

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-59-01>

УДК 004.93, 004.031.4, 004.622, 004.514

**Ковівчак Ярослав Васильович**, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-3562-4924>

**Дубук Василь Іванович**, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6339-1032>

**Баранов Кирило Олегович**, студент магістратури

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

## РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ ЗА ЗОБРАЖЕННЯМ ОБЛИЧЧЯ

**Ковівчак Я. В., Дубук В. І., Баранов К. О.** Розробка автоматизованої системи розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя. У статті розглянуто проектування і розробку автоматизованої системи визначення емоційного стану людини за зображенням обличчя. Приведено обґрунтування актуальності розробки системи. Здійснено аналіз існуючих аналогічних систем, призначених для визначення емоційного стану людини, а також приведено їх переваги і недоліки. Розроблено структурну схему автоматизованої системи визначення емоційного стану людини за зображенням обличчя. Побудовано діаграми випадків використання для користувачів системи. Приведено блок-схеми алгоритмів роботи системи. Розроблено функціональну модель системи та діаграми різних рівнів її декомпозиції. Розроблено діаграму компонентів системи. Здійснено реалізацію всіх компонентів системи та інтерфейсу користувача. Проведено тести. Розроблена автоматизована система визначення емоційного стану людини за зображенням обличчя може знайти успішне застосування для автоматизації процесу розпізнавання та аналізу емоційного стану людини у різних предметних областях людської діяльності.

**Ключові слова:** автоматизована система, розпізнавання обличчя, емоційний стан, аналіз емоційного стану, автоматизація процесів.

**Kovivchak Ya., Dubuk V., Baranov K.** Development of an automated system for determining a person's emotional state based on facial images. The article considers the design and development of an automated system for determining a person's emotional state from a facial image. The justification for the relevance of developing system is provided. An analysis of existing similar systems designed to determine a person's emotional state is carried out, and their advantages and disadvantages are also given. A structural diagram of an automated system for determining a person's emotional state from a facial image is developed. Use case diagrams for system users are constructed. Block diagrams of the system's operation algorithms are provided. A functional model of the system and diagrams of different levels of its decomposition are developed. A diagram of the system components is developed. All components of the system and the users interface are implemented. Tests are executed. The developed automated system for determining a person's emotional state from a facial image can be successfully used to automate the process of recognizing and analyzing the emotional state of people in various subject areas of human activity.

**Keywords:** automated system, face recognition, emotional state, emotional state analysis, process automation.

**Постановка задачі.** Емоційний стан відіграє важливу роль у житті людини. Він залежить від внутрішніх переживань та зовнішніх обставин, в яких знаходиться людина. Наявність тих чи інших емоцій відображає сприйняття та відношення людини до ситуації, подій та обставин, у які вона потрапляє. Різні емоційні стани впливають на зосередженість, поведінку, психічний та загальний фізіологічний стан людини. Це проявляється у зміні виразу обличчя, зовнішньої поведінки, ходьби, жестикуляції, швидкості реакції на різні подразники. Існують емоційні стани, які можуть викликати небезпечні ситуації при виконанні людиною професійних завдань та суттєво знижують ефективність їх виконання. Особливо це стосується виконання таких видів робіт, які пов'язані з управлінням різними об'єктами: водіїв транспортних засобів, операторів виробничих і сервісних систем, диспетчерів служб швидкої допомоги та спеціальних служб.

Розпізнати емоційний стан людини можна за різними ознаками її поведінки. З фізіологічної точки зору, зміна емоційного стану людини завжди проявляється на її обличчі, що відображається відповідним образом обличчя і це варто врахувати. Отже, за образом обличчя можна визначити зміни в емоційному стані людини, і це є об'єктивною, достовірною та надійною інформацією про її психічний стан та можливу наступну поведінку людини.

На сьогодні, для визначення емоційного стану людини застосовують автоматизовані системи опрацювання зображень, а саме - системи розпізнавання образів. Такі системи широко використовуються в різних сферах людської діяльності: при автоматизації надання

різноманітних послуг (з метою визначення рівня задоволення клієнтів), у системах безпеки (для завчасного виявлення потенційних порушників), у медицині (для визначення психічних та фізіологічних станів і розладів, рівня відчуттів, болю) і т.д. Крім того, у багатьох країнах світу спеціальні служби періодично проводять спостереження за емоційним станом населення. Це дає змогу оцінити рівень задоволення громадян життям, відношення громадян до результатів, напрямків та способів проведених змін у країні. Такі спеціальні системи набувають все більшого значення для формування, функціонування та розвитку сучасного суспільства. З розвитком нових інформаційних технологій актуалізуються завдання розробки нових та удосконалення існуючих автоматизованих систем, що працюють в області спостереження, аналізу та корекції емоційного стану людини.

Тому розробка автоматизованої системи для розпізнавання емоційного стану людини за зображенням образу її обличчя є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Було проведено аналіз існуючих систем, які використовуються для розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя.

Серед інформаційних систем-аналогів, що серед різних інших корисних функцій виконують функції розпізнавання емоційного стану особи за зображенням обличчя потрібно вказати: Luxand [1], SkyBiometry [2], Face++ [3], Kairos [4], Amazon Rekognition [5], Azure Face API [6], MorphCast [7], FindFace [8], Google Cloud Vision AI [9], Tobii Pro Sticky [10], Eyesee [11], Imentiv AI [12].

До найбільш розповсюджених серед систем-аналогів можна віднести вебсистеми Test your RBF та систему MyMoodScan.

Розглянемо вебсистему Test your RBF [13]. Вона є одним із інструментів програмного забезпечення Face Reader від Noldus Information Technology BV. Сервіс тестування RBF від системи [14] дає змогу визначити наявність емоцій за зображенням обличчя, а також передбачає можливість визначення позиції голови, статі та віку особи, наявність чи відсутність бороди, окулярів. Інтерфейс користувача системи Test your RBF [14] приведено на рис. 1.

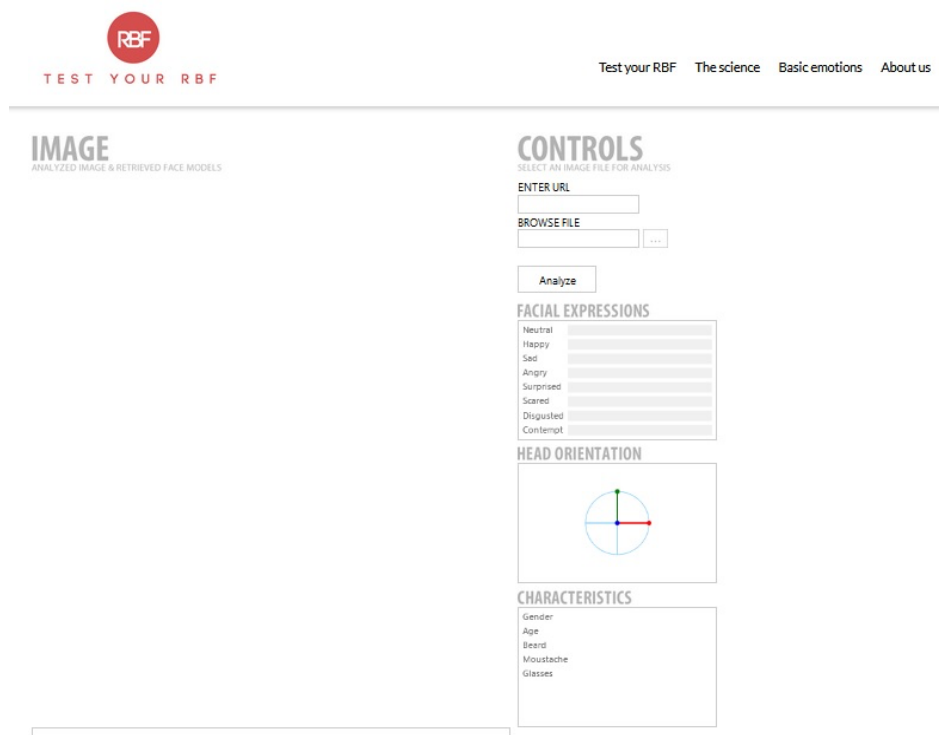


Рис. 1 – Інтерфейс користувача системи Test your RBF

Сервіси системи Test your RBF дають змогу визначити наступні емоційні стани людини: спокій; щастя; сум; злість; страх; здивування; відразу та зневагу. Також, сервіс чітко ідентифікує ключові ознаки елементів обличчя - очей і губ. Найменш ефективним цей сервіс є при визначенні відрази за зображенням обличчя людини.

Вікно з прикладом роботи системи [14] приведено на рис. 2.

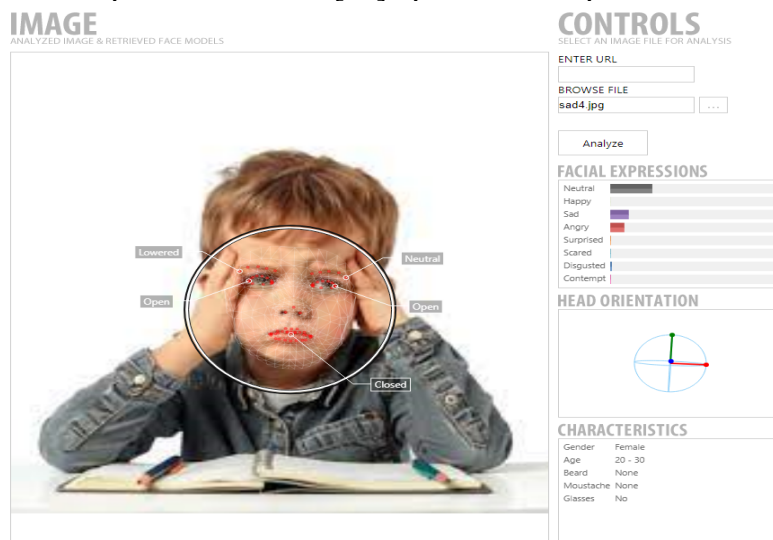


Рис. 2 – Вікно з прикладом роботи системи Test your RBF з сумним виразом обличчя дитини

До переваг системи Test your RBF можна віднести: простий та інтуїтивний інтерфейс; наявність підказок; відсутність оплати при використанні; широкий спектр визначення емоцій; відтворення на зображенні передбачень моделі. Недоліки: низька точність розпізнавання обличчя та його основних ознак при нетиповому положенні голови; низька точність передбачення окремих емоцій: злості, смутку, страху і відрази.

Система MyMoodScan, розроблена компанією MorphCast [7], також призначена для визначення емоційного стану людини за зображенням обличчя. Дана система є безкоштовною. Вона передбачає автоматичне розпізнавання наступних емоцій людини: наявність злості; відрази; суму; щастя; здивування; страху та відсутності емоцій. Інтерфейс користувача системи MyMoodScan [15] приведений на рис. 3.

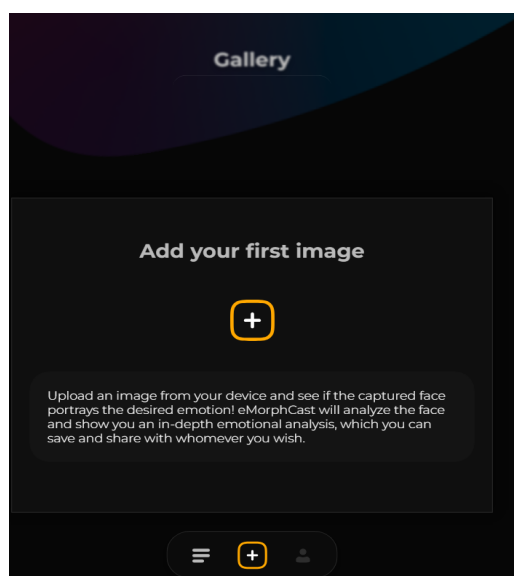


Рис. 3 – Інтерфейс користувача системи MyMoodScan

Інтерфейс системи MyMoodScan є простим. Після завантаження зображення обличчя людини процес розпізнавання емоцій займає за часом до 5 секунд.

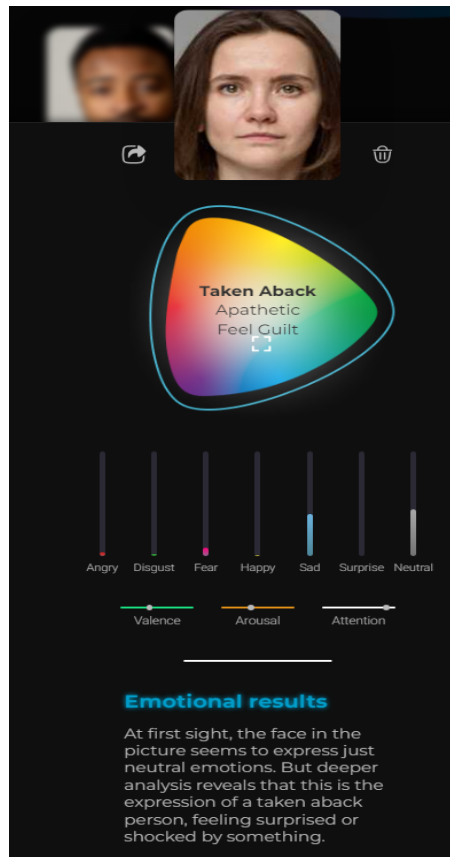


Рис. 4 – Приклад роботи інтерфейсу системи MyMoodScan з нейтральним виразом обличчя

Крім визначення емоції, система MyMoodScan виводить візуальну інформацію про виявлені емоції особи на координатній площині. На цій площині емоційний стан особи відображається емоційним спектром у вигляді палітри кольорів. Рівень кожної емоції позначається відповідним кольором. Також система дає оцінку обличчя людини за валентністю, збудженням і рівнем уваги. Валентність визначає відношення до негативних чи позитивних емоцій. Також визначається рівень психологічного та фізіологічного збудження людини стосовно виявленої емоції. Крім того система формує короткий текстовий опис про зображення обличчя.

До переваг даної системи можна віднести: висока швидкість опрацювання зображень; простий інтерфейс; візуалізація результатів у вигляді гістограм; наявність додаткових характеристик "емоційної палітри"; наявність текстового опису зображення; можливість опрацювання зображення обличчя у нестандартному положенні. Недоліки: неможливо здійснювати аналіз декількох зображень одночасно; існують приклади, коли система розпізнає лише 50 – 60 відсотків площі зображення обличчя; низька точність розпізнавання емоцій при слабовиділених ознаках на зображенні обличчя; відсутність подання виявлених емоцій у числовому еквіваленті.

**Метою дослідження** є розробка автоматизованої системи для розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя.

**Основна частина.** На початкових стадіях проектування, розроблено структурну схему автоматизованої системи для розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя. Концептуальна схема системи показана на рис. 5.

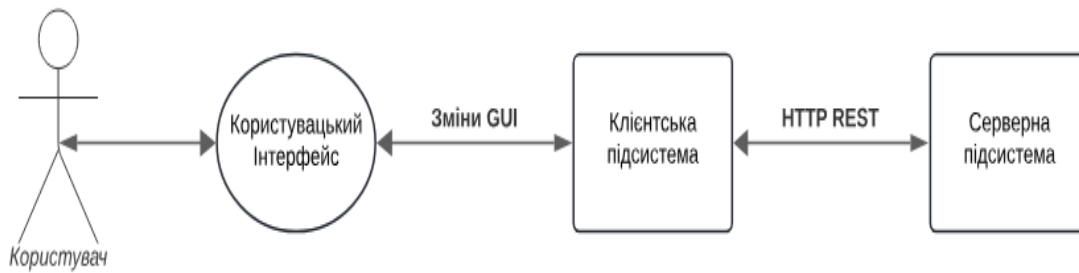


Рис. 5 – Концептуальна схема автоматизованої системи розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя

Приведена концептуальна схема відображає основні компоненти системи та зв'язки між ними. Також в результаті виконання роботи з використанням рекомендацій, наведених у [16], було розроблено діаграму випадків використання для користувача системи, яку зображено на рис. 6.



Рис. 6 – Діаграма випадків використання для користувача системи

Розроблено алгоритми роботи автоматизованої системи для розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя. Як приклад, на рис. 7 приведено загальну блок-схему роботи системи, а на рис. 8 показано блок-схему процесу розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя.

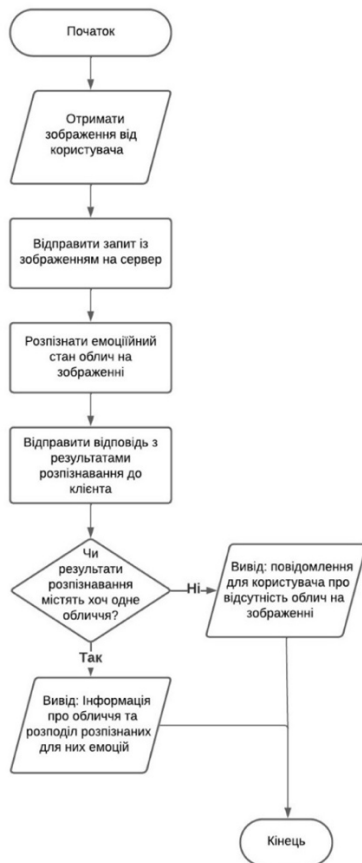


Рис. 7 – Блок-схема узагальненого алгоритму роботи системи

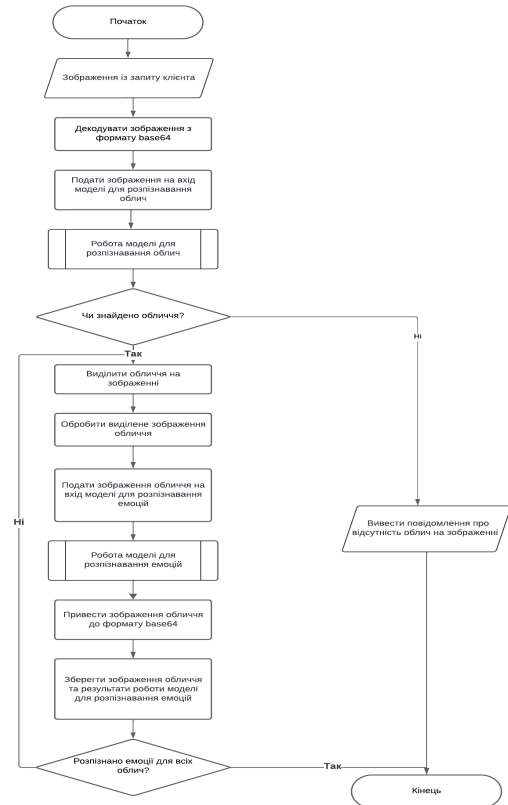


Рис. 8 – Блок-схема процесу розпізнавання емоційного стану особи

Під час проектування системи, також розроблено її модельні діаграми з необхідними рівнями декомпозиції системи. Контекстна діаграма системи приведена на рис. 9.

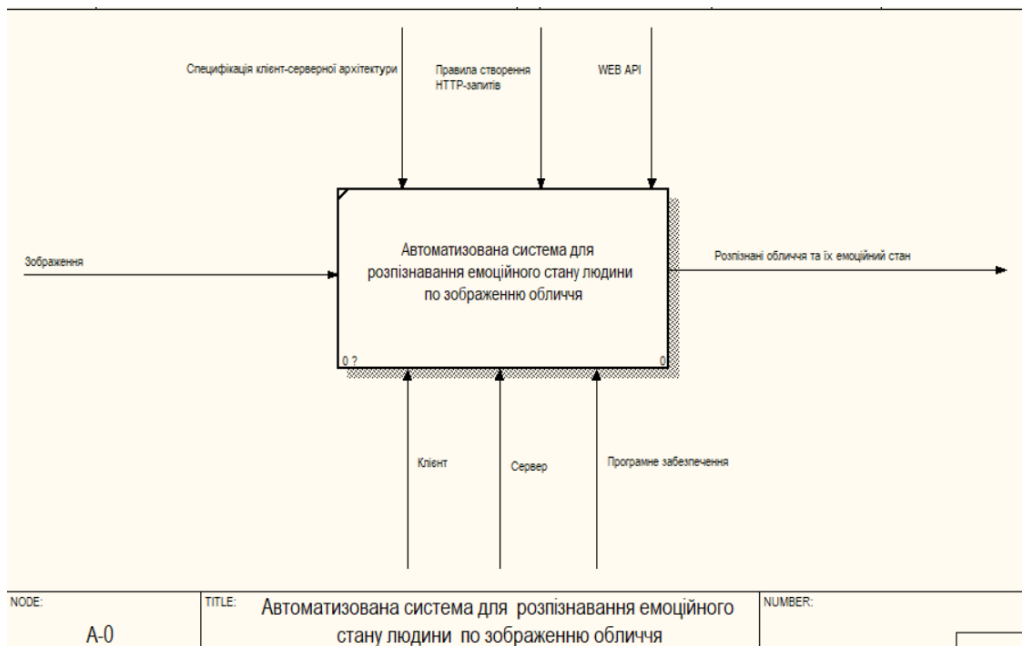


Рис. 9 – Контекстна діаграма системи

За допомогою контекстної діаграми розкрито взаємозв'язок системи із зовнішнім середовищем. Як видно з діаграми, на вхід системи подається зображення. Система

опрацьовує зображення з використанням наступних механізмів: клієнта, сервера та програмного забезпечення. Зображення опрацьовується у відповідності до: специфікації клієнт-серверної архітектури, правил створення HTTP-запитів та WEB API. У результаті, на виході системи виводиться розпізнане обличчя та емоційний стан особи. Декомпозицію першого рівня контекстної діаграми приведено на рис. 10.

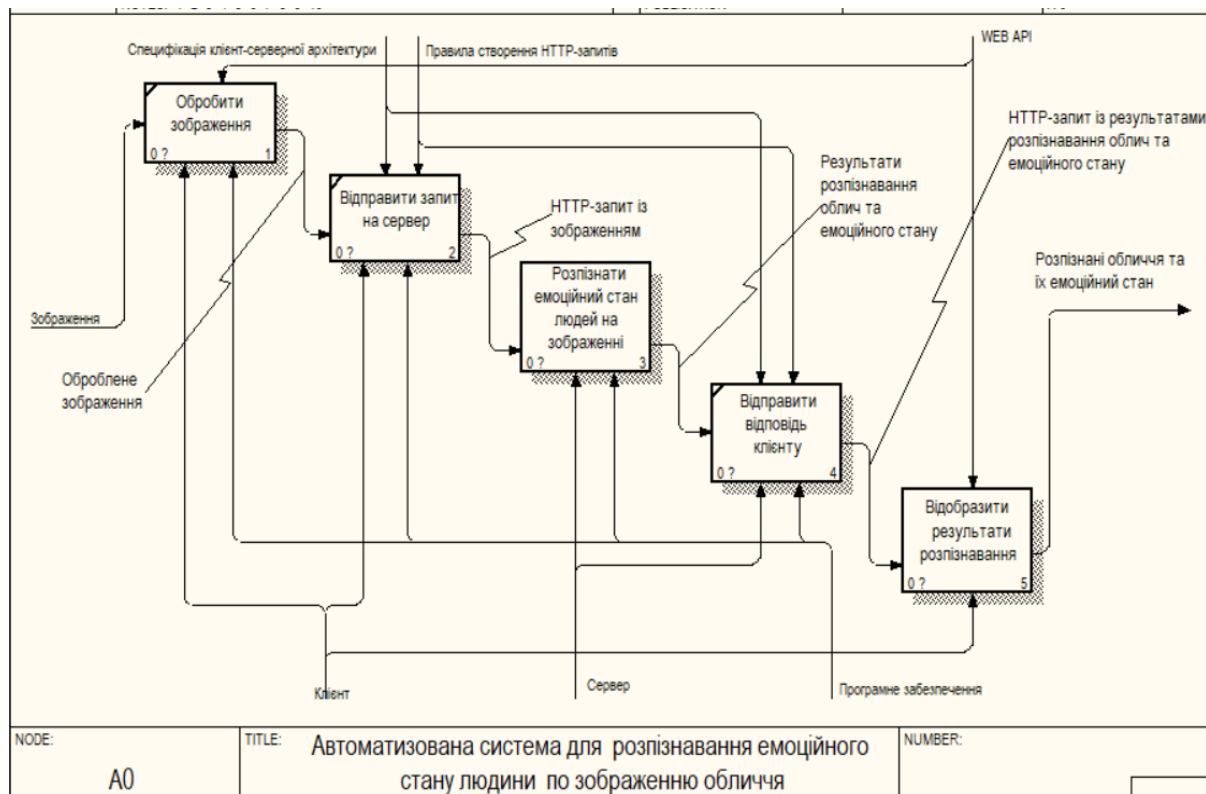


Рис. 10 – Діаграма декомпозиції першого рівня контекстної діаграми функціональної моделі системи

Розроблено діаграму компонентів системи. Система складається з наступних компонентів: інтерфейсу користувача; клієнтської та серверної частини. За допомогою інтерфейсу, користувач вибирає вхідне зображення та переглядає результати опрацювання вибраного зображення. Компонент клієнтської частини здійснює опрацювання вибраного файлу зображення, формує запит, опрацьовує відповідь, оновлює інтерфейс та здійснює рендерінг інтерфейсу.

При розробці діаграми компонентів було враховано рекомендації, наведені у [17]. При побудові діаграм було використано інструментальний засіб RAMUS [18].

Діаграму компонентів автоматизованої системи для розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя приведено на рис. 11.

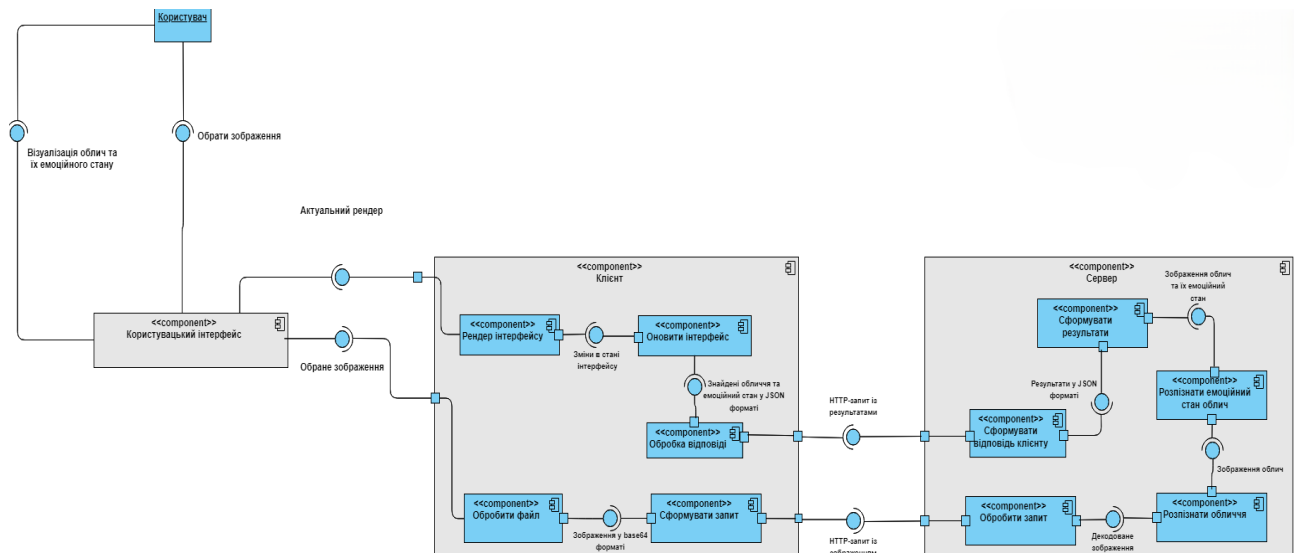


Рис. 11 – Діаграма компонентів автоматизованої системи

Серверна частина опрацьовує запит, розпізнає обличчя особи, розпізнає емоційний стан за зображенням обличчя, формує результат опрацювання зображення.

Крім того, розроблено інтерфейс користувача автоматизованої системи для розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя. Вибрані вікна інтерфейсу приведено на рис. 12.

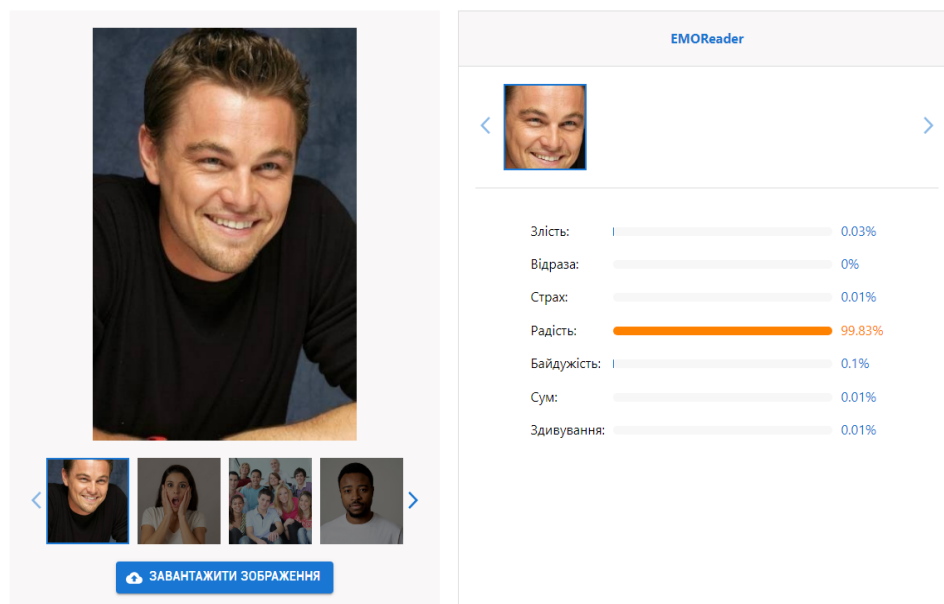


Рис. 12 – Вікна інтерфейсу користувача автоматизованої системи розпізнавання емоційного стану людини за зображенням обличчя

Компоненти автоматизованої системи були розроблені з використанням множини інформаційно-технологічних засобів: мови HTML [19], мови JavaScript [20], бібліотеки React [21], інформаційної технології JavaServer Pages [22] та інструментального середовища IntelliJ IDEA [23].

У результаті виконання роботи було здійснено реалізацію та тестування всіх компонентів автоматизованої системи розпізнавання емоційного стану особи за зображенням обличчя.

**Висновки.** Розроблено автоматизовану систему розпізнавання емоційного стану особи за зображенням обличчя. Розроблена система може знайти успішне застосування для автоматизації процесу розпізнавання та аналізу емоційного стану осіб у різних предметних областях людської діяльності, а саме - як окрема підсистема у складі системи безпеки транспортних підприємств, у бізнесі, в медицині та в освіті.

#### Список бібліографічного опису

1. FaceSDK Enterprise Grade Solution For Face Recognition. Luxand. Luxand Inc. 2025. URL: <https://www.luxand.com/> (date of access: 09.04.2025).
2. Face Detection API. SkyBiometry. UAB „SkyBiometry”. 2025. URL: <https://skybiometry.com/> (date of access: 09.04.2025).
3. FaceID Identity Verification Solution. Face++. Megvii. Beijing Kuangshi Technology Co. Ltd. 2025. URL: <https://www.faceplusplus.com/> (date of access: 09.04.2025).
4. Instant Identity Verification. Kairos. Kairos Ar Inc. 2025. URL: <https://www.kairos.com/features/identity-verification> (date of access: 09.04.2025).
5. Amazon Rekognition. AWS. Amazon Web Services Inc. 2025. URL: [https://aws.amazon.com/rekognition/?nc1=h\\_ls](https://aws.amazon.com/rekognition/?nc1=h_ls) (date of access: 09.04.2025).
6. Face API reference list. Learn. Azure. Microsoft. 2025. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/computer-vision/identity-api-reference> (date of access: 09.04.2025).
7. World's Most Energy-Efficient server-free Facial Emotion AI. MorphCast. Morphcast Inc. 2025. URL: <https://www.morphcast.com/> (date of access: 09.04.2025).
8. Burgett G. FindFace is a new facial recognition app that could end public privacy. Digitaltrends. Digital Trends Media Group. 2025. URL: <https://www.digitaltrends.com/photography/findface-social-networks-detect-people-public-with-70-reliability/> (date of access: 09.04.2025).
9. Vision AI. Extract insights from images, documents, and videos. Cloud Vision API. Google Cloud. Google. 2025. URL: <https://cloud.google.com/vision> (date of access: 10.04.2025).
10. Sticky by Tobii. Online eye tracking made easy. Tobii. 2025. URL: <https://www.tobii.com/products/software/consumer-research-software/sticky> (date of access: 10.04.2025).
11. Understand behavior, grow further. Eyeseer. 2025. URL: <https://www.eyeseer-research.com/> (date of access: 10.04.2025).
12. Unlock Human Psyche with AI. Imentiv ai. Imentiv. 2025. URL: <https://imentiv.ai/> (date of access: 10.04.2025).
13. Get the best facial expression data FaceReader. Noldus. Noldus Information Technology BV. 2025. URL: <https://noldus.com/facereader> (date of access: 11.04.2025).
14. Test if you have Resting Bitch Face. Test Your RBF. Noldus Information Technology BV. 2025. URL: <https://www.testrbf.com/index.html> (date of access: 11.04.2025).
15. MyMoodScan. MorphCast. Morphcast Inc. 2025. URL: <https://mymoodscan.ai/> (date of access: 11.04.2025).
16. Томашевський О.М., Цегелик Г. Г., Вітер М.Б., Дубук В.І. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів. Навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2023. 296 с. URL: <https://cul.com.ua/informacijni-tehnologiyi-ta-modelyuvannya-biznes-procesiv> (дата звернення: 12.04.2025 р.)
17. The Easy Guide to Component Diagrams. Creately. Cinergix Pty Ltd (Australia). 2025. URL: <https://creately.com/blog/software-teams/component-diagram-tutorial/> (date of access: 02.05.2025).
18. RAMUS Java-based IDEF0 & DFD Modeler. Ramus. URL: <https://ramussoftware.com/> (date of access: 02.05.2025).
19. HTML: HyperText Markup Language. MDN Web Docs. Mozilla. The Mozilla Foundation. Mozilla Corp. 2025. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML> (date of access: 02.05.2025).
20. JavaScript. MDN Web Docs. Mozilla. The Mozilla Foundation. Mozilla Corp. 2025. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript> (date of access: 02.05.2025).
21. React. The library for web and native user interfaces. Meta Open Source. Meta Platforms Inc. 2025. URL: <https://react.dev/> (date of access: 02.05.2025).
22. JavaServer Pages Technology. Oracle. 2025. URL: <https://www.oracle.com/java/technologies/jspt.html> (date of access: 02.05.2025).
23. IntelliJ IDEA. The IDE for Professional Development in Java and Kotlin. JETBRAINS. JetBrains S.r.o. 2025. URL: <https://www.jetbrains.com/idea/> (date of access: 02.05.2025).

#### References

1. Luxand Inc. Luxand. (2025). FaceSDK Enterprise Grade Solution For Face Recognition. <https://www.luxand.com/>
2. UAB „SkyBiometry”. SkyBiometry. (2025). Face Detection API. <https://skybiometry.com/>
3. Beijing Kuangshi Technology Co. Ltd. Megvii. (2025). FaceID Identity Verification Solution. Face++. <https://www.faceplusplus.com/>
4. Kairos Ar Inc. Kairos. (2025). Instant Identity Verification. <https://www.kairos.com/features/identity-verification>
5. Amazon Web Services Inc. AWS. (2025). Amazon Rekognition. [https://aws.amazon.com/rekognition/?nc1=h\\_ls](https://aws.amazon.com/rekognition/?nc1=h_ls)
6. Microsoft. Azure. (2025). Face API reference list. Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/computer-vision/identity-api-reference>
7. Morphcast Inc. MorphCast. (2025). World's Most Energy-Efficient server-free Facial Emotion AI. <https://www.morphcast.com/>

8. Burgett, G. Digitaltrends. Digital Trends Media Group. (2025). FindFace is a new facial recognition app that could end public privacy. <https://www.digitaltrends.com/photography/findface-social-networks-detect-people-public-with-70-reliability/>
9. Google. Google Cloud. (2025). Vision AI. Extract insights from images, documents, and videos. Cloud Vision API. <https://cloud.google.com/vision>
10. Tobii. (2025). Sticky by Tobii. Online eye tracking made easy. <https://www.tobii.com/products/software/consumer-research-software/sticky>
11. Eyesee. (2025). Understand behavior, grow further. <https://www.eyesee-research.com/>
12. Imentiv. Imentiv ai. (2025). Unlock Human Psyche with AI. <https://imentiv.ai/>
13. Noldus Information Technology BV. Noldus. (2025). Get the best facial expression data FaceReader. <https://noldus.com/facereader>
14. Noldus Information Technology BV. Noldus. (2025). Test if you have Resting Bitch Face. Test Your RBF. <https://www.testrbf.com/index.html>
15. Morphcast Inc. MorphCast. (2025). MyMoodScan. <https://mymoodscan.ai/>
16. Tomashevskiy, O.M., Tsegelyk, G.G., Viter, M.B., & Dubuk, V.I. (2023). Informatsiyi ta modelyuvannya biznes-protsesiv. Navch. posib. [Information technologies and business processes modelling. Tutorial Book]. Kyiv: Centr uchbovoyi literatury. <https://cul.com.ua/informacijni-tehnologiyi-ta-modelyuvannya-biznes-procesiv> [in Ukrainian].
17. Cinergix Pty Ltd (Australia). Creately. (2025). The Easy Guide to Component Diagrams. <https://creately.com/blog/software-teams/component-diagram-tutorial/>
18. Ramus. (2025). RAMUS Java-based IDEF0 & DFD Modeler. <https://ramussoftware.com/>
19. Mozilla Corp. The Mozilla Foundation. (2025). HTML: HyperText Markup Language. MDN Web Docs. Mozilla. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML>
20. Mozilla Corp. The Mozilla Foundation. (2025). JavaScript. MDN Web Docs. Mozilla. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>
21. Meta Platforms Inc. Meta Open Source. (2025). React. The library for web and native user interfaces. <https://react.dev/>
22. Oracle. (2025). JavaServer Pages Technology. <https://www.oracle.com/java/technologies/jspt.html>
23. JetBrains S.r.o. (2025). IntelliJ IDEA. The IDE for Professional Development in Java and Kotlin. JETBRAINS. <https://www.jetbrains.com/idea/>