних векторів

Судячи з кількості публікацій, метод, що найактивніше розробляється нині, - це метод власних векторів. Як вже пояснювалося вище (розд. 2.12), суть методу полягає в тому, що отриманий один раз на основі представницької повчальної вибірки набір власних векторів або осей використовується при кодуванні усіх інших зображень, які представляються для зберігання у базі зваженою комбінацією цих власних векторів. Іншими словами, використовуючи обмежену кількість власних векторів, можна отримати поліпшену апроксимацію до вхідного зображення, яка потім зберігається у базі даних у вигляді вектору вагів, службовцем одночасно ключем пошуку.

Тюрк і Пентланд провели комплексне дослідження цього методу на базі даних, що складається з портретів 16 чоловік, зображення яких були отримані за різних умов освітлення, при зйомці з різних відстаней, при різних поворотах голови - всього 2500 фотографій. Проте отримані зображення були однакові за такими параметрами, як міміка, деталі особи (борода, окуляри і так далі). При зміні освітлення, ракурсу зйомки і масштабу точність розпізнавання склала 95, 85 і 64% відповідно.

Під час експериментів з 200 вибраними зображеннями коефіцієнт розпізнавання склав 95%, тобто для 180 зображень найбільш схожої була вибрана фотографія тієї ж самої особи. Таким чином, враховуючи той факт, що вибране зображення спочатку розкладалося на власні вектори, а потім по них здійснювався пошук, помилка розпізнавання прямо залежить від погрешності розкладання як вибраного, так і зображень, що зберігаються у базі. Для оцінки точності розпізнавання як функції від раси були проведені дослідження із зображеннями бело- і чорношкірих, а також азіатських осіб чоловічої статі. Для білошкірих і темношкірих точність розпізнавання була 90 і 95% відповідно, і лише 80% - для азіатів.

3.3 Метод гнучкого порівняння на графах

Системи, ґрунтуються на архітектурі динамічних зв'язків (Dynamic Link Architecture - DLA). З її допомогою автори роблять спробу вирішити декілька концептуальних проблем штучних нейронних мереж, де найгострішою проблемою є вираження синтаксичних зв'язків в нейронних мережах. DLA використовує синаптичну (synaptic) пластичність і може відразу ж формувати набори нейронів, згрупованих в структуровані графи, і зберігати переваги нейронних систем.

DLA дозволяє визначати зображення за допомогою не-залежного стандартного набору визначників рис, автоматичного узагальнення на великих групах симетричних операцій і отримання знань про новий об'єкт шляхом одноразового навчання, зменшуючи час, що витрачається на повчальні кроки. Розпізнавання інваріантних об'єктів досягається з урахуванням фону, розкладання, спотворення і розміру при виборі набору елементарних характеристик, які будуть максимально надійними при подібних змінах. Вейвлети служать детекторами рис, характеризуючи їх своїми частотою, місцем розташування і напрямом. Крім того, застосовуються два нелінійні перетворення, як допоміжні в процесі порівняння.

Системи з DLA ґрунтуються на форматі даних, що дозволяє закодувати інформацію в атрибутах, встановити зв'язки в просторі зображень і передати інформацію в простір моделей без прямої вказівки її позиції в просторі зображень. Структура сигналу визначається трьома чинниками: вхідним зображенням, випадковим спонтанним збудженням нейронів і їх взаємодією з осередками того ж або сусіднього вузлів в просторі зображень. Зв'язок між нейронами кодується у формі тимчасової кореляції і викликається такими, що збуджують взаємодіями між зображеннями.

Всього є чотири типи зв'язків, що використовуються при розпізнаванні і представленні об'єктів : зв'язку усіх вузлів і осередків які належать одному об'єкту; зв'язки, що виражають стосунки сусідства із зображенням об'єкту;

зв'язуючі індивідуальні осередки рис з рисами, представленими в різних позиціях; зв'язуючі точки в графі зображення і графі моделі один з одним.

Кожне зображення, що запам'ятовується, формується шляхом підбору точок прямокутних ґрат як вузлів графа. Ґрати позиціонуються на зображення, що зберігається, і його комбінації пікселів (jets) запам'ятовуються відповідно до позиції кожного вузла ґрат і класу зображення. Розпізнавання нового зображення має місце при його трансформації в ґрати і усі графи, що запам'ятали, порівнюються з ним. Налаштування DLA відбувається при встановленні і динамічній зміні зв'язків між вершинами в просторі моделей. Впродовж процесу розпізнавання об'єкт вибирається також з простору моделей. Копія моделі графа розміщується в центрі простору зображень. Кожна вершина в моделі графа з'єднується з відповідною вершиною графа зображення. Якість порівняння оцінюється за допомогою цінової функції. Розмір графа зображення залежить від деякого чинника тоді як центр графа зафіксований і якщо загальна ціна знижується, то нового значення розміру графа набуває. Цей процес повторюється до тих пір, поки не буде знайдена оптимальна ціна. Поширення і оцінка розміру повторюються для поліпшення рівнів дозволу і обліку більшості з представлених зображень. Розпізнавання робиться після визначення повної ціни для кожного об'єкту. У випадку з особами, якщо порівняння однієї моделі особи буде значно краще за усі інші моделі, то особа вважається пізною. Таким чином, система ідентифікує людську особу шляхом зіставлення виділеного з нього графа з набором графів, що зберігаються.

Проте обчислювальна вартість подібної системи дуже значна. Так, Лейдс і інші при експериментах з базою даних, що складається з 87 чоловік, добилися 95% розпізнавання при тому, що зображення особи мали різні вирази і повороти до 15° . Але на порівняння одного зображення з 87 витрачалося приблизно 25 з при роботі системи на паралельній машині з 23 трансп'ютерами. Вискотт зі своїми колегами використав вдосконалену версію підходу і порівнював 300 зображень осіб з іншими 300 зображеннями тих же людей, отриманими з бази даних FERET. Автори отримали точність розпізнавання

97,3%, проте час розпізнавання для цієї системи не вказали.

3.4 Метод зіставлення з еталоном

На базі даних з 47 чоловік вчені добилися 100% точності розпізнавання. У своїх експериментах вони використали 4 регіони особи для порівняння: область очей, носа, рота і нижньої частини лиця. Проте, незважаючи на успіхи в точності, автори визнають наявність великої обчислювальної вартості роботи алгоритму. Для порівняння двох зображень з відстанями між зіницями в 27 пікселів і використанням еталонів лише очей, носа і рота потрібно 25 мс часу роботи SPARCStation IPX. Крім того, до недоліків цього підходу відноситься необхідність забезпечення однакових умов отримання зображень (освітлення, ракурсу, масштабу).

Інший варіант цього підходу описаний в [1]. Автори використовують ізолінії (isodensity lines), тобто криві одного рівня яскравості, які хоч і не належать до тривимірних структур, але передають зображення рельєфу особи. Спочатку, застосувавши до зображення особи на чорному фоні оператор Собеля (Sobel operator) і деякі інші кроки по попередній обробці, вони отримують межі ділянки обличчя, а потім за допомогою 8-бітової гистограми яскравості розділяють контури голови на ізолінії. Після цього вже використовується процедура зіставлення з еталоном. На базі даних, що складається з двадцяти зображень, були отримані непогані результати розпізнавання.

3.5 Аналіз оптичних потоків

Незважаючи на уявну відносну простоту методу, робіт, присвячених вивченню його застосовності в розпізнаванні людей, мало. Для застосування цього методу потрібно наявність фільму або послідовності фотографій. Точність розпізнавання цієї системи склала 92,7 %. Експериментів проводилися

на базі даних з 78 зображень 38 персон. Враховуючи той факт, що на порівняння однієї пари йшло біля однієї хв. машинного часу на паралельній ЕОМ СМ- 5, можна припустити, що для перевірки присутності одного зображення в такій мізерній, за практичними мірками, базі вимагалось близько години або більше. Таким чином, хоча поведінка системи повністю передбачувана при зростанні бази даних, її робота задовольняти не може (при 6000 зображень час пошуку складе близько 25 днів).

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Алгоритм програми

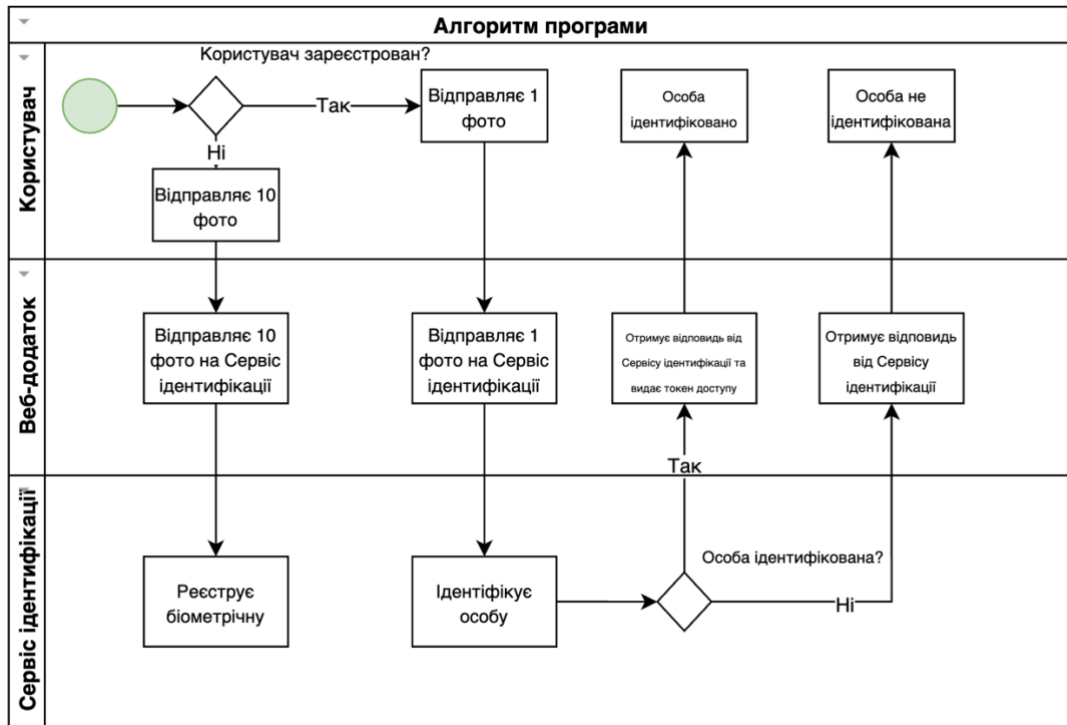


Рисунок 4.1 – Алгоритм роботи програми

4.2 Мова програмування Java

Мова Java не може розглядатися як проста сукупність функціональних можливостей – деякі з них нічого не значать окремо. Отримати уявлення о цілому, як о сукупності частин можна тільки при розгляданні архітектури, а не при звичайному написанні коду. Щоб зрозуміти Java необхідно перейнятися її задачами та задачами програмування в цілому.

Java є крос-платформною мовою, отже будь-яка програма написана цією мовою, може працювати на будь-якому пристрою, на якому встановлена віртуальна машина Java. Це дозволяє розробляти адаптивні програми та веб-додатки, які будуть працювати за допомогою додатків-клієнтів(браузер чи

мобільний додаток), також є можливість створювати віконні додатки. Майже усі відомі бібліотеки мають адаптацію для Java.

Програми на Java транслюються в байт-код Java, який виконується віртуальною машиною Java (JVM) – програмою, яка обробляє байт-код і передає інструкції обладнанню як інтерпретатор.

Перевагою подібного способу виконання програм є повна незалежність байт-коду від операційної системи, що дозволяє виконувати Java-додатки на будь-якому пристрої, для якого існує відповідна віртуальна машина. Іншою важливою особливістю технології Java є гнучка система безпеки, в рамках якої виконання програми повністю контролюється віртуальною машиною. Будь-які операції, які перевищують встановлені повноваження програми (наприклад, спроба несанкціонованого доступу до даних або з'єднання з іншим комп'ютером), викликають негайне переривання.

Ідеї, закладені в концепцію і різні реалізації середовища віртуальної машини Java, надихнули безліч ентузіастів на розширення переліку мов, які могли б бути використані для створення програм, що виконуються на віртуальній машині. Ці ідеї знайшли також вираз в специфікації загальномовної інфраструктури CLI, закладений в основі платформи .NET компанії Microsoft.

4.3 Фреймворк Spring та Spring Boot

Spring Framework — це програмний фреймворк з відкритим кодом та контейнери з підтримкою інверсії управління для платформи Java.

Основні особливості Spring Framework можуть бути використані будь-яким додатком Java, але є розширення для створення веб-додатків на платформі Java EE. Незважаючи на це, Spring Framework не нав'язує якоїсь конкретної моделі програмування, Spring Framework став популярним в спільноті Java як альтернатива, або навіть доповнення моделі Enterprise JavaBean. Spring Framework складається з кількох модулів, які надають широкий спектр послуг:

- Контейнер Інверсії управління: Конфігурація компонентів додатків і управління життєвим циклом об'єктів Java, здійснюється головним чином через Інверсію управління
- Аспектно-орієнтоване програмування: дозволяє реалізувати наскрізні процедури
- Доступ до даних: робота з реляційною системою управління базами даних на платформі Java з використанням JDBC і об'єктно-реляційні відображення та інструментів з NoSQL баз даних
- Управління транзакціями: об'єднує кілька API, управління транзакціями та координує операції для Java-об'єктів
- Модель-Вигляд-Управління (Model-View-Controller): програмний каркас на основі HTTP сервлета, що забезпечує створення веб-додатків і веб-служб RESTful.
- Аутентифікація і авторизація: налаштовувані процеси безпеки, які підтримують цілий ряд стандартів, протоколів, інструментів і практик за допомогою підпроєкту Spring Security (колишня система безпеки AserI для Spring).
- Віддалене керування: конфігураційний вплив і управління Java-об'єктами для місцевої (локальної) або віддаленої конфігурації через JMX
- Тестування: підтримка класів для написання юніт-тестів та інтеграційних тестів

Spring Boot є проєктом на рівні IO Execution (рівень виконання) IO Spring Framework

Spring Boot це наступний крок Spring, щоб зробити його легше в налаштуванні і розвитку додатків. З Spring Boot конфігурації Spring мінімізується максимально. Spring Boot підтримує вбудований контейнер (embedded containers), який дозволяє веб - додатку працювати незалежно і без необхідності застосування на Web Server

Ви можете використовувати spring Boot щоб створити Java Web Додаток, працююче через команду line "Java jar" чи експортувати War файл для

застосування на Web Server як зазвичай.

Далі перераховані переваги Spring Boot:

- Легко використовується для розвитку додатка на основі Spring з Java або Groovy Spring
- Мінімізує час розвертування і піднімає продуктивність
- Уникає написання багатьох кодів прототипу (boilerplate), Annotations і конфігурації XML
- Легко дозволяє вам взаємодіяти з додатками Spring Boot с екологічними системами Spring як Spring JDBC, Spring ORM, Spring Data, Spring Security і т. Д
- Слід підходу "принципи конфігурації за замовчуванням" щоб мінімізувати час і старання, вкладені для розвитку додатків
- Забезпечує вбудований Server (Embedded HTTP servers) як Tomcat, Jetty. щоб швидко і легко розвертати і тестувати веб-додатки
- Надає інструменти CLI (Command Line Interface) для розвитку та тестування додатків Spring Boot (Java або Groovy) з командних рядків (command prompt) дуже легко і швидко
- Забезпечує багато плагінів для швидкого розвитку і тестування застосунку Spring Boot використовуючи інструменти Maven і Gradle
- Пропонує багато плагінів для легкої роботи з контейнерами вбудованих баз даних (embedded database) та базами даних що зберігаються в пам 'яті (in - memory Databases).

4.4 Система автоматичного збирання проектів Maven

Apache Maven – це програмне забезпечення для управління проектами, і ми можемо сказати, що це інструмент для розуміння. Він заснований на концепції моделі об'єкта проекту (POM), Maven може керувати побудовою, звітуванням та документацією проекту з центральної інформації.

Apache Maven – це інструмент збирання, і він виконує завдання так само, як і Ant, який знову є надзвичайним інструментом збирання. Це програмний

інструмент управління проектами, який дає нову концепцію моделі об'єкта проекту (POM). Maven дозволяє розробнику автоматизувати обробку створення оригінального формату папок, виконуючи асортимент та тестування та упаковку та розгортання кінцевого виводу. Це скорочує значну кількість кроків у базовому процесі, і це змушує зробити одномоментний процес складання.

4.5 Розробка ПЗ для сервісу ідентифікації за геометрією обличчя

Перш ніж перейти до автентифікації та авторизації, необхідно в IntelliJ Idea створити новий проект. Для того, щоб в IntelliJ Idea створити новий проект необхідно запустити середовище розробки IntelliJ Idea, після цього натиснути кнопку «File», далі «New project», обрати розділ «Spring Assistant» та натиснути кнопку «Next» не змінюючи стандартні параметри відкритого вікна. Заповнити метадані проекту та натиснути кнопку «Next», , як показано на рисунку 4.2.

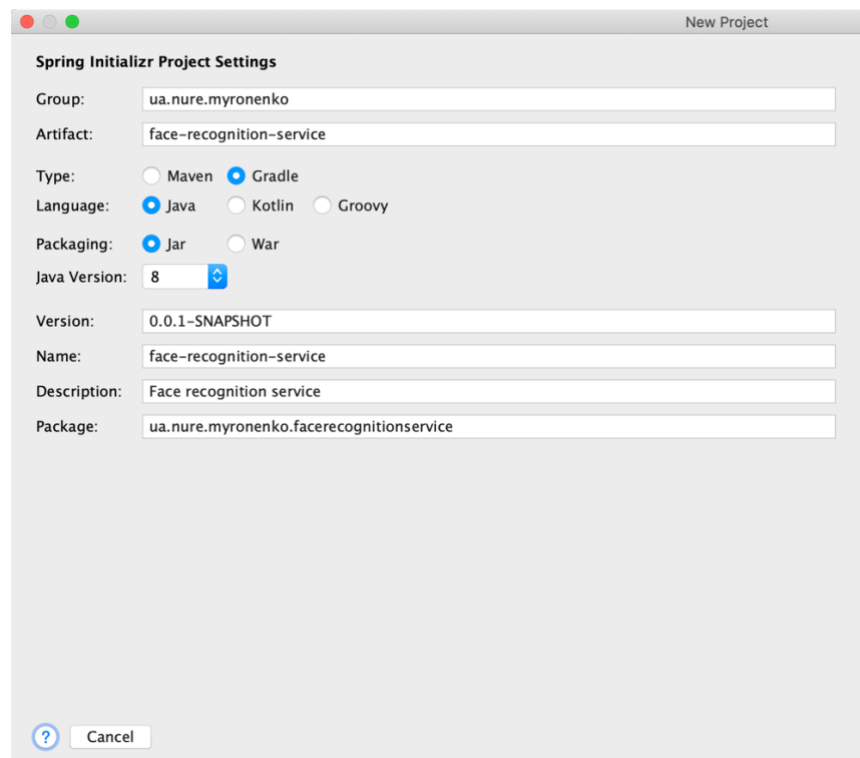


Рисунок 4.2 – Створення нового проекту в IntelliJ Idea

Додати необхідні залежності для роботи до файлу pom.xml, наведено на

рисунку 4.3.

```

<dependencies>
<dependency>
  <groupId>org.projectlombok</groupId>
  <artifactId>lombok</artifactId>
  <version>1.16.10</version>
</dependency>
<dependency>
  <groupId>com.google.guava</groupId>
  <artifactId>guava</artifactId>
  <version>19.0</version>
</dependency>
<dependency>
  <groupId>org.springframework.boot</groupId>
  <artifactId>spring-boot-starter-test</artifactId>
  <version>2.4.1</version>
</dependency>
<dependency>
  <groupId>org.springframework.boot</groupId>
  <artifactId>spring-boot</artifactId>
  <version>2.4.1</version>
</dependency>
<dependency>
  <groupId>org.springframework</groupId>
  <artifactId>spring-webmvc</artifactId>
  <version>5.3.2</version>
</dependency>
<dependency>
  <groupId>org.springframework.data</groupId>
  <artifactId>spring-data-jpa</artifactId>
  <version>2.4.2</version>
</dependency>
</dependencies>

```

Рисунок 4.3 – Необхідні залежності у файлі build.gradle

Тепер після того як був створений проект необхідно створити пакети та класи необхідні для реалізації програми. Згідно до завдання була створена наступна структура проекту, яка зображена на рисунку 4.4.

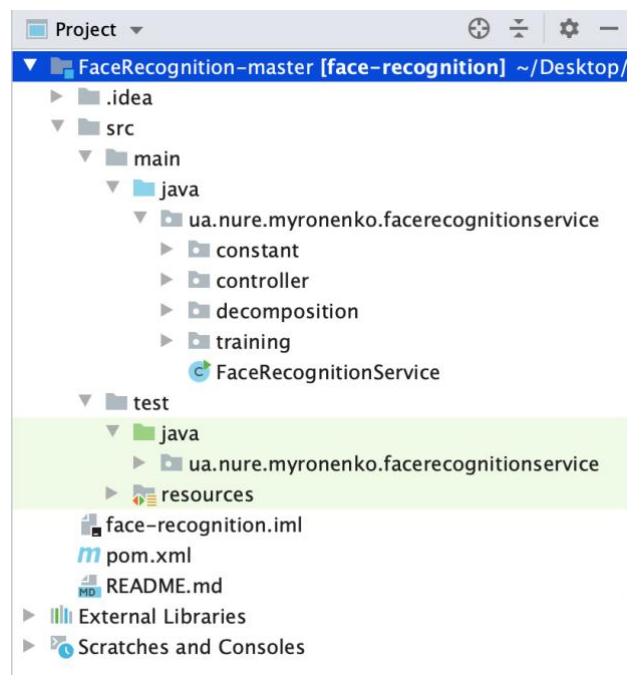


Рисунок 4.4 – Структура проекту

Клас `FaceRecognitionService` є основним класом який містить точку входу програми. Цей клас запускає веб-сервер, конфігурує параметри додатку та з'єднує додаток з веб-сервером для обробки надходящих запитів. Завдяки фреймворку `Spring Boot` ця процедура виконується автоматично і потребує від розробника уваги тільки для змінення стандартних параметрів запуску додатку.

Для нашого додатку потрібно 3 модулі: модуль ідентифікації, модуль сервіс-клієнтів та модуль користувачів системи

4.6 Модуль користувача

Клас `MainController` оброблює усі запити, що стосуються до звичайних користувачів системи. При першому запиті буде викликаний обробник, котрий збереже отримані фото від користувача, якщо користувач вже автентифіцирован на сервері, для нього буде сгенерован код авторизації та він буде перенаправлен з цим кодом до сервісу який ініціював запит. Якщо користувач невідомий для сервера, його фото будуть збережені для подальшого тренування сервісу для розпізнавання користувача, котре можна почати запитом на відповідний обробник, що буде означати підтвердження реєстрації. Ідентифікувати особу можливо запросом на відповідний обробник з фото особи яка намагається увійти до веб-додатку.

Код обробника запитів приведений на рисунку 4.5.

```

@Controller
@RequestMapping("/api")
public class MainController {

    private final Trainer trainer;

    public MainController(Trainer trainer) {
        this.trainer = trainer;
    }

    @SuppressWarnings("rawtypes")
    @PostMapping(name = "/", produces = "application/json")
    public ResponseEntity login(@RequestParam Image image) {
        return ResponseEntity.of(Optional.of(trainer.getModel()));
    }

    @SuppressWarnings({"rawtypes", "unchecked"})
    @Autowired
    @PutMapping(name = "/trainer/face", produces = "application/json")
    public ResponseEntity addImageToTrainer(@RequestParam Image image) {
        return ResponseEntity.of(trainer.add(image));
    }

    @SuppressWarnings({"rawtypes", "unchecked"})
    @Autowired
    @PostMapping(name = "/trainer/train", produces = "application/json")
    public ResponseEntity train(@RequestParam Long userId) {
        return ResponseEntity.of(trainer.train(userId));
    }
}

```

Рисунок 4.5 – Код обробника запитів реєстрації та входу до системи

Коли користувач відправить зображення обличчя, обробник входу спочатку перевірить відповідність до наявних користувачів, якщо особа не ідентифікована, він отримає повідомлення про це, та прохання повторити спробу, якщо особа зареєстрована в системі та знайдено зіставлення – буде створена нова сесія, сгенерован код авторизації та відправлен клієнту для подальшої взаємодії клієнта з користувачем.

Сервіс-клієнт, отримавши від сервісу ідентифікації підтвердження особи, створює сесію та відправляє її користувачу. У ролі сервіс-клієнта можуть виступати: веб-додатки, серверні додатки, мобільні додатки

4.7 Керівництво користувача

Для запуску програми, на комп'ютері повина бути встановлена Java 8 або версії вище. Для запуску програми, через командну строку будь-якої

операційної системи, потрібно виконати команду наведену у рисунку 4.6

```
Terminal: Local x +
The default interactive shell is now zsh.
To update your account to use zsh, please run `chsh -s /bin/zsh`.
For more details, please visit https://support.apple.com/kb/HT208050.
ymyronenko-lt:FaceRecognition-master yevheniimyronenko$ java -jar face-recognition-service-0.0.1-SHAPSHOT.jar
```

Рисунок 4.6 – Команда запуску сервера

Після запуску сервера, додаток буде доступний за адресою `http://<ip_address>:8080`, де `ip_address` – ір-адреса комп'ютеру.

Далі веб-клієнти можуть почати роботу з додатком. Зараз буде наведений приклад взаємодії веб-додатку з сервісом ідентифікації. На головній сторінці клієнта ми бачимо форму яку наведено у рисунку 4.7

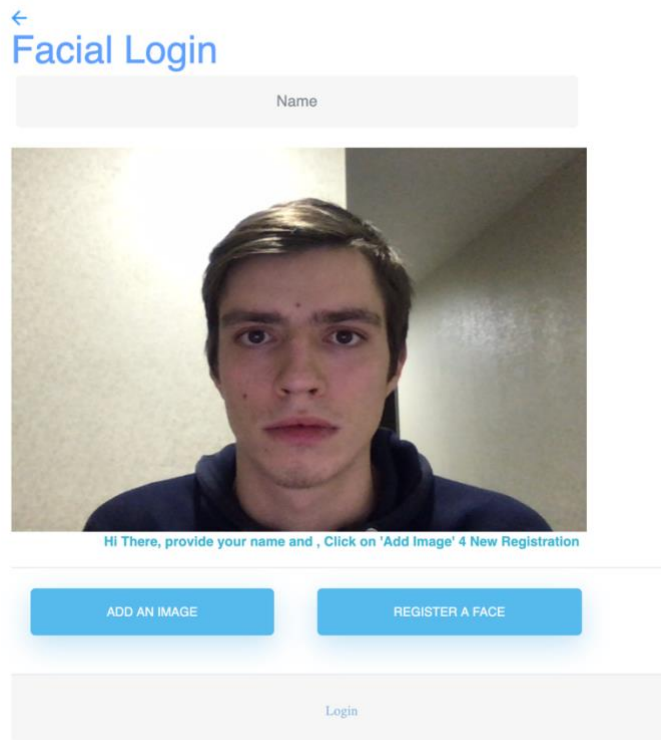


Рисунок 4.7 – Форма ідентифікації

На формі є поле для вводу імені користувача, вікно для відображення відео з веб-камери користувача, привітання та прохання додати фото за

допомогою кнопки додавання картинки, а також кнопка входу, якщо користувач вже зареєстрован. Коли користувач додає перше фото, на екрані з'явиться напис про кількість доданих зображень, а також інформація про необхідну кількість зображень. Приклад наведено у рисунку 4.8

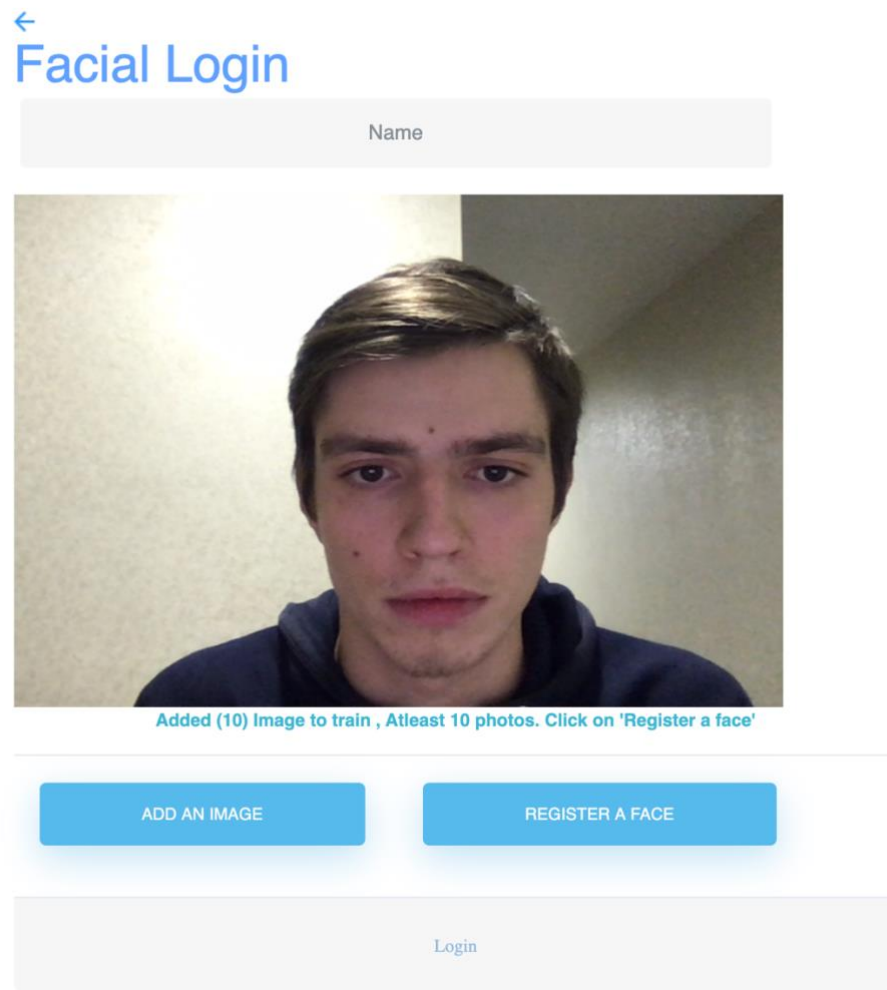


Рисунок 4.8 – Форма з доданими зображеннями

Далі потрібно натиснути кнопку реєстрації обличчя. Відповідний запит буде надіслано до сервісу ідентифікації. Після цього користувач може автентифікуватись та авторизуватись за натиском кнопки Login. Відразу буде надіслан запит на ідентифікацію з поточним зображенням з веб-камери. Коли прийде відповідь, користувач побачить текстове повідомлення з результатом спроби ідентифікації. На рисунку 4.9 наведена вдала спроба ідентифікації.

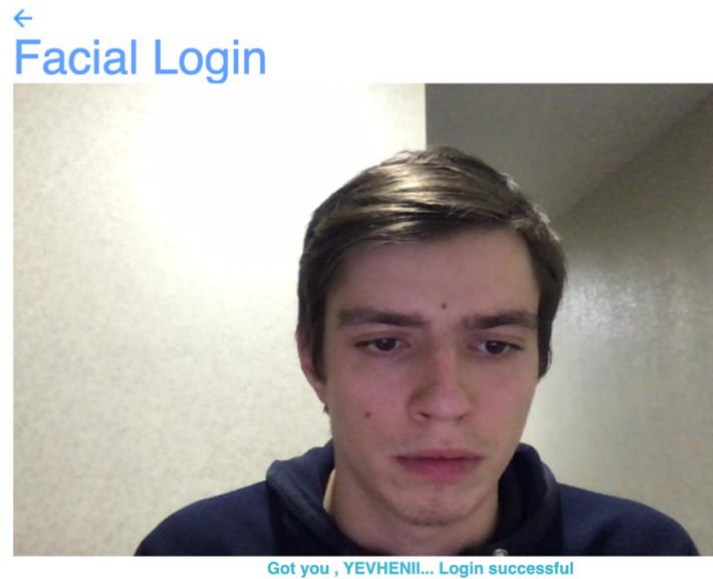


Рисунок 4.9 – Вдала спроба ідентифікації

Якщо після цього, інша особа, яка не зареєстрована в системі, спробує ідентифікуватись через сервіс, вона отримає повідомлення з проханням зареєструватись. На рисунку 4.10 наведено приклад такої спроби

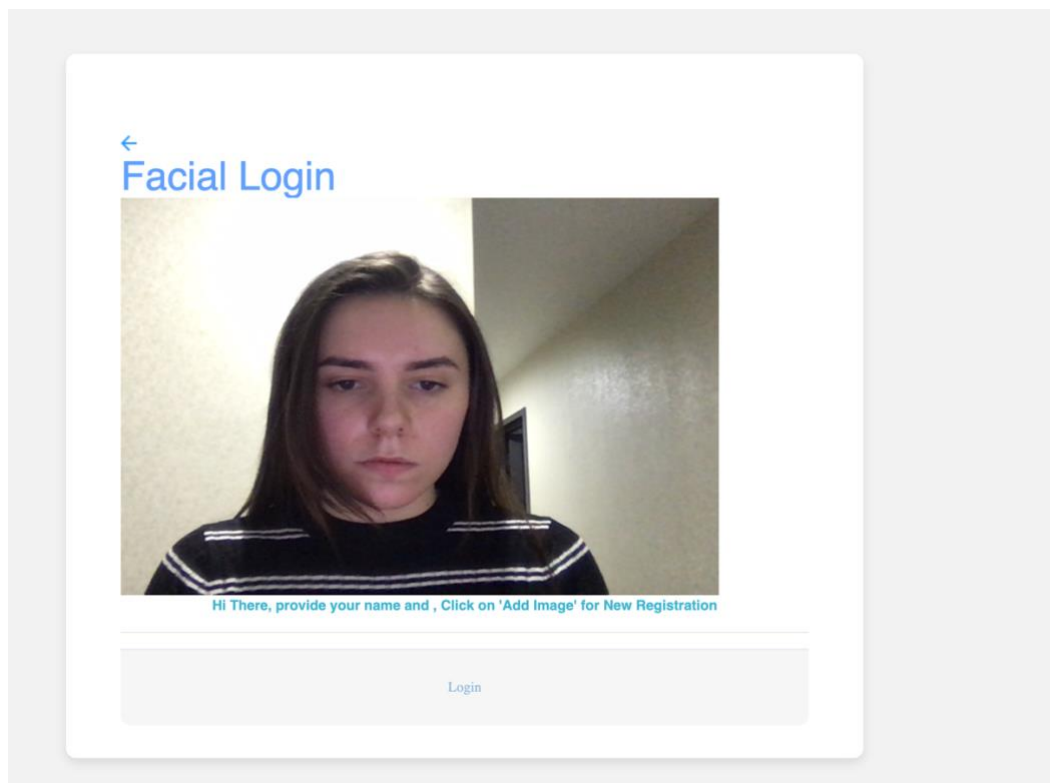


Рисунок 4.10 – Невдала спроба ідентифікації незареєстрованої особи

Але ця особа має можливість також бути зареєстрованою в сервісі. Повторивши ті ж самі дії, що наведені для першого користувача у цьому розділі. Ця особа буде ідентифікована як унікальна та може отримати свої права доступу до веб-додатку згідно розподілення ролей для користувачів. Приклад реєстрації іншої особи наведено у рисунках 4.11 та 4.12.

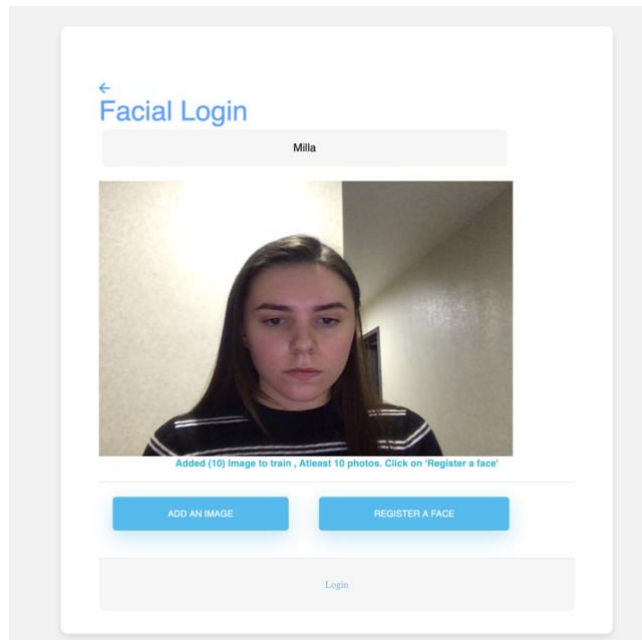


Рисунок 4.11 – Реєстрація нового користувача

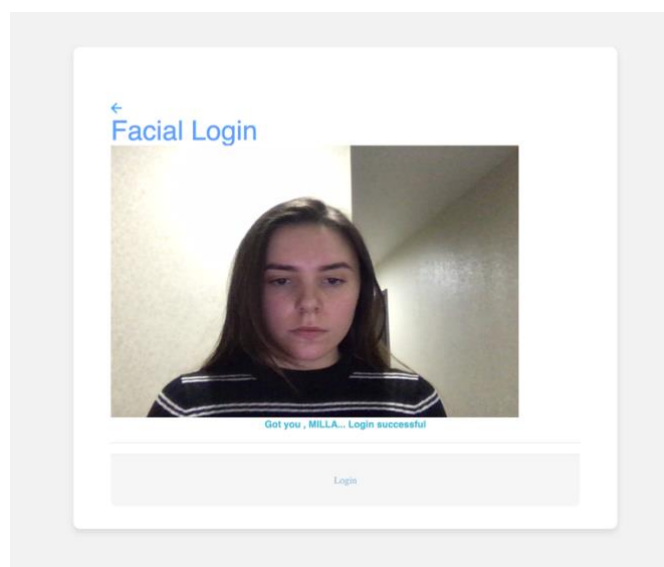


Рисунок 4.12 – Вдала спроба ідентифікації іншого користувача веб-додатку

ВИСНОВКИ

У цій роботі приведений огляд підходів, вживаних при розпізнаванні людей по фотопортретах. Основна увага приділяється підходам, вживаним для ідентифікації людини по його зображенню шляхом пошуку в спеціалізованих базах відеоданих. Дослідження по ідентифікації людей привели до створення експериментальної системи розпізнавання, проте проблема залишається відкритою. У роботі запропонована загальна схема ідентифікації/розпізнавання людей на базі антропометричних точок обличчя людини. Слід зазначити, що незважаючи на нові підходи розпізнавання, в яких не використовуються такі точки, в криміналістичній експертизі цей підхід застосовується вже упродовж декількох десятків років і по праву вважається найнадійнішим при ідентифікації особи по фотопортрету.

Метою роботи була розробка програмного забезпечення, яке дозволяє отримати простий але надійний продукт для захисту програмних систем.

У ході атестаційної роботи були вирішені наступні питання:

- проведено аналіз методів ідентифікації за геометрією обличчя
- проведено аналіз методів біометричної ідентифікації
- проведено аналіз середовища розробки
- проведено аналіз існуючих розробок
- проведено з інструментами та засобами розробки веб-додатків
- розроблено програмне забезпечення

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kimura S. and Yashida M. Facial expression recognition and its degree estimation // IEEE, 1997. - P. 295- 300.
2. Esme B., Sankur B. and Anarim E. Facial feature extraction using genetic algorithms //17-th European Signal Processing Conference, Trieste, 2016. P. 1511-1514.
3. Colmenarez A. J. and Huang T.S. Frontal view face detection // Proceedings of SPIE, 2005.- Vol.2501.- Part 1. - P. 90-98
4. Крейг Волс, Foundational Spring, // Spring in Action, Fifth Edition. 2018. С. 50
5. DeMers D. and Cottrell G. W. Non-linear dimensionality reduction // Advances in Neural Information Processing Systems, Hanson S. J., Cowan J. D. and Giles C. L., Eds., Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA, 1993.
6. Gutta S. and Wechsler H. Face recognition using hybrid classifiers // Pattern Recognition, 2007. - Vol. 30. - No 4. - P.539-553.
7. Chang T. C., Huang T. S. and Novak C. Facial feature extraction from color images // Proceedings of IAPR, 1994.- Vol. 2. - P. 39-43.
8. Feraud R., Berliner O., Viallet J., Collobert M. and Collobert D. A conditional mixture of neural networks for face detection, applied to locating and tracking an individual speaker // Proceedings of CAIP Germany, 2007. - Vol.1256. - P. 464-471.
9. Achermann B. and H. Bunke Combination of face classifiers for person identification // Proceedings ICPR, 2006. -Vol. 4. - P. 416-420.
10. Intrator N., Reisfeld D. and Yeshurum Y. Face recognition using hybrid supervised/unsupervised neural network // Proceedings of IAPR, 2014. - Vol. 2. - P. 50-54.
11. Брюс Еккель, Коллекції, //Філософія Java. 2015. С. 1170с.

12. Гербердт Шилдт, JDBC, // Java: The Complete Reference, Eleventh Edition. 2018. С. 678