



Наукові перспективи  
Видавнича група

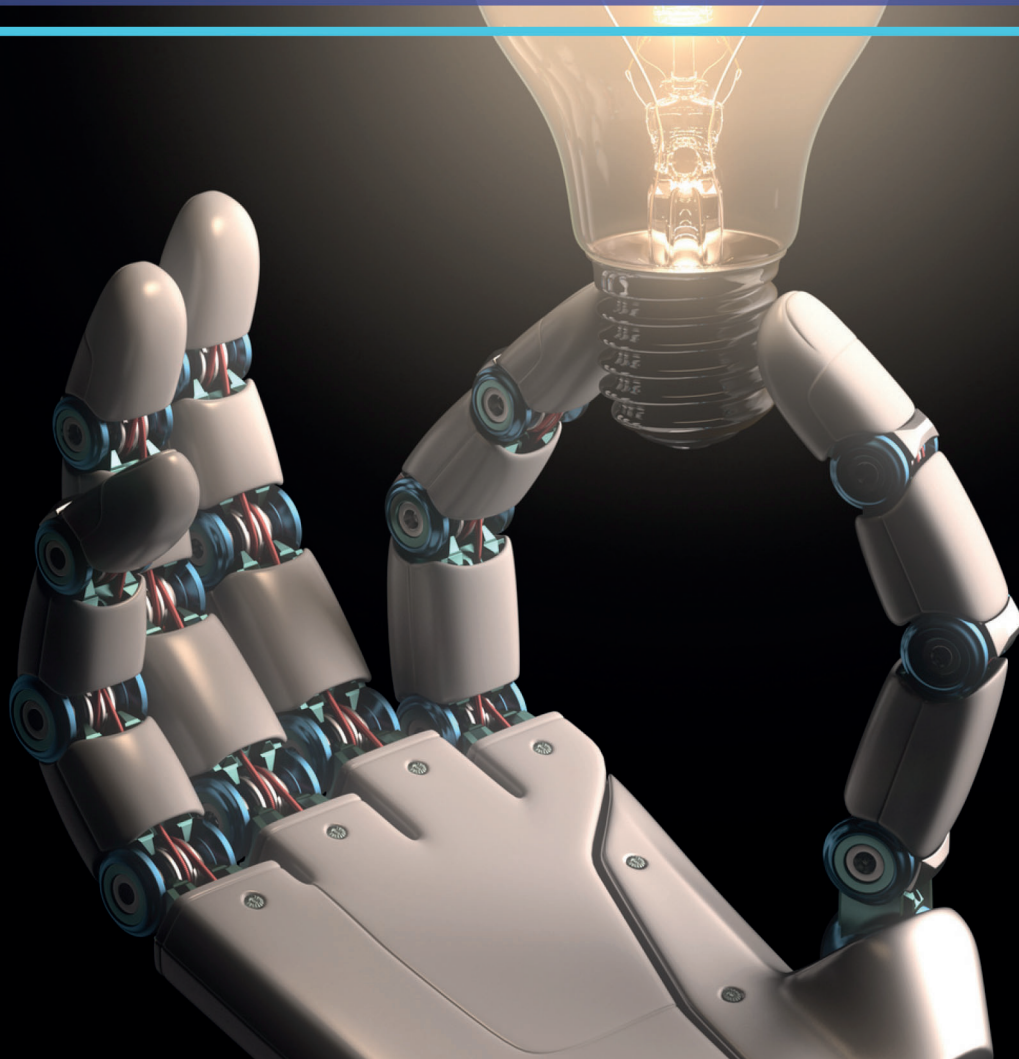
№ 3 (31)

2024

# НАУКА і ТЕХНІКА

серія: право, серія: економіка, серія: педагогіка,  
серія: техніка, серія: фізико-математичні науки

СЬОГОДНІ



З Україною

в серці!



**Видавнича група «Наукові перспективи»**

**Громадська наукова організація «Всеукраїнська Асамблея  
докторів наук із державного управління»**

**Громадська організація «Асоціація науковців України»**

## ***«Наука і техніка сьогодні»***

*(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,  
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)*

**Випуск № 3(31) 2024**

**Київ – 2024**

**Publishing Group «Scientific Perspectives»**

**Public Scientific Organization «Ukrainian Assembly of  
Doctors of Sciences in Public Administration»**

**Public organization «Association of Scientists of Ukraine»**

***"Science and technology today"***  
*("Pedagogy" series, "Law" series, "Economics" series,  
"Physical and mathematical sciences" series, "Technics" series)*

**Issue № 3(31) 2024**

**Kiev – 2024**



**«Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право»,  
Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»):  
журнал. 2024. № 3(31) 2024. С. 1055**



*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 07.04.2022 № 320 журналу присвоєно категорію "Б" із економіки та педагогіки (спеціальності – 015 - Педагогічні науки; 076 - Економічні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 06.06.2022 № 530 журналу присвоєно категорію "Б" із права (спеціальність – 081 Юридичні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 10.10.2022 № 894 журналу присвоєно категорію "Б" із техніки (спеціальність - 122 Комп'ютерні науки)*

*Журнал видається за підтримки Міждержавної гільдії інженерів консультантів, Інституту філософії та соціології Національної Академії Наук Азербайджану (Баку, Азербайджан), Християнської академії педагогічних наук України та Всеукраїнської асоціації педагогів і психологів з духовно-морального виховання*

*Рекомендовано до видавництва Президією Всеукраїнської Асамблеї докторів наук з державного управління (Рішення від 25.03.2024, № 9/3-24)*



Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC), міжнародної пошукової системи Google Scholar та до міжнародної наукометричної бази даних Research Bible

**Головний редактор:** Сопілко Ірина Миколаївна - доктор юридичних наук, професор, Відмінник освіти України, Лауреат Премії Президента України для молодих вчених, Лауреат Премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок, академік Академії наук вищої школи України, Заслужений юрист України (Київ, Україна)

**Редакційна колегія:**

- Артемчук Володимир Олександрович - доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України (Київ, Україна)
- Бахов Іван Степанович – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри іноземної філології та перекладу Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Будник Вікторія Анатоліївна - кандидат економічних наук, професор, професор кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій Державного університету інфраструктури та технологій (Київ, Україна)
- Волк Павло Павлович – доцент кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Гирка Ольга Ігорівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю Львівського торговельно-економічного університету (Львів, Україна)
- Гнатюк Сергій Олександрович - кандидат технічних наук, доцент, заступник декана факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Дацій Олександр Іванович - доктор економічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, завідувач кафедри фінансів, банківської та страхової справи Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Дівізніук Михайло Михайлович - доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач відділу Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України (Київ, Україна)
- Дяденчук Альона Федорівна - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (Мелітополь, Україна)
- Забулонов Юрій Леонідович - доктор технічних наук, професор, Член-кореспондент НАН України, директор Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» (Київ, Україна)
- Ільїн Валерій Юрійович - доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
- Ільїна Анастасія Олександрівна - кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри публічного управління і адміністрування Національного торговельно-економічного університету (Київ, Україна)
- Кардаш Оксана Любомирівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій та економічної кібернетики Навчально-наукового інституту автоматичної, кібернетики та обчислювальної техніки Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)
- Квасніков Володимир Павлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)

- Коваленко Валентин Васильович - доктор юридичних наук, професор, провідний науковий співробітник сектору авторського права та суміжних прав лабораторії авторського права та інформаційних технологій Науково-дослідного центру судової експертизи з питань інтелектуальної власності Міністерства юстиції України (Київ, Україна)
- Коваленко Олена Михайлівна - кандидат педагогічних наук, провідний науковий співробітник відділу профільного навчання Інституту педагогіки НАПН України (Київ, Україна)
- Комнатний Сергій Олександрович - докторант кафедри філософії права та юридичної логіки Національної академії внутрішніх справ (Київ, Україна)
- Кравчук Володимир Миколайович — доктор юридичних наук, доцент, доцент кафедри конституційного, адміністративного та міжнародного права Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
- Кузьмич Людмила Володимирівна - доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (Київ, Україна)
- Куницький Сергій Олегович - кандидат технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник науково-дослідної частини Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Лук'янчук Олександр Петрович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Маджд Світлана Михайлівна - доктор технічних наук, професор, професор кафедри зеленої економіки та економіки природокористування Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (Київ, Україна)
- Мануель Давид Массено - доцент відділу права та захисту даних, старший науковий співробітник і член координаційного комітету лабораторії UbiNET, запрошений член PDPC, член-консультант комісії цифрового права муніципальних адвокатських колегій Кампінаса та Прая-Гранде (Сан-Паулу), а також Комісії з інновацій, управління та технологій муніципальної адвокатської колегії Гуарульюса, коментатор IODA, почесний член IDEIA Institute, член Наукового комітету MICHR, член EDEN, член-кореспондент RedNAC, член UMAU, член-кореспондент UBAU (Португалія)
- Микитин Тарас Миронович - кандидат технічних наук, завідувач кафедри менеджменту Рівненського державного гуманітарного університету (Рівне, Україна)
- Миргород-Карпова Валерія Валеріївна - кандидат юридичних наук, заступник директора з наукової роботи, старший викладач кафедри адміністративного, господарського права та фінансово-економічної безпеки Сумського державного університету (Суми, Україна)
- Мізюк Вікторія Анатоліївна - кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету управління, адміністрування та інформаційної діяльності Ізмаїльського державного гуманітарного університету (Ізмаїл, Україна)
- Мірошніченко Валентина Іванівна - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри психології, педагогіки та соціально-економічних дисциплін Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького (Хмельницький, Україна)
- Міхальський Томаш — доктор наук, доцент кафедри географії регіонального розвитку Гданського університету (Польща)
- Огієнко Микола Миколайович - кандидат технічних наук, професор кафедри організації авіаційних робіт та послуг Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Одарченко Роман Сергійович - завідувач кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Оніщенко Наталя Миколаївна - доктор юридичних наук, професор, Заслужений юрист України, академік НАПН України, завідувач відділу теорії держави і права Інституту держави і права ім. В.М.Корецького НАН України (Київ, Україна)
- Опанасенко Володимир Миколайович — доцент кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Охрімченко (Жмурко) Тетяна Олександрівна - старший науковий співробітник кафедри комп'ютеризованих систем управління Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Павлов Костянтин Володимирович — доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри підприємництва і маркетингу Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
- Поліщук Віталій Васильович — кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу зрошення, відділення меліорації Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (Київ, Україна)
- Приходькіна Наталя Олексіївна - доктор педагогічних наук, професор кафедри педагогіки, адміністрування і спеціальної освіти Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
- Стахова Анжеліка Петрівна — старший викладач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Турчинова Ганна Володимирівна — кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету природничо-географічної освіти та екології Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (Київ, Україна)
- Фесенко Андрій Олексійович - кандидат технічних наук, асистент кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка. (Київ, Україна)
- Черненко Варвара Петрівна - кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики і вищої математики Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (Кременчук, Україна)
- Чернуха Надія Миколаївна — доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної реабілітації та соціальної педагогіки Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)
- Чумак Оксана Володимирівна - доктор економічних наук, доцент, науковий співробітник відділу статистики і аналітики вищої освіти Державної наукової установи «Інститут освітньої аналітики», (Київ, Україна)
- Шандра Наталія Андріївна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземних мов для природничих факультетів Львівського національного університету імені Івана Франка (Львів, Україна)
- Шеремет Інеса Володимирівна - кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри медикобіологічних та валеологічних основ охорони життя і здоров'я Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова (Київ, Україна)
- Якимчук Аліна Юрївна - доктор економічних наук, професор, Академік економічних наук України, професор кафедри державного управління, документознавства та інформаційної діяльності Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Якимчук Олег Феодосійович - керівник групи білінгу Відділу бізнес-систем Департаменту інформаційних технологій ПРАТ «Рівнеобленерго» (Рівне, Україна)
- Яцишин Андрій Васильович - доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» (Київ, Україна)

Статті розміщені в авторській редакції. Відповідальність за зміст та орфографію поданих матеріалів несуть автори.

© автори статей, 2024

© Видавнича група «Наукові перспективи», 2024

- Арсенюк І.Р., Денисюк В.О., Зінов'єв Є.В.** 767  
*ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО БЛОКУ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙ ЛЮДИНИ*
- Баюрко Н.В., Казьмірчук Н.С.** 783  
*ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА – РУШІЙНА СИЛА СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД*
- Васильєва М.Д., Дайко І.В., Саницький А.П.** 791  
*МЕТОД ШВИДКОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДДАЛЕНИХ АБОНЕНТІВ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ “НУЛЬОВИХ ЗНАНЬ”*
- Гайдукевич С.В., Семенова Н.П., Леськів Я.А.** 805  
*ВПЛИВ РОЗВИТКУ СМАРТ-ТЕХНОЛОГІЙ НА КОМФОРТНІСТЬ ЛЮДЕЙ ТА ЗАХИСТ ВІД КІБЕРЗЛОЧИННОСТІ*
- Горбатенко А.А., Годовиченко М.А.** 819  
*ОСТАННІ ТЕНДЕНЦІЇ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В ОБЛАСТІ ГРУПОВИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ*
- Дубук В.І., Ковальчук Ю.Д.** 831  
*РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ СПОРТКОМПЛЕКСУ*
- Єгоров С.В., Шкварницька Т.Ю., Яремич Т.І.** 850  
*ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ПЕРСЕПТРОНУ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ*
- Зінченко М.О., Яковчук О.В., Коваленко І.Г., Лазута Р.Р., Лазута Р.Г., Бригадир С.П., Журавльов Д.Ю., Волошин В.В.** 861  
*ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РИЗИКІВ МЕРЕЖЕВОЇ БЕЗПЕКИ МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖ П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ*
- Карпин Д.С., Карпин А.В., Столярчук І.Д., Лешко Р.Я., Британ В.Б.** 878  
*ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ GOOGLE CALENDAR ТА GOOGLE SHEETS*
- Кравченко К.А.** 889  
*ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОСТІ У ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ*
- Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Десятко А.М., Захаров Р.Г.** 903  
*ВИКОРИСТАННЯ САМООРГАНІЗОВАНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДО ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПОТРЕБ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ*

УДК 681.12

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-3\(31\)-767-782](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-3(31)-767-782)

**Арсенюк Ігор Ростиславович** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, тел.: (096) 326-10-62, <https://orcid.org/0000-0003-4045-6144>

**Денисюк Валерій Олександрович** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, тел.: (093) 632-58-58, <https://orcid.org/0000-0003-1057-3518>

**Зінов'єв Євгеній Вікторович** розробник, Товариство з обмеженою відповідальністю "МЕД-СЕРВІС", просп. Героїв, 11б, м. Дніпро, 49000, тел.: (096) 815-39-57, <https://orcid.org/0009-0000-5531-6342>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО БЛОКУ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙ ЛЮДИНИ

**Анотація.** Актуальність розробки полягає у тісному зв'язку аналізу та розпізнавання емоцій людини із важливими науковими та практичними завданнями на сучасному етапі розвитку людства. Розробка подібного продукту є важливою у багатьох сферах сучасного суспільства – психологія, відеонагляд, освіта тощо. Аналіз емоцій людей на громадських чи публічних заходах, у громадському транспорті, в умовах надзвичайних ситуацій допоможе визначати підозрілу або панічну поведінку з метою запобігання терористичним загрозам або зменшення негативних наслідків. Також розпізнавання емоцій має прикладне значення під час співбесід, дізнань, опитувань, маркетингових досліджень (наприклад, дослідження раціонального розміщення товарів). Розпізнавання емоцій під час різноманітних опитувань дає можливість визначити питання (чи частину рекламного ролику), що добре працюють і викликають емоційний відгук людей. Також, розпізнавання емоцій можна ефективно використати у медичній сфері та у сфері освіти, в тому числі і під час дистанційного навчання, яке набуло особливої актуальності в умовах карантину чи військових дій. У дослідженні проаналізовано основні варіанти архітектур згорткових нейронних мереж та доведено доцільність використання глибокої згорткової нейронної мережі для розв'язання задачі розпізнавання емоцій. На відміну від існуючих архітектурних рішень згорткових нейронних мереж для розпізнавання емоцій запропоновано застосувати

додатковий проміжний згортковий шар, який дозволяє знизити вимоги до потужності обчислювальних ресурсів без вагомих втрат точності розпізнавання емоцій. На основі запропонованого рішення розроблено програмний продукт для розпізнавання емоцій людини, що продемонстрував точність 90% на відформатованому наборі даних, та близько 64 % точності у складних випадках (невідформатовані зображення довільної роздільної здатності).

**Ключові слова:** емоція, розпізнавання емоцій, обличчя людини, нейронна мережа, згорткова нейронна мережа, глибока нейронна мережа.

**Arseniuk Ihor Rostyslavovich** PhD, assistant professor of Computer Sciences Department, Vinnytsia National Technical University, Khmelnytske shose, 95, Vinnytsia, 21021, tel.: (096) 326-10-62, <https://orcid.org/0000-0003-4045-6144>

**Denysiuk Valerii Olexandrovich** PhD, assistant professor of Computer Sciences Department, Vinnytsia National Technical University, Khmelnytske shose, 95, Vinnytsia, 21021, tel.: (093) 632-58-58, <https://orcid.org/0000-0003-1057-3518>

**Zinoviev Yevgeny Viktorovich** developer, "MED-SERVICE" Limited Liability Company, Ave. Heroiv, 11b, Dnipro, 49000, tel.: (096) 815-39-57, <https://orcid.org/0009-0000-5531-6342>

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE UNIT FOR RECOGNITION OF HUMAN EMOTIONS

**Abstract.** The relevance of the development lies in the close connection of the analysis and recognition of human emotions with important scientific and practical tasks at the current stage of human development. The development of such a product is important in many areas of modern society – psychology, video surveillance, education, etc. The analysis of people's emotions at public or public events, in public transport, in emergency situations will help to identify suspicious or panicky behavior in order to prevent terrorist threats or reduce negative consequences. Also, recognizing emotions has practical value in interviews, inquiries, surveys, marketing research (for example, research on the rational placement of goods). Recognizing emotions in various surveys makes it possible to determine which questions (or which part of a commercial) work well and evoke an emotional response from people. Also, recognition of emotions can be effectively used in the medical field and in the field of education, including during distance learning, which has become relevant in the conditions of quarantine or military operations. The study analyzed the main variants of convolutional neural network architectures and proved the feasibility of using a deep convolutional neural network



to solve the problem of emotion recognition. In contrast to the existing architectural solutions of convolutional neural networks for emotion recognition, it is proposed to apply an additional intermediate convolutional layer, which allows to reduce the requirements for the power of computing resources without significant losses in the accuracy of emotion recognition. Based on the proposed solution, a software product for recognizing human emotions was developed, which demonstrated 90% accuracy on a formatted dataset, and about 64% accuracy in complex cases (unformatted images of arbitrary resolution).

**Keywords:** emotion, emotion recognition, human face, neural network, convolutional neural network, deep neural network

**Постановка проблеми.** Актуальність розробки полягає у тісному зв'язку аналізу та розпізнавання емоцій людини із важливими науковими та практичними завданнями на сучасному етапі розвитку людства. Розробка подібного продукту є важливою у багатьох сферах сучасного суспільства – психологія, відеонагляд, освіта тощо. Аналіз емоцій людей під час громадських чи публічних заходів, у громадському транспорті, в умовах надзвичайних ситуацій допоможе визначити підозрілу або панічну поведінку з метою запобігання терористичним загрозам або зменшення негативних наслідків. Також розпізнавання емоцій має прикладне значення під час співбесід, дізнань, опитувань, маркетингових досліджень (наприклад, дослідження раціонального розміщення товарів). Приховування різноманітних емоцій (сумнів, злість, радість, байдужість тощо) під маскою інших емоцій і контрастує з тим, що говорить людина, і можливе для викриття. Розпізнавання емоцій під час різноманітних опитувань дає можливість визначити питання (чи частину рекламного ролику) які добре працюють і викликають емоційний відгук людей. Також, розпізнавання емоцій можна ефективно використати у медичній сфері та у сфері освіти, у тому числі і під час дистанційного навчання, яке отримало актуальності в умовах карантину чи військових дій.

**Метою статті** є аналіз та обґрунтування вибору архітектури згорткової нейронної мережі для розпізнавання емоцій людини у неперервному відеопотоці із підвищенням точності без збільшення навантаження на комп'ютер та створення відповідного програмного продукту.

Для цього доцільно: розглянути та проаналізувати існуючі програмні реалізації розв'язання задачі розпізнавання емоцій людини; розробити математичну модель для інформаційної технології розпізнавання емоцій людини; дослідити структуру та алгоритм роботи програмного засобу; реалізувати програмний додаток запропонованої інформаційної технології розпізнавання емоцій людини; здійснити тестування програмного додатку та виконати аналіз отриманих результатів.

**Огляд основних методів розв'язання задачі розпізнавання емоцій людини.** Можливість якісного аналізу та інтерпретації зображень з'явилась завдяки швидкому зростанню обчислювальної потужності сучасних комп'ютерів. В області розпізнавання зображень вченими окреслено основний підхід – виділення задалегідь відомих ознак шуканого об'єкту за допомогою розбиття його зображення. Даний підхід реалізовано за допомогою нейронних мереж із можливістю їх навчання та самонавчання. Вже при навчанні на тестовому наборі даних (зображеннях) система виділяє певні ознаки, на базі яких розробляє власні правила класифікації об'єктів. Натепер існує велика кількість наборів даних та достатні обчислювальні потужності для реалізації якісних моделей, що передбачають застосування нейронних мереж [1].

Перед визначенням емоції слід спочатку виділити (розпізнати на зображенні) обличчя людини, а далі розпізнавати контури його складових. Отже, першим і основним кроком у розв'язанні задачі розпізнавання стану обличчя або розпізнавання емоційного стану людини по зображенню його обличчя, спочатку виявляємо розташування обличчя на зображенні зі складною фоновою структурою [1].

Розпізнавання емоцій – процес, що виконується за допомогою нейронних мереж із особливою архітектурою. Найпомітнішою особливістю мережі є концепція ієрархічного парсингу обличчя [2]. Зображення передається через мережу кілька разів, щоб спершу виявити загальний контур обличчя, а після цього його основні ознаки: очі, рот та ніс і, нарешті, належну емоцію.

Інший напрямок розпізнавання емоцій використовує фільтрацію Габора (Gabor) для обробки зображень та підтримку векторної машини (support vector machine, SVM) для класифікації [3]. Фільтр Габора особливо підходить для розпізнавання емоцій у зображеннях і, як стверджується, імітує функцію зорової системи людини. Точність розпізнавання образів досить висока, коливаючись від 88% у випадку гніву до майже 100% у випадку здивованості людини. Недоліком такого підходу є досить жорсткі вимоги на вхідне зображення (обов'язкова відповідність його строгому формату), що вимагає додаткових затрат на попередню обробку даного зображення.

Сучасні засоби, які здатні розпізнавати расу, вік, стать та емоції використовує нейронну мережу. Використаний набір даних походить із задач розпізнавання виразів обличчя (FERC-2013) [4].

Особливістю є використання чітко організованої глибокої нейронної мережі, що складається з трьох згорткових шарів (одного повністю зв'язного шару та кількох невеликих шарів між ними). Це дозволило досягти середньої точності 67% за класифікацією емоцій, що еквівалентно результатам, отриманим у попередніх засобах на тому ж наборі даних [2, 3].

Натепер досить перспективною концепцією аналізу виразів обличчя є використання глибоких згорткових нейронних мереж [5].

Отже, для розв'язання задач розпізнавання емоцій у дослідженні варто детальніше зупинитися на глибоких архітектурах.

**Математична модель для інформаційної технології розпізнавання емоцій людини.** Згорткові нейронні мережі використовують математичну операцію згортки (особливий вид лінійної операції). Згорткові мережі – це нейронні мережі, де замість спільної операції множення на матрицю, хоча б в одному шарі, використовується згортка. У загальному вигляді згортка – операція над двома функціями дійсного аргументу. Функцію згортки можна подати у вигляді [7]:

$$S(t) = (x \cdot w)(t), \quad (1)$$

де  $x$  – функція входу;  $w$  – функція ядра;  $S(t)$  – картка ознак.

Оскільки під час розпізнавання емоцій на вхід буде подано зображення, представлене у вигляді двовимірної матриці, то (1) набуде вигляду:

$$S(i, j) = (I \cdot K)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i+m, j+n) K(m, n), \quad (2)$$

де  $I$  – вхідне зображення;  $K$  – ядро;  $i, j$  – координати елементів вхідного зображення;  $m, n$  – координати елементів ядра.

**Структура та алгоритм роботи програмного засобу.** Відомі три основні архітектури згорткових нейронних мереж, які найчастіше використовуються для розпізнавання емоцій людини [4, 7 – 9].

Перша мережа є найпростішою серед трьох мереж. Вона потребує найменших обчислювальних вимог [7]. Слід зазначити, що оскільки розроблювальний додаток має здійснювати розпізнавання емоцій у реальному часі у вбудованих системах, алгоритми швидкої роботи є дуже бажаними. Дана мережа складається з трьох згорткових шарів та двох повнозв'язних шарів, для зменшення розміру зображення, та шаром проріджування для зменшення ймовірності перенавчання. Гіперпараметри обираються такими, що кількість обчислень у кожному згортковому шарі залишається приблизно однаковою (забезпечує збереження інформації по всій мережі). Навчання здійснюється за допомогою різного числа згорткових фільтрів, щоб оцінити їх вплив на результативність.

Другою є згорткова мережа AlexNet. Для класифікації зображень, у більш ніж 1000 різних класах, вона використовує 1,2 мільйона зразкових зображень із набору даних ImageNet [8]. Модель AlexNet має розрізняти сім основних емоцій [9]. Завдяки обмеженим обчислювальним ресурсам розмір оригінальної мережі вважається занадто великим, що може негативно відобразитися на продуктивності обробки зображення, особливо в умовах відеопотоку. Це привело до спроби зменшити кількість згорткових шарів з

п'яти до трьох. В отриманих трьох повнозв'язних шарах кількість вузлів кожного повнозв'язного шару також було зменшено з 4096 до 1024. Хоча початкова мережа була оптимізована для паралельних тренувань, було з'ясовано, що це не було необхідно для простішої її версії. Мережа також використовує локальну нормалізацію для прискорення шарів тренувань та відсіву з метою зменшити ступінь перенавчання.

Третьою є архітектура заснована на мережі Гуді, яка дозволяє розпізнати сім емоцій за допомогою набору даних FEREC-2013 [4]. Мережа починається з шару введення розмірністю  $48 \times 48$ , що відповідає розміру вхідних даних. За цим шаром розташований один згортковий шар. Узагалі дана мережа містить два згорткових шари та один повнозв'язний шар, з'єднаний з вихідним шаром. Метод проріджування застосовується до повністю пов'язаного шару, і весь шар містить блоки ReLu. Така архітектура є досить перспективною для подальшого використання у розробці.

У дослідженні пропонується застосувати другий проміжний згортковий шар для зменшення кількості параметрів. Це дозволить знизити вимоги до потужності обчислювальних ресурсів, здатних реалізувати дану мережу [3]. Крім того, покращується швидкість навчання без вагомих втрат точності розпізнавання емоцій.

Усі три вищевказані типи мережі пройшли навчання протягом 60 епох (рис. 1), де *A* – мережа першого типу, *B* – мережа другого типу, *C* – мережа третього типу [4].

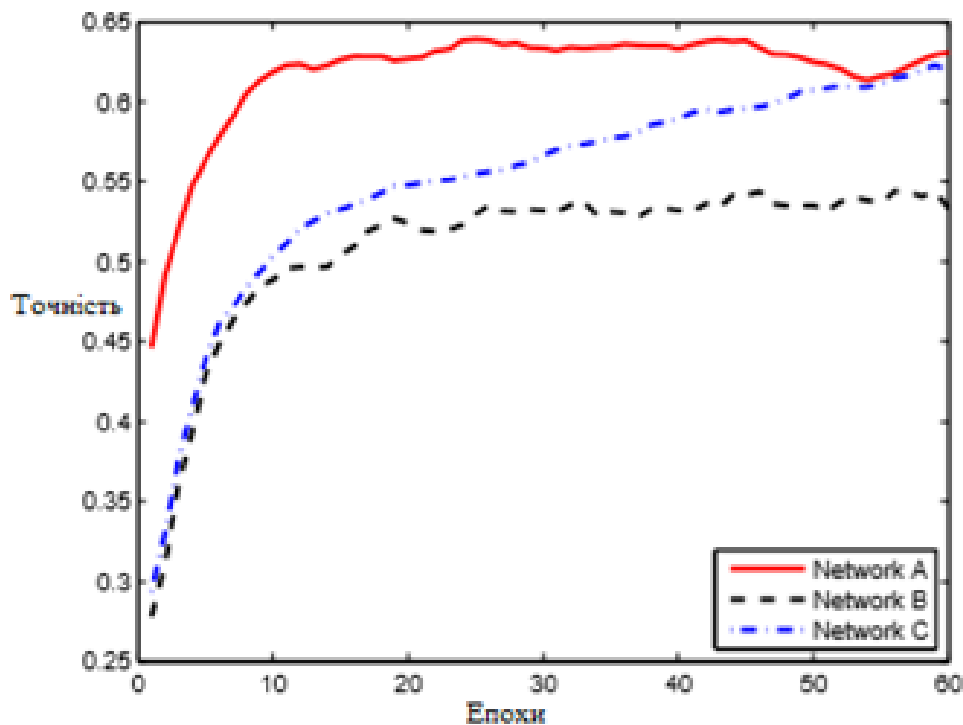
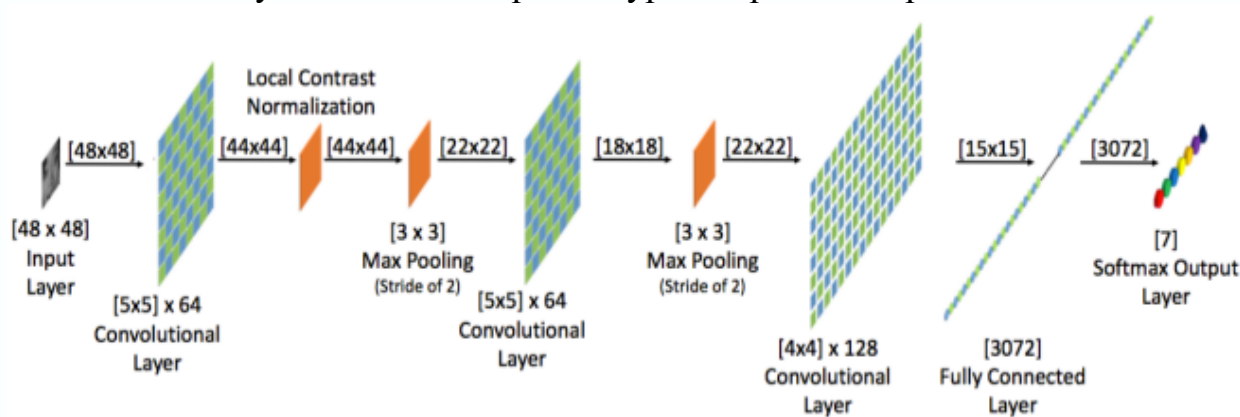


Рис. 1 Порівняння точності нейронних мереж A, B, C

Для мережі *A*, точність даних під час валідації становить близько 63%. Вже через 10 епох точність піднялася вище 60%, що свідчить про можливості швидкого навчання. Варто зазначити, що коригування розміру фільтра не мало великого впливу на точність, хоча це і не вплинуло на час обробки. Це означає, що швидкі моделі можна реалізувати з досить високою продуктивністю. Важливо зазначити, що значно складніша мережа *B*, також швидко вчиться, але з точністю до 54%. Таким чином видно, що зменшення розміру мережі суттєво знизило показники точності оригінальної мережі *B*. Разом із значно вищими вимогами до потужності обчислювальних ресурсів, а отже, і повільнішими показниками роботи, модель *B* поступається архітектурам *A* та *C*. Мережа *C* показує дещо повільнішу криву навчання, але показники точності розпізнавання емоцій, під час тестування на наборі валідацій, аналогічні відповідним показникам мережі *A*. Вимоги до обробки вхідних зображень мережі *C* не такі жорсткі як у мережі *B*, але жорсткіші за мережу *A*. Таким чином, мережа *A* є більш перспективною для даної розробки з розпізнавання емоцій. Однак, продуктивність мережі *C* на додатковому тестовому наборі RaFD суттєво краща (60%), ніж у мережі *A* (50%). Це свідчить про кращі узагальнюючі можливості мережі *C*, що дуже важливо для розробки на її основі програмного додатку. Отже, обираємо мережу *C* для практичного застосування.

**Структура та алгоритм роботи програмного забезпечення.** На рис. 2 наведена схема удосконаленої архітектури нейронної мережі.



**Рис. 2** Схема удосконаленої архітектури нейронної мережі

Загальний алгоритм роботи системи розпізнавання емоцій наведено на рис. 3.

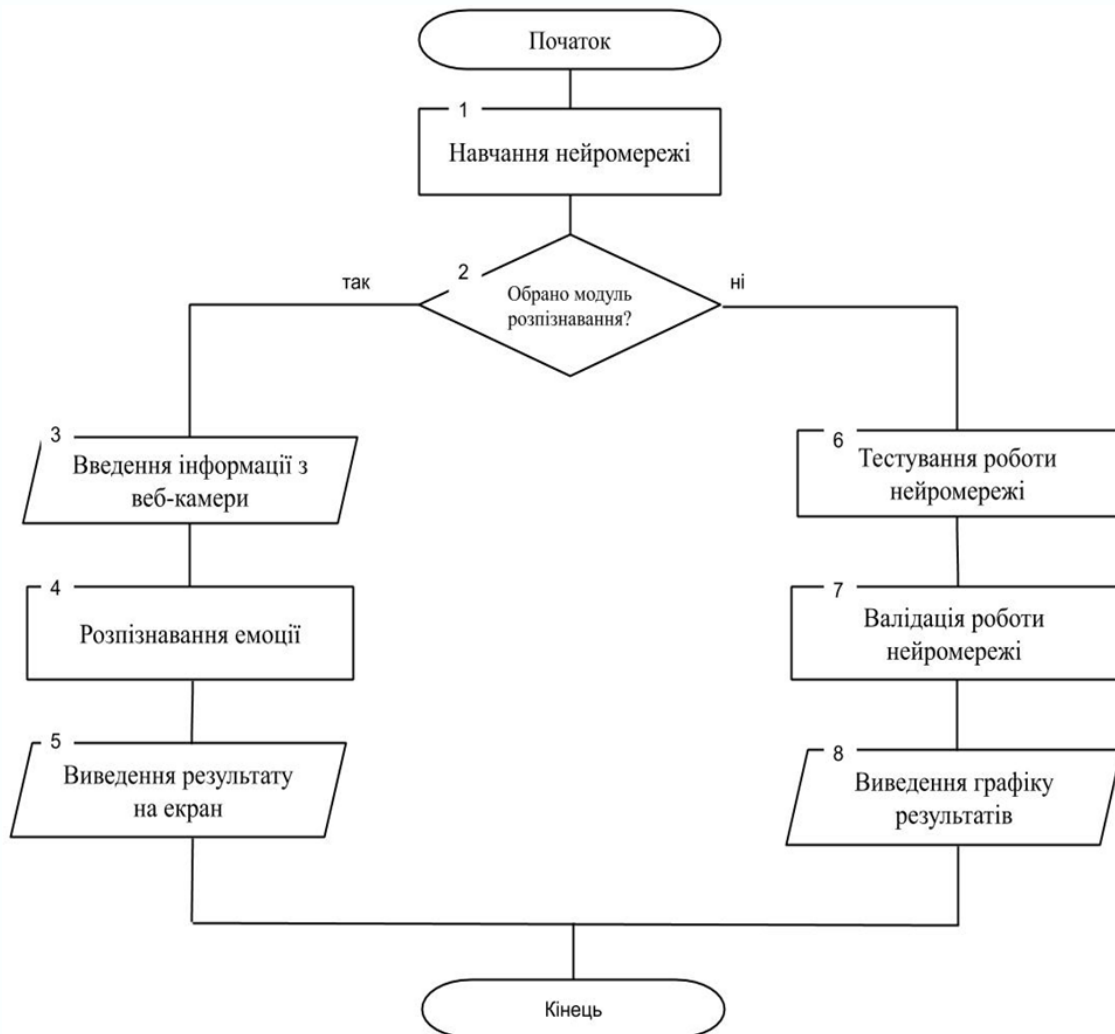
Структуру інформаційної технології розпізнавання емоцій людини наведено на рис. 4.

Програмний блок інформаційної технології системи розпізнавання емоцій складається з трьох основних модулів – навчання нейронної мережі, розпізнавання емоцій людини, тестування та валідації.

Модуль навчання нейронної мережі виконує функцію тренування нейронної мережі на заданому наборі даних – фотографій із зображеннями

обличчя людини. Оскільки для навчання використано метод навчання з учителем, набір даних містить інформацію про правильний результат розпізнавання. Нейронна мережа, яка на початку тренування заповнена випадковими значеннями ваг, корелює їх величини залежно від значень, які потрібні для досягнення правильного результату.

Другим модулем, який виконує основну функцію інформаційної системи є модуль розпізнавання емоцій людини. У модулі розпізнавання система передбачає використання веб-камери. В отриманому зображенні розпізнає обличчя людей та визначає їх кількість методом каскаду Хаара. Після цього виділяються ознаки емоції, на основі яких і класифікується емоція. Зображення з веб-камери виводиться на екран із окресленим контуром обличчя та назвою розпізнаної на ньому емоції. Розпізнавання виконується у неперервному відеопотоці.

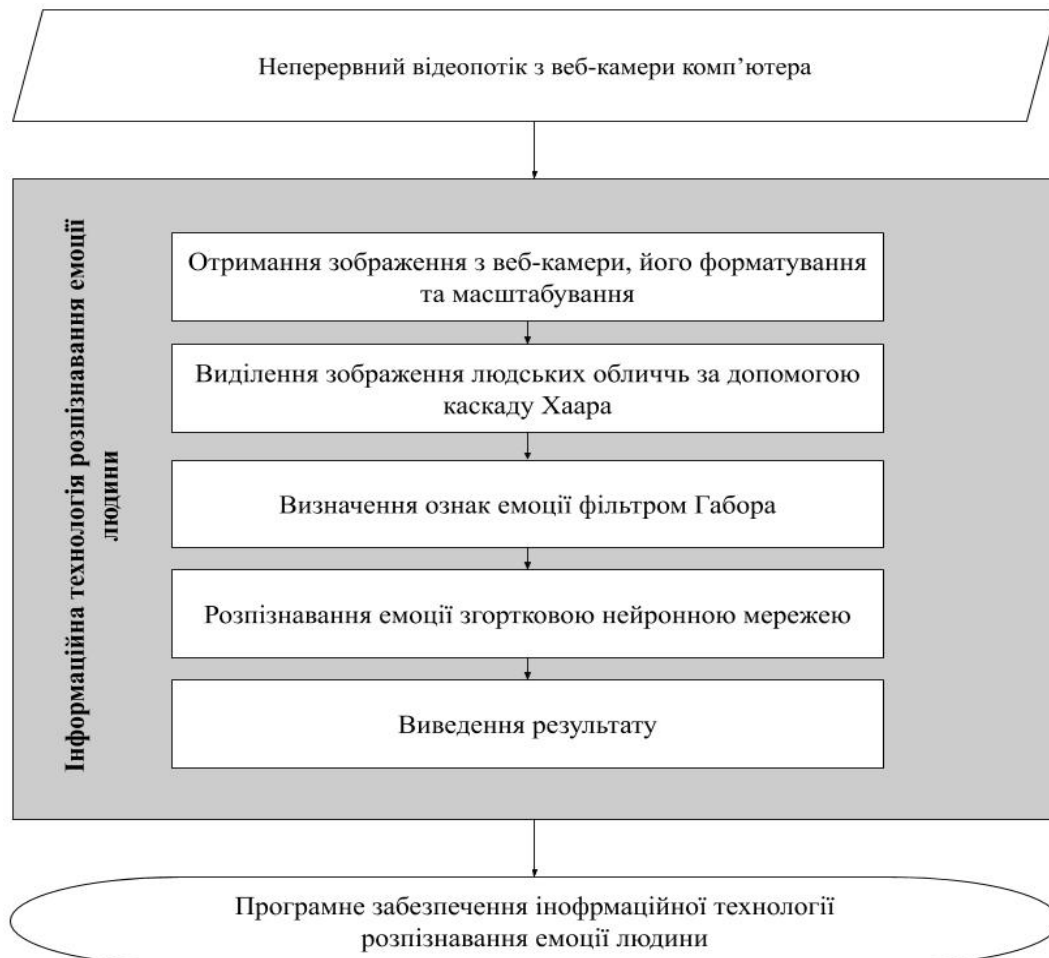


*Рис. 3 Загальний алгоритм роботи системи розпізнавання емоцій людини*

Результат роботи другого модуля підтверджує практичну доцільність розробки інформаційної технології для розпізнавання емоцій людини.

Модуль тестування та валідації використовується для підтвердження наукової доцільності розробки інформаційної системи для розпізнавання емоцій людини. Для тестування використовується набір даних для навчання із відформатованими зображеннями. Програмний додаток розпізнає емоції, після чого результат порівнюється із набором даних, який містить інформацію про правильний результат розпізнавання. Результат порівняння зберігається як правильний, якщо емоцію розпізнано правильно, і помилковий, якщо емоцію розпізнано не правильно.

Для валідації використовується набір даних із невідформатованими зображеннями (це можуть бути зображення з довільним розширенням, із присутніми на них шумами та іншими завадами). Програмний додаток розпізнає емоції на невідформатованому зображенні, а також порівнює результат з набором даних, який містить інформацію про правильний результат розпізнавання. Далі отриманий результат порівняння, зберігається як правильний, або ні.



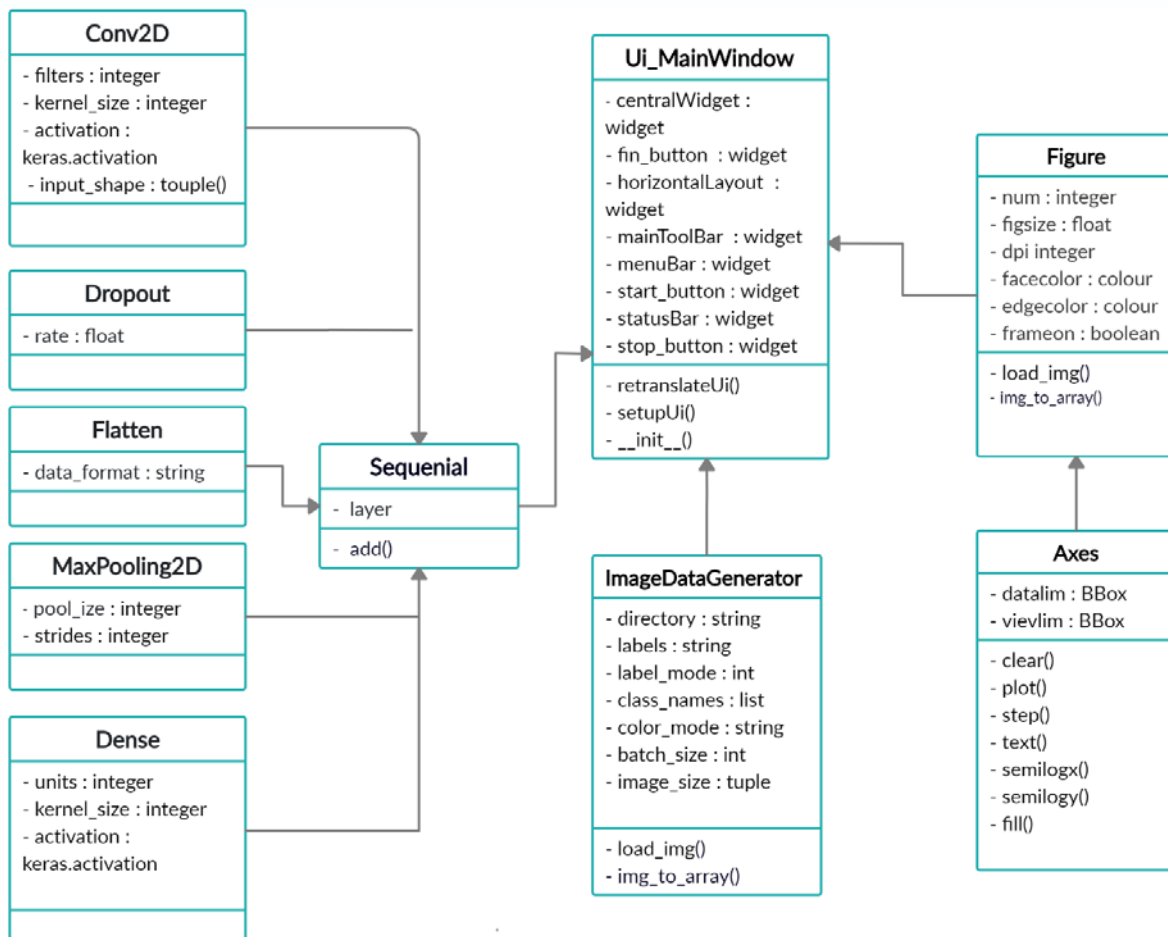
*Рис. 4 Структура інформаційної технології розпізнавання емоцій людини*

Після проведення тестування і валідації на основі збережених даних будується графік із порівнянням результатів даних операцій. Графік виводиться на екран і зберігається у відповідній папці із програмою.

Для проектування інформаційної системи було використано об'єктно-орієнтовану парадигму програмування. Розроблена архітектура класів відображає загальну архітектуру програми.

UML – діаграму класів програмного забезпечення наведено на рис. 5.

Conv2D – клас, що використовується для роботи двовимірного згорткового шару. Останній описує ядро згортки, що спільно з входом шару створює тензор вихідних даних. Використовуючи цей шар як перший у моделі, вказується аргумент ключового слова `input_shape` (кортеж цілих чисел, не включає вісь зразка), наприклад `input_shape = (128, 128, 3)` для  $128 \times 128$  RGB-зображень.



*Рис. 5 UML-діаграма класів програмного засобу розпізнавання емоцій людини*

DropOut – клас, що застосовується для опису шару випадіння. Останній вирішує проблему перенавчання нейронної мережі. Рівень випадіння



випадково встановлює вхідні значення ваг на 0 із частотою  $rate$  на кожному кроці під час навчання, що допомагає запобігти перенавчанню нейронної мережі. Входи, не встановлені у 0, масштабуються на  $1/(1-rate)$  таким чином, що сума по усіх входах залишається незмінною.

`Dense` – клас що описує повнозв'язний шар нейронної мережі. Він реалізує операцію: `activation(dot(input, kernel))`, де `activation` – це функція активації, передана як аргумент активації, `kernel` – це матриця ваг, створена шаром, а `dot` – функція добутку вхідної (`input`) матриці на `kernel`.

`Flatten` – клас, що описує шар для перетворення шару у плоский шар. Плоский шар – шар, де видалені усі виміри окрім одного.

`MaxPooling2` – клас, що описує шар дискретизації на основі вибірки. Мета – зменшити вибірку вхідного представлення (зображення, вихідну матрицю прихованого шару тощо). Зменшивши його розмірність і зробивши припущення щодо властивостей які містяться в обраних субрегіонах зображення. Працює на основі вибору максимального значення з підвибірки розміром `pool_size`. За замовчуванням підвибірка зсувається без перекриття.

`Sequential` – клас, що описує модель використовуваної згорткової нейронної мережі. Модель нейронної мережі описує архітектуру та конфігурацію, а також використовує алгоритми навчання. Метод `add()` додає до моделі один із шарів, описаних класом, що наведені вище.

`Axes` – клас осей для побудови графіку. Містить опис більшості елементів фігури: вісь, крапку, лінію, текст, багатокутник тощо та встановлює систему координат. А екземпляри `Axes` підтримують зворотні виклики через атрибут зворотних викликів. Метод `plot()` у модулі осей бібліотеки `matplotlib` викорис-товується для побудови графіків у по  $x$  як рядків та/або маркерів. Метод `clean()` очищує графік, `step()` продовжує лінію у точку з визначеними координатами, `semilogx` і `semilogy()` задають властивості осей координат відповідно.

`Figure` – клас, що описує зовнішній контейнер для графіки `matplotlib`, що може містити кілька об'єктів `Axes`. Можна розглядати об'єкт `Figure` як такий, що схожий на ящик контейнера, який містить один або кілька об'єктів `Axes`. Під об'єктами `Axes`, у порядку ієрархії розташовані менші об'єкти, такі як індивідуальні лінії, позначки, легенди і текстові бокси. Практично кожен «елемент» діаграми – це власний маніпульований об'єкт Python (у т. ч. ярлики і позначки).

`ImageDataGenerator` – клас, що використовується з метою генерування зображень ознак емоції, для подальшого їх перетворення у ядро згортки. Властивість `Directory`: каталог, де знаходяться дані зображення `label` – назва зображення. `Color_mod` – один із «відтінків сірого», «`rgb`», «`rgba`». За

замовчуванням: `«rgb».batch_size`: Розмір пакетів даних. За замовчуванням: 32.  
`image_size` – параметр для зменшення розміру зображень після їх зчитування з носія. За замовчуванням  $256 \times 256$ . Оскільки конвеєр обробляє партії зображень, які повинні мати однаковий розмір, це повинно бути передбачено. Метод `load()` завантажує зображення в об'єкт, метод `img_to_array()` перетворює його у масив даних для подальшого використання у програмі, зокрема в якості вхідного шару нейронної мережі.

`GUIDesign` – клас, що відповідає за відображення головного меню програми і взаємодію з користувачем. Містить інформацію про графічний інтерфейс, зокрема про його віджети: кнопки, панелі.

Розроблені схеми роботи модулів та UML-діаграма класів забезпечують необхідні знання та алгоритми для розробки програмного модуля.

### **Реалізація програмного модуль інформаційної технології розпізнавання емоцій людини.**

На основі наведеної архітектури згорткової нейронної мережі типу *C* було розроблено програмний продукт на базі мови програмування Python, бібліотек NumPy, OpenCV, TensorFlow (Keras).

Python – інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня з динамічною семантикою є найбагатшою на бібліотеки нейронних мереж [10].

Keras – відкрита нейромережева бібліотека, написана мовою Python [11]. Вона здатна працювати поверх TensorFlow.

NumPy – бібліотека обчислень для Python із відкритим кодом [12].

OpenCV – бібліотека функцій та алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень і чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом [13].

Основний модуль цієї програми передбачає виконання таких етапів.

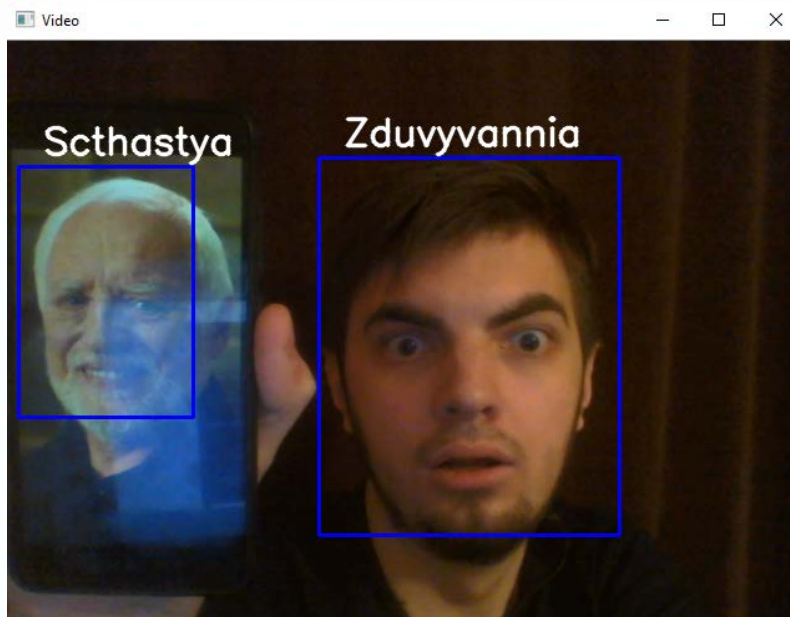
1. У кожному кадрі відеопотоку з веб-камери методом каскаду Хаара виділяється зображення людини [14].

2. Область зображення, що містить обличчя, зменшується до  $48 \times 48$  і передається на вхід згорткової нейронної мережі.

3. На виході нейронної мережі формується список балів для семи емоцій.

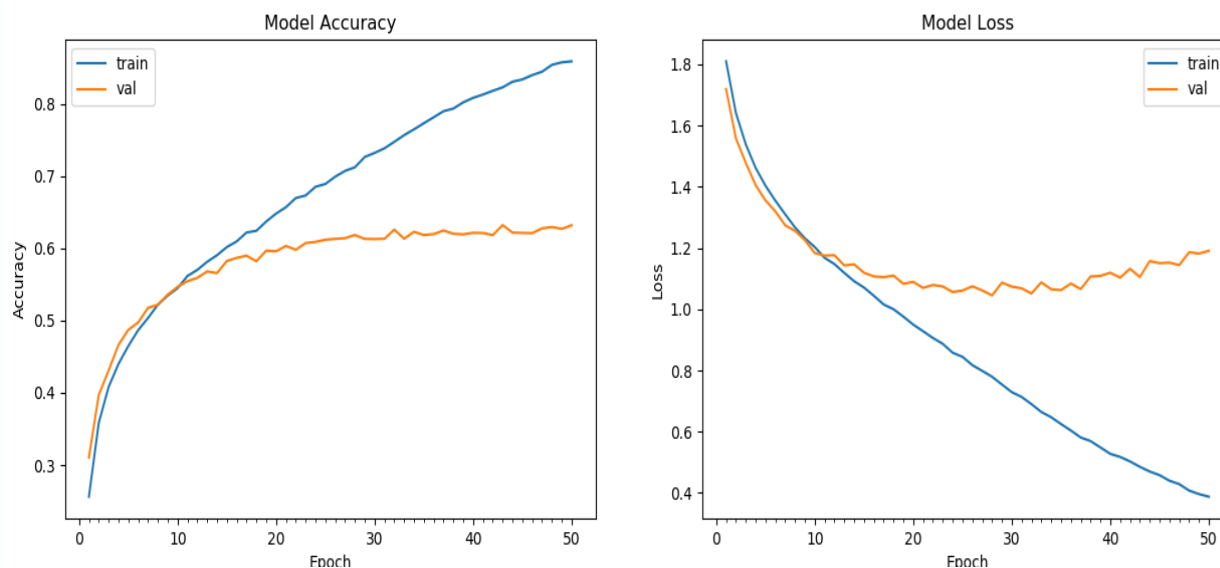
4. Визначається назва емоції, що отримала максимальний бал.

Приклад скріншоту з результатами роботи розробленого програмного продукту наведено на рис. 6 [15, 16].



*Рис. 6* Результат роботи програмного продукту

**Тестування програмного продукту та аналіз отриманих результатів.** Для дослідження отриманих результатів, було розроблено модуль візуалізації історії тестування нейронної мережі у процесі навчання. У процесі навчання і автоматичного тестування після кожної епохи зберігається результат тестування. Таким чином, аби відобразити залежність кількості правильних результатів розпізнавання емоцій (точності, Accuracy) відносно до кількості епох (Epoch), які зменшують швидкодню побудовано графік Model Accuracy (рис. 7).



*Рис. 7* Результат тестування та валідації запропонованої нейронної мережі

Тестування здійснювалося на двох наборах даних: відформатований для навчання тестовий набір із приблизно 29000 зображень певного формату (train), а також набір із більше ніж 7000 фотографій довільного формату (val). На графіку Model Loss (рис. 7) наведено залежність помилкового розпізнання від кількості епох на тих самих наборах даних [15, 16].

За допомогою загортової нейронної мережі типу *C* точність тестування у процесі навчання досягала близько 90%, а у процесі валідації на невідформатованих зображеннях різної роздільної здатності досягала приблизно 64% за 50 епох. Отже, результат розробки довів доцільність використання згортової нейронної мережі типу *C* із застосуванням додаткового проміжного згортового шару в процесі розпізнання емоцій людини.

**Висновки.** Проаналізовано основні варіанти архітектур згорткових нейронних мереж та доведено доцільність використання глибокої згортової нейронної мережі для розв'язання задачі розпізнання емоцій людини. На відміну від існуючих архітектурних рішень згорткових нейронних мереж для розпізнавання емоцій запропоновано застосувати додатковий проміжний згортковий шар, який дозволяє знизити вимоги до потужності обчислювальних ресурсів без вагомих втрат точності розпізнавання. На основі запропонованого рішення розроблено програмне забезпечення для розпізнавання емоцій людини, що дозволило отримати точність розпізнавання близько 90% на відформатованому наборі даних, та близько 64% у складних випадках (невідформатовані зображення довільної роздільної здатності).

#### Література:

1. Зінов'єв Є. В., Арсенюк І. Р. Дослідження методів розпізнавання емоцій за допомогою нейронних мереж. *XLIX науково-технічної конференції факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії. Вінниця: ВНТУ, 2020.* Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/8981/7750>
2. Y. Lv, Z. Feng, and C. Xu. Facial expression recognition via deep learning. In *Smart Computing (SMARTCOMP). IEEE, 2014. International Conference*, P.303–308.
3. T. Ahsan, T. Jabid, and U.-P. Chong. Facial expression recognition using local transitional pattern on gabor filtered facial images. *IETE Technical Review*, 2013, 30(1). P. 47–52.
4. A. Gudi. Recognizing semantic features in faces using deep learning. *University of Amsterdam*, 2014. 68 p.
5. Яровий А. А. Розпізнавання мімічних мікровиразів обличчя людини на основі Time Delay Neural Network/ Яровий А. А., Кашубін С. Г., Кулик О. О., Липкань І. М. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки.* 2015. № 1. С. 122 – 126.
6. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. *Deep Learning. The MIT Press.* 2016. 800 p.
7. Krizhevsky and G. Hinton. Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images, 2009. 60 p. Retrieved from <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/learning-features-2009-TR.pdf>
8. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems 25 (NIPS 2012)*. P. 1097–1105.

9. Ekman, P., & Friesen, W. V. Constants Across Cultures in the Face and Emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1971, 17(2). P. 124–129.
10. Jake Vander Plas. Python Data Science Handbook: Essential Tools for Working with Data 1st Edition. *O'Reilly*. 2017. 548 p.
11. This Is What Makes Keras Different, According To Its Author. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/quora/2016/08/25/this-is-what-makes-keras-different-according-to-its-author/?sh=341957d566cf>
12. NumPy Tutorial. Retrieved from <https://www.tutorialspoint.com/numpy/index.htm>
13. OpenCV - Open Computer Vision Library. Retrieved from <https://opencv.org/>
14. Karungaru, S. Human Face Detection In Visual Scenes Using Neural Networks/ S. Karungaru, M. Fukumi, N. Akamatsu. *T. IEE Japan*, Vol. 122-C, № 6, 2002. P. 995-1000. Retrieved from [https://www.iee.or.jp/trans/pdf/2002/0206C\\_995.pdf](https://www.iee.or.jp/trans/pdf/2002/0206C_995.pdf)
15. Зінов'єв Є. В., Арсенюк І. Р. Розпізнавання емоцій людини за допомогою згорткової нейронної мережі. *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції "Інтернет-Освіта-Наука" (ІОН-2020). Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 202 – 206.*
16. Арсенюк І. Р., Зінов'єв Є. В. Комп'ютерна програма «Нейромережевий модуль розпізнавання емоцій людини»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 100766 Україна/ І. Р. Арсенюк, Є. В. Зінов'єв; Міністерство освіти і науки України, Державний департамент інтелектуальної власності, дата реєстрації 20.11.2020. 1 с.

### References:

1. Zinoviev Ye. V., Arseniuk I. R. (2020). Doslidzhennia metodiv rozpoznavannia emotsii za dopomohoiu neuronnykh merezh [Research of emotion recognition methods using neural networks]. *XLIX nauково-tekhnichnoi konferentsiyi fakul'tetu informatsiynykh tekhnolohiy ta komp'yuternoyi inzheneriyi - XLIX scientific and technical conference of the Faculty of Information Technologies and Computer Engineering*. Vinnytsya: VNTU. Retrieved from <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/8981/7750> [in Ukrainian].
2. Y. Lv, Z. Feng, and C. Xu. (2014). Facial expression recognition via deep learning. In *Smart Computing (SMARTCOMP). IEEE. International Conference on*, 303–308.
3. T. Ahsan, T. Jabid, and U.-P. Chong. (2013). Facial expression recognition using local transitional pattern on gabor filtered facial images. *IETE Technical Review*, 30(1). 47–52.
4. Gudi. (2014). Recognizing semantic features in faces using deep learning. *University of Amsterdam*.
5. Yarovyi A. A., Kashubin S. H., Kulyk O. O., Lypkan I. M. (2015). Rozpoznavannia mimichnykh mikrovyraziv oblychchia liudyny na osnovi Time Delay Neural Network [Recognition of mimic microexpressions of the human face based on Time Delay Neural Network]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky - Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 1, 122 – 126 [in Ukrainian].
6. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. (2016). Deep Learning. *The MIT Press*.
7. Krizhevsky and G. Hinton. (2009). Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images. Retrieved from <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/learning-features-2009-TR.pdf>
8. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton. (NIPS 2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *In Advances in Neural Information Processing Systems*. 1097–1105.
9. Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants Across Cultures in the Face and Emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124–129.
10. Jake Vander Plas. (2017) Python Data Science Handbook: Essential Tools for Working with Data 1st Edition. *O'Reilly*.

11. This Is What Makes Keras Different, According To Its Author. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/quora/2016/08/25/this-is-what-makes-keras-different-according-to-its-author/?sh=341957d566cf>
12. NumPy Tutorial. Retrieved from <https://www.tutorialspoint.com/numpy/index.htm>
13. OpenCV – Open Computer Vision Library. Retrieved from <https://opencv.org/>
14. S. Karungaru, M. Fukumi, N. Akamatsu. (2002). Human Face Detection In Visual Scenes Using Neural Networks. T. *IEE Japan*, 122-C, 6, 995-1000. Retrieved from [https://www.iee.or.jp/trans/pdf/2002/0206C\\_995.pdf](https://www.iee.or.jp/trans/pdf/2002/0206C_995.pdf)
15. Zinoviev Ye. V., Arsenyuk I. R. (2020). Rozpiznavannya emotsiy lyudyny za dopomohoyu zhortkovoyi neyronnoyi merezhi [Recognition of human emotions using a convolutional neural network]. Zinoviev Ye. V. (Eds.), *Internet-Osvita-Nauka - Internet-Education-Science: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference*. (pp. 202 – 206). Vinnytsya: VNTU [in Ukrainian].
16. Arseniuk I. R., Zinov`iev Ye. V. Kompiuterna prohrama «Neiromerezhevyi modul rozpiznannya emotsii lyudyny»: svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 100766 Ukraina. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, Derzhavnyi departament intelektualnoi vlasnosti, data reiestratsii 20.11.2020 [Computer Program "Neural Network Module for Recognition of Human Emotions": certificate of copyright registration for the work No. 100766 Ukraine; Ministry of Education and Science of Ukraine, State Department of Intellectual Property, registration date 11/20/2020], 1 [in Ukrainian].

# Журнал

## **«Наука і техніка сьогодні»**

*(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,  
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)*

**Випуск № 3(31) 2024**

Видавець:

Громадська наукова організація «Всеукраїнська асамблея докторів наук з державного управління»  
Свідоцтво серія ДК №4957 від 18.08.2015 р., Андріївський узвіз, буд.11, оф 68, м. Київ, 04070.