

**Зінченко О.В., Звенігородський О.С., Волошко В.А., Кисіль Т.М.**

*Державний університет телекомунікацій, м. Київ*

## **МОНІТОРИНГ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

**Анотація:** Розглянута проблема збільшення ефективності навчального процесу за рахунок введення автоматичного контролю відвідування занять в аудиторії з використанням розпізнавання обличчя і додаткової інформації для збору і подальшого аналізу отриманих даних. Досліджені алгоритми і методи, що використовуються в сучасних Facial Recognition Attendance System. Запропонована інтелектуальна система моніторингу освітнього процесу і його аналізу. Розроблена структурна і функціональна схеми системи, бази даних, програмне забезпечення, здійснене тестування. Під час моніторингу відвідуваності веб-камера захоплює з відео потоку зображення обличчя учасника освітнього процесу, потім комп'ютер автоматично створює вектор ознак обличчя, який порівнюється з векторами ознак обличчя, попередньо введених зображень і записаних у відповідну базу даних. Для розпізнавання обличчя використовуються вектори з 68 ознаками. При розробці програмного забезпечення використані засоби бібліотеки OpenCV, мова програмування Python. При кількох разовому успішному порівнянні ідентифікується дані особи: ім'я та статус (студент або викладач), фіксується поточна дата та час і записуються у файл Excel. Оперативні дані системи відображаються на екрані монітора, що дозволяє при необхідності виправляти помилки розпізнавання. Система дозволяє автоматично вести журнал відвідування занять, створювати звіти, аналізувати дані для подання рекомендацій по покращенню розкладу і порядку проведення занять. Для зберігання даних використовується об'єктно-реляційна база даних з відкритим вихідним кодом PostgreSQL. Групування програмного коду системи здійснено за допомогою веб-додатку Django. Користувач системи має можливість створити особистий кабінет і створювати звіти за своїми вимогами. Тестування системи проводилось на прикладі групи студентів з 15 осіб і показало задовільні результати.

**Ключові слова:** штучний інтелект, розпізнавання обличчя, база даних, веб камера, системи відвідуваності

**Zinchenko O.V., Zvenigorodsky O.S., Voloshko A.V., Kysil T.M.**

*State University of Telecommunications, Kyiv*

## **MONITORING OF THE EDUCATIONAL PROCESS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS**

**Abstract:** Considered the problem of increasing the effectiveness of the educational process due to the introduction of automatic control of attendance in the classroom using face recognition and additional information for the collection and further analysis of the received data. Algorithms and methods used in modern Facial Recognition Attendance System are studied. An intelligent system for monitoring the educational process and its analysis is proposed. Structural and functional schemes of the system, databases, software were developed, testing was carried out. During attendance monitoring, the webcam captures an image of the face of the participant of the educational process from the video stream, then the computer automatically creates a vector of facial features, which is compared with the vectors of facial features, pre-entered images and recorded in the relevant database. Vectors with 68 features are used for face recognition. In the development of the software, the tools of the OpenCV library and the Python programming language were used. With several successful comparisons, the person's data is identified: name and status (student or teacher), the

current date and time are recorded in an Excel file. Operational data of the system is displayed on the monitor screen, which allows you to correct recognition errors if necessary. The system allows you to automatically keep a log of class attendance, create reports, analyze data to provide recommendations for improving the schedule and order of lessons. The object-relational database with open source code PostgreSQL is used for data storage. The grouping of the system's software code is carried out using the Django web application. The system user has the opportunity to create a personal account and create reports according to his requirements. The system was tested on the example of a group of 15 students and showed satisfactory results.

**Keywords:** artificial intelligence, facial recognition, database, web camera, web camera, attendance systems.

**Постановка проблеми.** Результати освітнього процесу залежать від багатьох факторів, починаючи зі змісту дисципліни, закінчуючи формою проведення занять. Досвід показує, що при викладанні дисципліни найкращі результати розуміння матеріалу досягаються при спілкуванні викладача з студентами очно, тобто в аудиторії. При цьому виникає проблема відстеження відвідуваності. Відстеження відвідуваності – це трудомісткий ручний процес для закладів, які все ще впроваджують цю практику з багатьох причин, включаючи виконання академічних вимог, відповідність вимогам закладу або вимірювання рівня залученості студентів. Поки цей процес був нормою, викладачі та студенти (віддалено чи особисто) витрачають перші кілька хвилин кожного заняття на запис відвідуваності. Технологія розпізнавання обличчя пропонує спрощений і автоматичний спосіб зробити це. Згодом дані, зібрані за допомогою цієї технології, можуть допомогти викладачам розробити більш сприятливі навчальні середовища та умови, одночасно покращуючи ефективність планування занять, визначення дат та часу проведення занять, визначення найбільш і найменш популярних занять, найуспішніших студентів, і відповідно змінювати розклад. Якщо немає офіційних засобів автоматичного відстеження відвідуваності та залученості студентів, навчальним закладам важко запроваджувати ці вимірювання, і, безсумнівно, у викладачів і студентів є чим зайнятися на початку занять краще, ніж рахувати голови та підписувати імена.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для вирішення проблем, пов'язаних з традиційними методами контролю відвідуваності, були розроблені різні типи автоматизованих систем відвідування з використанням різних технологій. У системі відвідування на основі відбитків пальців [1] потрібен портативний пристрій відбитків пальців для збору та розпізнавання відбитків пальців студентів для позначення їх відвідування. У системі відвідування на основі радіочастотної ідентифікації (RFID) на основі Інтернету речей (IoT) [2] студенти повинні пред'явити свої RFID-картки пристрою зчитування ідентифікаційних карток, щоб зафіксувати свою присутність. У системі відвідуваності [3] камера сканує зображення райдужної оболонки ока, яке порівнюється з відповідними зображеннями в базі даних студентів. Останнім часом системи відвідування на основі розпізнавання обличчя привертають більше уваги.

В [4] пропонується метод, що використовує каскадні класифікатори Хаара, алгоритм найближчого сусіда (KNN), алгоритм К-середніх (CNN), машину опорних векторів (SVM), генеративні змагальні мережі та фільтри Габора для покращення зображення, виявлення обличчя, отримання ознак розпізнавання, ідентифікації обличчя, усунення надмірності. створення звітів. Запропонований метод забезпечує більш високу точність та меншу обчислювальну складність. Точність значно підвищується завдяки фільтрам Габора. Показано, що алгоритм KNN має найвищу точність 99,27%. Було встановлено, що CNN має низьку обчислювальну складність, а алгоритм SVM не такий ефективний порівняно з іншими алгоритмами.

В проєкті [5] представляє систему, яка реалізує автоматичний моніторинг відвідування для студентів, присутніх на занятті, використовуючи такі методи, як розпізнавання обличчя, власні номінальні значення, головний компонент аналізу (PCA) і згорткові нейронні мережі

(CNN). Методологія, яка використовується в цьому проекті, це реєстрація, виявлення обличчя, розпізнавання обличчя, зйомка камерою класу, оцінка відвідуваності.

Вбудована система відвідування занять із використанням розпізнавання реалізована в [6]. З набором даних із 11 окремих зображень цей пристрій має точність 95,1%. Необхідні кроки: захоплення зображення обличчя, розпізнавання за допомогою алгоритму на основі каскаду Хаара, перетворення зображення в градації сірого, застосування алгоритму LBP, збереження в базі даних MySQL. У цій статті для реалізації розпізнавання обличчя розглядаються три програми, розроблені з використанням Python. Перша – це збір фото обличчя студентів з кадрів відеозапису, друга – навчання та збереження зроблених фото в класифікаторі SVM, який пізніше використовується для ідентифікації обличчя студентів. Остання програма була використана для ідентифікації введеного обличчя, яке було ідентифіковане на даних навчання за допомогою класифікатора, описаного раніше.

У підході [7] було представлено три різні стратегії, такі як SVM, NLP і CNN. У створених базах даних алгоритми SVM, NLP і CNN досягають точності тестів приблизно 87 відсотків, 86,5 відсотків і 98 відсотків відповідно. Тут була запропонована схема розпізнавання обличчя за допомогою методів машинного навчання та комп'ютерного зору. Для виявлення обличчя використовується надійний базовий детектор обличчя DNN. З кількістю зображень навчається попередньо підготовлений модуль. Точність визначення обличчя на основі DNN – це більше, ніж сучасний інструмент.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є покращення процесу моніторингу проведення аудиторних занять за рахунок автоматичного отримання даних про відвідуваність студентів за допомогою алгоритмів розпізнавання обличчя людини у відео-поточці та подальшого аналізу цих даних для вдосконалення навчального процесу. Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

- проаналізовані ознаки обличчя для розпізнавання і визначені алгоритми і програмні засоби для реалізації інтелектуальної системи моніторингу навчального процесу;
- розроблена структурна і функціональна схеми системи, база даних для ідентифікації учасників освітнього процесу, веб-орієнтований інтерфейс користувача системи;
- проведено тестування системи в реальних умовах навчальної лабораторії.

В даній статті розглянемо загальні концепції *інтелектуальної системи моніторингу освітнього процесу*:

1. **Постановка задачі.** Проведений аналіз показує, що застосування розпізнавання обличчя при проведенні занять дозволяє поліпшити процес навчання, при цьому виникає можливість автоматичного накопичення і аналізу даних про відвідуваність занять. Ці дані можна аналізувати в реальному часі за певний період, наприклад, семестр, що дає змогу вносити зміни в порядок проведення занять і методичні матеріали з метою збільшення ефективності навчального процесу. В розглянутих системах в основному фіксується відвідуваність студентами занять, але в рамках освітньої установи важливим є аналіз не тільки наповненості аудиторій, а й ефективність самого навчання, що великою мірою залежить від викладачів, що проводять заняття. Тому, була поставлена задача розробки системи автоматичного моніторингу відвідуваності занять студентами і викладачами з використанням алгоритмів розпізнавання обличчя з накопиченням даних про осіб, що приймають участь у заняттях, час проведення занять і дисципліни, що викладаються.

2. **Ознаки розпізнавання.** Обличчя людини дуже складні, складаються з тисяч маленьких візерунків і характеристик, які необхідно збалансувати. Алгоритми розпізнавання обличчя поділяються на тисячі менших завдань, відомих як класифікатори, кожне з яких легко вирішити, щоб в результаті агрегації їх результатів класифікувати обличчя. Для обличчя може бути 5000 або більше класифікаторів, усі вони мають підходити для виявлення обличчя на захопленому зображенні. Для вирішення цієї проблеми використовуються функції бібліотеки OpenCV, що використовують каскади.

OpenCV поділяє проблему виявлення обличчя на різні етапи. Для кожного блоку він проводить ретельний тест. Приблизно на 50-60 з цих етапів або каскадів алгоритм може бути виконаний, і він виявить обличчя, лише якщо всі етапи пройдено. OpenCV реалізована мовою C/C++ і до неї можна звертатись за допомогою Python.



Рис. 1. Характерні точки обличчя при розпізнаванні

Серед різних моделей ознак обличчя була обрана модель (рис. 1.) з 68 ознак обличчя (характерних точок) і відповідні алгоритми, які не накладають суттєвих обмежень на розмір зображення обличчя в пікселях для алгоритму розпізнавання. Контекстна діаграма процесу розпізнавання обличчя за методологією IDEF0 наведена на рис. 2. Додатково в разі успішного розпізнавання генерується голосове привітання до ідентифікованої особи. Для системи розпізнавання надаються фото учасників, в яких виділяється обличчя і приводяться до одного масштабу. Фото і особисті дані (ПІБ і статус: студент/викладач), зберігаються в базі даних. При запуску системи

для кожного зображення із бази даних формується вектор ознак. При роботі системи на захопленому кадрі з відео камери виділяється обличчя, для якого розраховується вектор ознак і порівнюється з векторами, сформованими при навчанні системи і записані у базу даних зображень. Одночасно для кожного зображення записуються особисті дані особи. Для розпізнавання обличчя були використані бібліотеки Python: face\_recognition, cv2, PyQt5 і інші. Зображення-еталони для навчання системи знаходяться в базі даних. Одночасно для кожного зображення-еталона записуються особисті дані особи, яка приймає участь у навчальному процесі. Ці дані включають прізвище, ім'я, ім'я по-батькові і статус особи: студент, викладач, група, якщо це студент і кафедра, якщо – викладач. Ім'я і ім'я по-батькові використовується для генерації голосового привітання, яке виступає в якості підтвердження успішності розпізнавання.



Рис. 2. Контекстна діаграма процесу розпізнавання обличчя

3. *Структурна і функціональна схеми системи контролю відвідуваності.* Розглянемо структурну схему (рис. 3) та функціональну схему (рис. 4) інтелектуальної системи моніторингу освітнього процесу. Технічне забезпечення системи (відеокамера) встановлюється в лабораторіях закладу освіти. Програмне забезпечення встановлюється на ПК або сервер і має доступ до розкладу занять (розклад може бути записаний в пам'ять системи вручну). Таким чином, система автоматично отримує інформацію про дисципліну, групу і викладача.

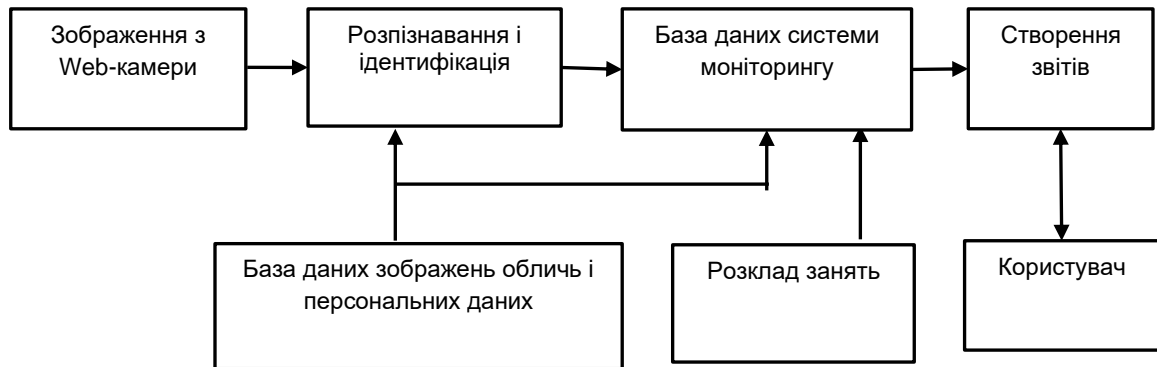


Рис. 3. Структурна схема інтелектуальної системи моніторингу відвідування занять

У разі невдачі розпізнавання обличчя особи, тобто особу розпізнають як іншу або як невідому, то студент повинен повідомити викладача про ситуацію для ручної перевірки відвідуваності. Файли з кожного заняття зберігаються на диску. По даним з цих файлів формується база даних, в якій для кожного учасника записуються дата і час проведення заняття. По цим даним потім формуються звіти. Приклад структури бази даних для формування журналу присутності студентів на заняття наведений на рис. 5. Крім цього, можна створювати різні звіти з рейтингами, поєднувати з даними про успішність і т. д.

4. *Контроль відвідуваності.* Присутність студентів і інших осіб фіксується на протязі всього заняття у поточному файлі Excel. В базі даних для осіб, що приймають участь в навчанні знаходяться імена та прізвища, фото особи, статус особи (студент, викладач), департамент (група, кафедра). Для підвищення точності розпізнавання, ідентифікація особи вважається успішною, якщо на протязі заняття або до початку було 5 успішних розпізнавань, тоді в файл Excel записуються ПІБ особи, департамент і час першого успішного розпізнавання.

5. *Тестування системи.* Для тестування системи однієї особи була обрана камера Logitech WebCam C270. Тестування проводилось на ноутбуківі Lenovo Legion 5 15IMH6. Даний ноутбук був обраний за рахунок достатньої кількості оперативної пам'яті 8 ГБ і потужного процесора шестиядерний Intel Core i5-10500H (2.5 – 4.5 ГГц). Так як система опрацьовує відео-потоки кожну секунду та розподіляє відео на окремі кадри і перевіряє кожен окремий кадр. Із-за цього для ефективної і швидкої обробки потрібно достатньо оперативної пам'яті яка допоможе у опрацюванні всіх цих процесів.

Для тестування системи на групі осіб було обрано інші апаратні засоби. Веб камера була обрана RAZER Kiyo. Дана камера має більш роздільну здатність 2688x1520. Тестування проводилось на ноутбуківі Asus ROG Strix G15 G513IM-HN008. Даний ноутбук був обраний за рахунок достатньої кількості оперативної пам'яті 16 ГБ і потужного процесора восьмиядерний AMD Ryzen 7 4800H (2.9 – 4.2 ГГц). Результати роботи програмного забезпечення представлені на рис. 6, рис. 7.

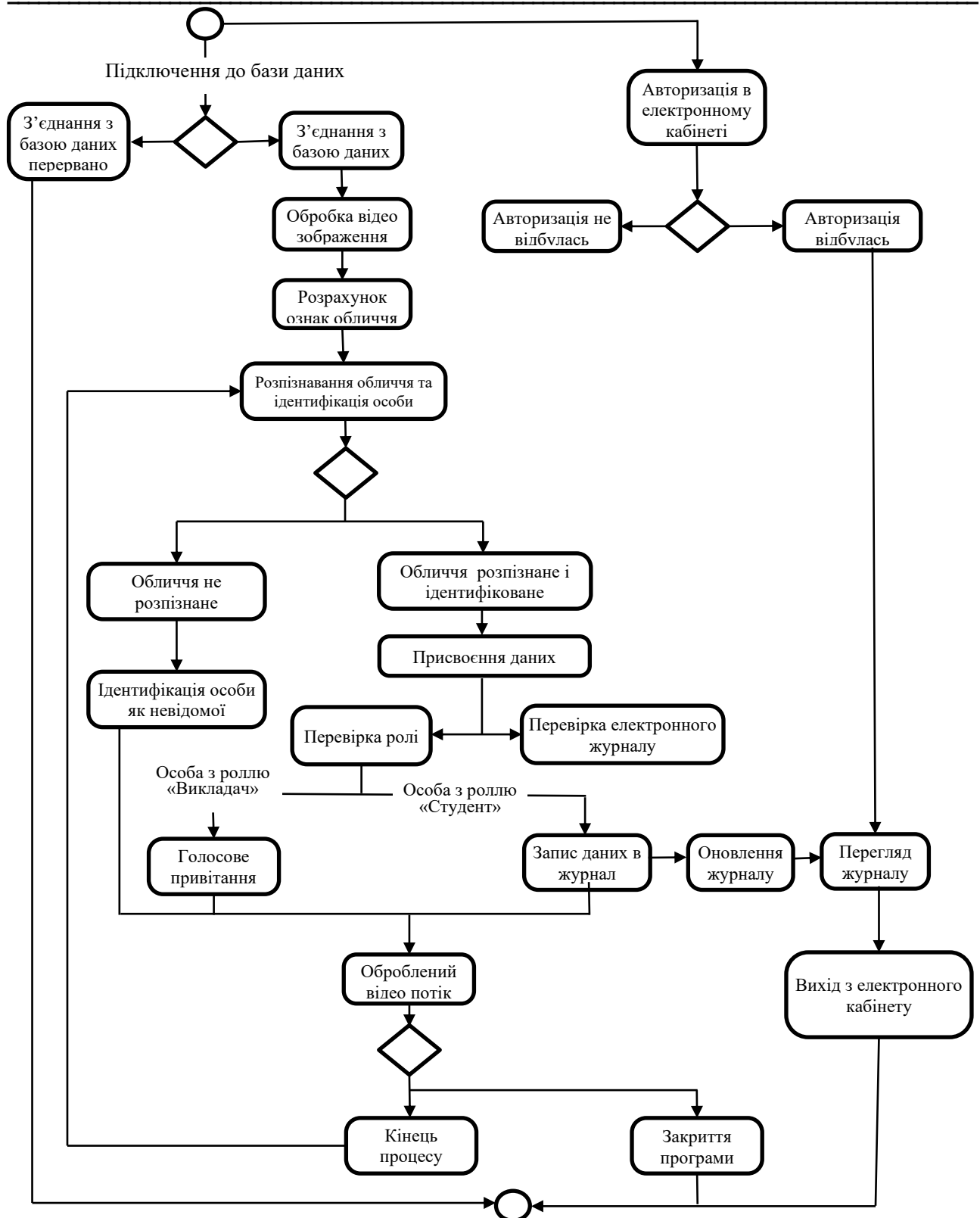


Рис. 4. Функціональна діаграма системи моніторингу відвідувань занять

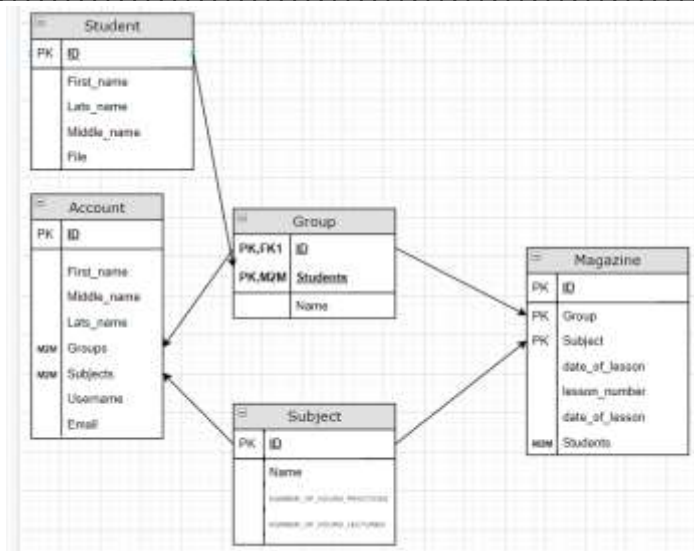


Рисунок 5. – Структура бази даних для відвідування занять студентами.

**Результати дослідження.** Проаналізовані ознаки обличчя для розпізнавання і визначені алгоритми і програмні засоби для реалізації інтелектуальної системи моніторингу навчального процесу; розроблена структурна і функціональна схеми системи, база даних для ідентифікації учасників освітнього процесу, веб-орієнтований інтерфейс користувача системи; проведено тестування системи в реальних умовах навчальної лабораторії.

В результаті, реалізоване програмне забезпечення було протестоване на групі студентів спеціальності КНД навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного Університету Телекомунікацій (рис. 8) та встановлено якість його функціонування. За стандартами ISO/IEC було регламентовано зовнішні та внутрішні характеристики якості для визначення колаборативних та соціальних парадигм.



Рис. 6. – Приклад роботи системи при розпізнаванні однієї особи

Name	Status	Department	Date	Time
Artem_Voloshko	Student	KND-41	01.09.2021	11:30
Maxim_Koval	Student	KND-41	01.09.2021	11:35
Taras_Petrenko	Student	KND-41	01.09.2021	11:35
Semen_Kurchenko	Teacher	All	01.09.2021	11:40
Andriy_Zozulya	Student	KND-41	01.09.2021	11:41
Anatoliy_Grach	Student	KND-41	01.09.2021	11:41
Olga_Ivanchenko	Student	KND-41	01.09.2021	11:42
Myroslav_Tkach	Student	KND-41	01.09.2021	11:44
Denys_burda	Student	KND-41	01.09.2021	11:44

Рис. 7. – Приклад Excel - журналу відвідування занять



Для визначення якості моделі виділено основні характеристики: *функціональність, зручність використання, ефективність, зручність супроводу*. Оскільки стандарт ISO 9126 використовує для опису внутрішньої та зовнішньої якості програмного забезпечення (ПЗ) багаторівневу модель, то на нижньому рівні для кожної характеристики визначено 12 критеріїв (атрибутів) якості ПЗ, наведені в табл. 1.



Рис. 8. Приклад роботи системи при розпізнаванні групи студентів.

Крім технічної якості, важливим є врахування оцінки якості з позиції користувача (*usability*). Для оцінки даного аспекту якості було розроблено на веб-ресурсі форму з переліком типових питань:

- наскільки інтерфейс користувача є інтуїтивно зрозумілим;
- наскільки легко та швидко виконуються прості та складні операції;
- чи зрозумілі користувачу системні повідомлення про помилки;
- чи відповідає ПЗ очікуванням користувачів;
- наскільки інтерфейс користувача є само-документуючим;
- наскільки достовірно ідентифікуються суб'єкти в системі.

Таблиця 1.

Характеристики та атрибути якості ПЗ за стандартом ISO 9126

<i>Характеристики якості моделі</i>	<i>Критерії (атрибути) якості</i>
1. Функціональність ( <i>functionality</i> )	точність
	здатність до взаємодії
	захищеність
2. Зручність використання ( <i>usability</i> )	зрозумілість
	зручність навчання
	зручність функціонування
3. Ефективність ( <i>efficiency</i> )	часова ефективність ( <i>time behaviour</i> )
	ефективність використання ресурсів ( <i>resource utilisation</i> )
4. Зручність супроводу ( <i>maintainability</i> )	аналізованість ( <i>analyzability</i> )
	зручність внесення змін ( <i>changeability</i> )
	стабільність ( <i>stability</i> )
	зручність перевірки ( <i>testability</i> )



**Висновки і перспективи подальших досліджень.** За результатами проведеного моніторингового опитування серед користувачів, можна зробити наступний висновок про якість реалізованого програмного продукту на основі *метрики експлуатаційної якості* [12], що дає змогу виміряти рівень якості ПЗ, а саме:

- *доступність* – програмний продукт є безкоштовними та можуть бути вільно використовуватись користувачами;
- *зручність* – кожен користувач може виконати власні налаштування та з легкістю отримувати до неї доступ, так як система розміщена на віртуальній машині.

Отже можна зробити висновок, що розроблене програмне забезпечення задовольняє потреби користувачів стосовно ефективного, продуктивного вирішення задачі ідентифікації відвідувань студентів, а також справляє загальне позитивне враження на користувачів при використанні.

Низьку оцінку якості виявлено на рівні зручності супроводу: не зручним виявився процес внесення змін до даних, які розміщені в БД. Для підвищення продуктивності системи авторами прийнято рішення в розробці інтелектуального інтерфейсу, в якому будуть розподілений доступ з правами: студент, викладач, адміністратор. Інтелектуальний модуль доступу до інформації буде порівнювати дані, які містяться в БД та визначати відсоткове відношення коректно розпізнаних образів професорсько-викладацького складу при ідентифікації та надавати їм відповідні права доступу. В разі, несанкціонованого входу, система визначить можливість отримання доступу до інформації та ресурсів на правах користувача.

На даний момент, в цілому, програмне забезпечення виконує свої функціональні можливості, дозволяє здійснювати додавання та видалення інформації, в разі необхідності, захищає дані від несанкціонованих дій з боку сторонніх користувачів, реалізований веб-ресурс забезпечує цілісну систему доступу до даних. Звідси можна зробити висновок, що розроблене програмне забезпечення, при доробці інтелектуального інтерфейсу, можна використовувати в освітньому процесі навчання (стаціонарному, дистанційному, змішаному) для моніторингу присутності здобувачів вищої освіти та їх ідентифікації під час проведення занять в Державному університеті телекомунікацій.

### Список використаної літератури

1. Damale R. C., Pathak B. V. Face Recognition Based Attendance System Using Machine Learning Algorithms. Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India, 2018, pp. 414-419, doi: 10.1109/ICCONS.2018.8662938.
2. Dev S., Patnaik T. Student Attendance System using Face Recognition. 2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC), Trichy, India, 2020, pp. 90-96, doi: 10.1109/ICOSEC49089.2020.9215441.
3. Khatun A., Fazlul Haque A.K., Ahmed S., Rahman M. M. Design and implementation of Iris recognition based attendance management system. 2<sup>nd</sup> Int'l Conf. on Electrical Engineering and Information & communication Technology (ICEEICT) 2015, Bangladesh.
4. Kuang, W., & Baul, A. (2020, June), A Real-time Attendance System Using Deep-learning Face Recognition Paper presented at 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual On line. 10.18260/1-2--33949
5. Mohamed B.K., Raghu C. Fingerprint attendance system for classroom needs. India Conference (INDICON), Annual IEEE, 2012, pp. 433-438.
6. Nandhini R., Duraimurugan N., Chokkalingam S.P. Face recognition based attendance system. Int'l Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Vol-8, Issue-3S, February 2019, pp.574-577.
7. Salim O.A.R., Olanrewaju R. F., Balogun W. A. Class Attendance Management System Using Face Recognition. 7th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), Kuala Lumpur, 2018, pp. 93-98, doi: 10.1109/ICCCE.2018.8539274.

8. Sawhney S., Kacker K., Jain S., Singh S. N., Garg R. Real-Time Smart Attendance System using Face Recognition Techniques. 2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), Noida, India, 2019, pp. 522-525, doi: 10.1109/CONFLUENCE.2019.8776934.
9. Sawhney S., Kacker K., Jain S., Singh S. N., Garg R. Real-time smart attendance system using face recognition techniques. 9<sup>th</sup> Int'l Conf. on Cloud Computing, Data Science & Engineering, 2019, pp. 522-525.
10. Shah S. N., A. Abuzneid, IoT based smart attendance system (SAS) using RFID. IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), 2019.
11. Sveleba S., Katerynychuk I., Karpa I., Kunyo I., Ugryn S., Ugryn V., The real time face recognition. 3<sup>rd</sup> Int'l Conf. on Advanced Information and Communication Technologies, 2019, pp.294-297.
12. Грицюк Ю. І., Андрушакевич О. Т., Засіб для визначення якості програмного забезпечення методами метричного аналізу // зб. наук. пр., Науковий вісник НЛТУ України, 2018, т. 28, № 6, с. 159-171

### References

1. Damale R. C., Pathak B. V. Face Recognition Based Attendance System Using Machine Learning Algorithms. Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India, 2018, pp. 414-419, doi: 10.1109/ICCONS.2018.8662938.
2. Dev S., Patnaik T. Student Attendance System using Face Recognition. 2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC), Trichy, India, 2020, pp. 90-96, doi: 10.1109/ICOSEC49089.2020.9215441.
3. Khatun A., Fazlul Haque A.K., Ahmed S., Rahman M.M. Design and implementation of Iris recognition based attendance management system. 2nd Int'l Conf. on Electrical Engineering and Information & communication Technology (ICEEICT) 2015, Bangladesh.
4. Kuang, W., & Baul, A. (2020, June), A Real-time Attendance System Using Deep-learning Face Recognition Paper presented at 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual On line. 10.18260/1-2--33949
5. Mohamed B.K., Raghu C. Fingerprint attendance system for classroom needs. India Conference (INDICON), Annual IEEE, 2012, pp. 433-438.
6. Nandhini R., Duraimurugan N., Chokkalingam S.P. Face recognition based attendance system. Int'l Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Vol-8, Issue-3S, February 2019, pp. 574-577.
7. Salim O.A.R., Olanrewaju R.F., Balogun W.A. Class Attendance Management System Using Face Recognition. 7th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), Kuala Lumpur, 2018, pp. 93-98, doi: 10.1109/ICCCE.2018.8539274.
8. Sawhney S., Kacker K., Jain S., Singh S.N., Garg R. Real-Time Smart Attendance System using Face Recognition Techniques. 2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), Noida, India, 2019, pp. 522-525, doi: 10.1109/CONFLUENCE.2019.8776934.
9. Sawhney S., Kacker K., Jain S., Singh S.N., Garg R. Real-time smart attendance system using face recognition techniques. 9th Int'l Conf. on Cloud Computing, Data Science & Engineering, 2019, pp. 522-525.
10. Shah S. N., A. Abuzneid, IoT based smart attendance system (SAS) using RFID. IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), 2019.
11. Sveleba S., Katerynychuk I., Karpa I., Kunyo I., Ugryn S., Ugryn V., The real time face recognition. 3<sup>rd</sup> Int'l Conf. on Advanced Information and Communication Technologies, 2019, pp. 294-297.
12. Yu. I. Hrytsyuk, O. T. Andruschakevich, A tool for determining the quality of software by methods of metric analysis // coll. of science pr., Scientific Bulletin of NLТУ of Ukraine, 2018, vol. 28, no. 6, p. 159-171