

Scientific journal

ITSYNERGY

2022

Issue 1 (2)

Науковий журнал

ITSYNERGY

2022

Випуск 1 (2)

SCIENTIFIC JOURNAL IT SYNERGY

Published since 2021 year

Two time a year

UDC 004

Kyiv, 2022, Issue 1 (2)

Establishers: Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University

CrossRef: <http://doi.org/10.53920/ITS>

The journal publishes the results of scientific research in the following specialties:
121 Software engineering; 122 Computer science; 125 Cyber security;
172 Telecommunications and radio engineering.

Editors: **Artem Moskalenko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (Kyiv, Ukraine)

Editor board:

Olena Hrybiuk, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Kyiv, Ukraine)

Serhii Ivko, Candidate of Technical Sciences (Poltava, Ukraine)

Oleksandr Makoveichuk, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (Kyiv, Ukraine)

Oleg Odarushchenko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (Kyiv, Ukraine)

Galina Sokol, Candidate of Technical Sciences (Kharkiv, Ukraine)

Technical editor: **Olha Brazhnikova**

Recommended for publication by the decision of the Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University (Ukraine), protocol № 06/21-22 from 19.05.2022

Editorial board address: Scientific journal «IT SYNERGY», Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University, provulok Magnitogorskyy, 3, Kyiv, 02094, Ukraine

☎: (095) 945-77-80

e-mail: journal@istu.edu.ua

web: <http://its.istu.edu.ua>

Registered by the Ministry of Justice of Ukraine Certificate of state registration of the print media Series KB № 24967-14907P dated 20.09.2021

© Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ IT SYNERGY

Засновано у червні 2021 року

Виходить 2 рази на рік

УДК 004

Київ, 2022, Випуск 1 (2)

Засновник: Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»

CrossRef: <http://doi.org/10.53920/ITS>

У журналі публікуються результати наукових пошуків зі спеціальностей:
121 Інженерія програмного забезпечення; 122 Комп'ютерні науки; 125 Кібербезпека;
172 Телекомунікації та радіотехніка.

Головний редактор: **Артем Олексійович Москаленко**, кандидат технічних наук, доцент, ЗВО «МНТУ» (Київ, Україна)

Редакційна колегія:

Олена Олександрівна Гриб'юк, кандидат педагогічних наук, доцент (Київ, Україна)

Сергій Олександрович Івко, кандидат технічних наук (Полтава, Україна)

Олександр Миколайович Маковейчук, доктор технічних наук, доцент (Київ, Україна)

Олег Миколайович Одарущенко, доктор технічних наук, доцент (Київ, Україна)

Галина Вікторівна Сокол, кандидат технічних наук (Харків, Україна)

Технічний редактор: **Ольга Ігорівна Бражнікова**

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ЗВО «МНТУ»,
протокол № 06/21-22 від 19.05.2022

Адреса редакції: Науковий журнал «IT SYNERGY», ЗВО «МНТУ»,
провулок Магнітогорський, 3, м. Київ, 02094, Україна

телефон: (095) 945-77-80 **e-mail:** journal@istu.edu.ua **web:** <http://its.istu.edu.ua>

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 24967-14907Р від 20 вересня 2021 року

ЗМІСТ

*Ірина Анатоліївна ГЕТЬМАН,
Марина Анатоліївна ДЕРЖЕВЕЦЬКА,
Тетяна Володимирівна БАУЛІНА,
Тамара Василівна КУХТІК,
Тетяна Юріївна СОЛОМКО*

**ПРОЕКТ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ
ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН 6**

*Ірина Анатоліївна ГЕТЬМАН,
Марина Анатоліївна ДЕРЖЕВЕЦЬКА,
Тетяна Володимирівна БАУЛІНА,
Тамара Василівна КУХТІК,
Микита Сергійович ЖУКОВ*

**РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ
ДЛЯ КОРИГУВАННЯ ВАГИ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ
ДІАБЕТ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ
МЕРЕЖІ З ЛОГІСТИЧНОЮ РЕГРЕСІЄЮ 26**

*Олександр Миколайович МАКОВЕЙЧУК,
Роман Романович ЗАНФІРОВ,
Анатолій Валерійович НАУМЕНКО,
Олександр Олександрович ГАЙОВИЙ,
Володимир Андрійович ВИЯСНІВСЬКИЙ*

**ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ
МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ НОМІНАЛУ БАНКНОТ 47**

*Євгенія Василівна ОСТРОПОЛЬСЬКА,
Данило Олегович БЕРЕЗОВСЬКИЙ,
Олена Станіславівна ХОРОШАЙЛО*

**ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ
ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОЇ
ФОРМИ НАВЧАННЯ 63**

CONTENTS

<i>Iryna GETMAN,</i> <i>Maryna DERZHEVETSKA,</i> <i>Tetyana BAULINA,</i> <i>Tamara KUKHTYK,</i> <i>Tetiana SOLOMKO</i>	
PROJECT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR THE IMPLEMENTATION OF AN APPLICATION FOR THE IDENTIFICATION OF MEDICINAL PLANTS.....	6
<i>Iryna GETMAN,</i> <i>Maryna DERZHEVETSKA,</i> <i>Tetyana BAULINA,</i> <i>Tamara KUKHTYK,</i> <i>Mykyta ZHUKOV</i>	
DEVELOPMENT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR CORRECTING THE WEIGHT OF DIABETES PATIENTS BASED ON THE USE OF A NEURAL NETWORK WITH LOGISTIC REGRESSION.....	26
<i>Oleksandr MAKOVEICHUK,</i> <i>Roman ZANFIROV,</i> <i>Oleksandr HAIOVYI,</i> <i>Anatoliy NAUMENKO,</i> <i>Volodymyr VYIASNIVSKYI</i>	
AN EXAMPLE OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNIZING THE DENOMINATION OF BANKNOTES	47
<i>Yevheniia OSTROPOLSKA,</i> <i>Danylo BEREZOVSKYI,</i> <i>Olena KHOROSHAILO</i>	
INNOVATIVE METHODS OF TRAINING STUDENTS OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN THE CONTEXT OF DISTANCE LEARNING	63

УДК 004:4'2

DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2022-1-1>

Ірина Анатоліївна ГЕТЬМАН,

к.т.н., доцент, (доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій Донбаської державної машинобудівної академії)

ORCID ID: 0000-0003-1835-4256

Марина Анатоліївна ДЕРЖЕВЕЦЬКА,

к.е.н. (викладач кафедри медичної фізики та інформаційних технологій Донецького національного медичного університету)

ORCID ID: 0000-0002-9952-4992

Тетяна Володимирівна БАУЛІНА,

д-р е.н., професор, (професор кафедри менеджменту Міжнародного науково-технічного університету

ім. академіка Ю. Бугая)

ORCID ID: 0000-0002-0110-849X

Тамара Василівна КУХТІК,

д-р т.н., професор, (професор кафедри комп'ютерних наук Міжнародного науково-технічного університету

ім. академіка Ю. Бугая) ORCID ID: 0000-0002-2000-3669

Тетяна Юріївна СОЛОМКО,

к.т.н., доцент, (доцент кафедри цифрових технологій, менеджменту та адміністративного управління Донбаського інституту техніки та менеджменту)

ORCID ID: 0000-0002-3029-7920

ПРОЕКТ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

Розроблено програмний продукт призначений для поліпшення пошуку необхідних рослин та зменшення непередбачуваних випадків при використанні неправильних лікарських рослин. Зроблені аналізи існуючих аналогів, розглянути їх недоліки. За допомогою експертного оцінювання було обрано мову програмування, програмний продукт та нейронну мережу. Спроектвана базова архітектура та діяльність власного продукту. За допомогою методів проектування SADT було спроектоване базовий принцип роботи системи, який містить ідентифікацію лікарських рослин по зображенню. Структурована діаграма прецедентів, яка відображає систему ідентифікації лікарських рослин по зображенню. Побудовано діаграму послідовностей, яка містить систе-

му ідентифікації лікарських рослини по зображенню. Для побудови нейронної мережі використано 60 видів рослин – 38815 зображення, що надає чітку ідентифікацію, яка захистить людину від небезпечних помилок при використанні лікувальних рослин.

У даній роботі розглянуті такі завдання, як ідифікація і розпізнавання образів, в конкретному випадку образів рослин по фотографії. Створення архітектури на основі InceptionV3, для створення моделі переднавченої нейронної мережі. Класифікатор зображень рослин на основі переднавченої нейронної мережі. Зображення в навчальній мережі було поділено на категорії в залежності від частини рослини, зображеного на них: Entire (рослина цілком), Branch (гілка), Flower (квітка), Fruit (фрукт, або ягода), LeafScan (скан листа), Leaf (листя), Stem (стебло). Для кожної з цих категорій підібрано свій найбільш відповідний метод попередньої обробки. Навчено мережу в цілому за використанням аугментації та бібліотеки Imgaug. Для аугментації обиралися ті перетворення, які відбуваються в реальному житті. Використано топ-метрики для вимірювання здатності моделі видавати справжній клас рослини в списку найбільш вірогідних класів.

Ключові слова: лікувальні рослини, ідентифікація, генератор зображень, нормалізація, нейрона мережа, розпізнавання образів.

Iryna GETMAN,

Candidate of Technical Sciences, Docent

Maryna DERZHEVETSKA,

Candidate of Economic Sciences

Tetyana BAULINA,

Doctor of of Economic Sciences, Professor

Tamara KUKHTYK,

Doctor of of Technical Sciences, Professor

Tetiana SOLOMKO,

Candidate of Technical Sciences, Docent

PROJECT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR THE IMPLEMENTATION OF AN APPLICATION FOR THE IDENTIFICATION OF MEDICINAL PLANTS

A software product has been developed designed to improve the search for necessary plants and reduce unforeseen cases when using the wrong medicinal plants. Analyzes of existing analogues have been

made, and their shortcomings have been considered. A programming language, a software product, and a neural network were selected with the help of expert evaluation. The basic architecture and activities of the own product have been designed. With the help of SADT design methods, the basic principle of the system was designed, which includes the identification of medicinal plants by image. Structured chart of precedents, which reflects the system of identification of medicinal plants by image. A sequence diagram has been constructed, which contains a system for identifying medicinal plants by image. To build a neural network, 60 types of plants were used - 38,815 images, which provide a clear identification that will protect people from dangerous mistakes when using medicinal plants. In this work, such tasks as identification and recognition of images, in the specific case of images of plants from photographs, are considered. Creation of an architecture based on InceptionV3, to create a model of a pre-trained neural network. A plant image classifier based on a pre-trained neural network. The images in the learning network were divided into categories depending on the part of the plant depicted on them: Entire (plant as a whole), Branch, Flower, Fruit (fruit or berry), LeafScan, Leaf, Stem. For each of these categories, the most suitable method of pre-processing has been selected. Trained the network as a whole using augmentation and the Imgaug library. Those transformations that occur in real life were chosen for augmentation. Top-metrics were used to measure the ability of the model to give the true class of the plant in the list of the most probable classes.

Keywords: medicinal plants, identification, image generator, normalization, neural network, pattern recognition.

Постановка проблеми. За все своє існування, людство вивчало навколишній світ. І перше, що потрапило людині на очі – різноманітні рослини. Їх різновид – колір, розмір і структура були безмежні. Поступово людина почала куштувати рослини, це могло проявитися, як в гарному так і поганому ключі. Велика кількість людей помирала від отрути, або неправильного використання тих або інших рослин. Надалі люди вивчали флору, запам'ятовували та передавали знання із покоління в покоління, але це не давало 100% результату, що хтось не отруїться або не сплутає схожі між собою рослини. Людство розвивалося і зробило безліч записів, відкрило майже всі існуючі рослини, вивчило не одне покоління лікарів, але навіть і зараз деякі люди через неувважність, або дитя-

чу цікавість та необережність куштують або використовують і надалі отруєні або неправильні лікарські рослини в лікуванні певних захворювань або поранень.

Також зараз людство перейшло на новий рівень лікування, і майже ніколи, на пряму, не застосовує лікарські рослини, що підвищує витрати, бо сучасні ліки виробляються в лабораторіях за допомогою передових технологій. Їх доступність і надійність вища ніж у рослин, але нажаль не кожен може витратити стільки коштів. Також є захворювання, які не під силу сучасній медицині, або можуть визивати сильні побочні ефекти через вміст отруйних речовин. Лікарські рослини навпаки, вони не містять ні металів, ні неприродних речовин, що робить їх більш безпечними у правильному використанні.

Тому в наслідок останніх подій почали з'являтися різні ідентифікатори і розпізнавачі рослин. Більшість з них присутні на системі Android і невелика кількість на РС. Але навіть така кількість програм, не призводить до найкращого результату: більшість з них або погано працюють, або видають неточну інформацію, яка може нашкодити здоров'ю. Навіть пошукова система Google видає лише частково правильні відповіді при пошуку певної рослини. І найголовнішою помилкою є те, що такі програмні забезпечення дають можливість користувачам вносити свої неправильні та некоректні данні, які йдуть в нейронну мережу і формують помилки, які нажаль у великій кількості зображень – або довго шукають, або навіть залишають все як є.

Метою роботи є розробка мультиплатформеного програмного комплексу, який за використанням нейронної мережи виконує розпізнання лікувальних рослин з метою допомоги людям і їх огороження від отруйних і не бажаних у використанні або вживанні рослин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Головною частиною даного ідентифікатора є його набір зображень лікарських рослин. Після їх зібрання необхідно представити їх в такому виді, щоб ідентифікатор міг порівняти отримане зображення з тими що вже мають. Таким чином потрібно зробити нейронну мережу на основі розповсюдженої бібліотеки TensorFlow.

TensorFlow — відкрита програмна бібліотека для машинного навчання цілої низки задач, розроблена компанією Google для задоволення її потреб у системах, здатних будувати та тренувати нейронні мережі для виявлення та розшифровування образів та кореляцій, аналогічно до навчання й розуміння, які застосовують

люди [1]. Її наразі застосовують як для досліджень, так і для розробки продуктів Google.

Аугментація даних (data augmentation) – це методика створення додаткових навчальних даних з наявних даних. Для досягнення хороших результатів глибокі мережі повинні навчатися на дуже великому обсязі даних. Отже, якщо вихідний навчальний набір містить обмежену кількість зображень, необхідно виконати аугментацію, щоб поліпшити результати моделі [2]. На сьогоднішній день існує достатня кількість працюючих **ідентифікаторів рослин**. Розглянемо деякі з них.

Першим розглянемо непогану програму для Android «PlantSnap» (рис. 1) [3]. Цей додаток для ідентифікації рослин від Earth.com, який допомагає миттєво визначити будь-які рослини. У нього є карта місцевих рослин для допомоги в дослідженнях. Він працює на основі технології глибокого навчання і штучного інтелекту; це означає, що додаток дійсно поповнюється і вдосконалюється з кожним завантаженим зображенням. Він англомовний та платний.

Наступною програмою-ідентифікатором рослин, можна вважати «Flora Incognita» (рис. 2) [4]. Вона дозволяє швидко, легко і точно ідентифікувати рослини. Однак це тільки рослини Центральної Європи.

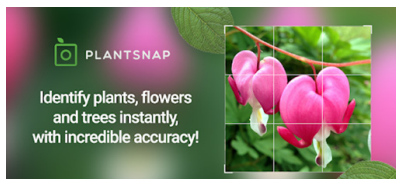


Рис. 1. PlantSnap

Джерело: [3]



Рис. 2. Flora Incognita

Джерело: [4]

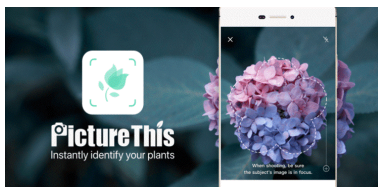


Рис. 3. PictureThis

Джерело: [5]

PictureThis - захоплюючий додаток для ідентифікації рослин (рис. 3) [5]. Він потребує відправки фотографії рослини для мит-

тевого і точного його визначення. Додаток об'єднує технології візуального розпізнавання і глибокого навчання, а так само використовує досвід і знання всієї мережі фахівців з садівництва і ботаніків. Однак він не може поповнюватися новими зображеннями і потребує часу для отримання результату ідентифікації.

Аналіз існуючих додатків-ідентифікаторів показав, що більшість безкоштовних додатків має невелику базу рослин, яку неможливо поповнити. Ті які можна поповнити не передбачені для використання на телефоні. При чому у даних ідентифікаторів велика помилка розпізнавань. Тому в нашій моделі є можливість подавати зображення, яке завантажуються з інтернету або фотокамери, а також на Android за допомогою камери телефону. На виході модель ідентифікації видає результат порівняння рослин, тобто найбільш можливий результат у відсотках. Користувач може самостійно передавати зображення для класифікації (сканування) для отримання результату.

Для використання завдання роботи треба вибрати програмну середу для його реалізації, тому необхідно провести їх експертну оцінку. Експертна оцінка визначається за формулою (1):

$$Q_i = \sum_{j=1}^N K_j * a_{ij}, i = \overline{1,3}, n = 7 \quad (1)$$

де Q_i – загальна оцінка програмного продукту; n – кількість критеріїв; K_j – ваговий коефіцієнт критерію; a_{ij} – оцінка i – того програмного засобу по j – тим критерієм.

Порівняння програмних продуктів (мови програмування) (за десятибальною шкалою) наведено у таблиці 1 [6–9].

Таблиця 1. Порівняння мови програмування

Найменування критерію	Python	C++	Java	K_j
Динамічна типізація	9	8	7	0,10
Підтримка нейронної мережі	9	6	5	0,10
Інтерпретатор	7	6	9	0,20
Багатоплатформеність	9	8	5	0,15
Підтримка ООП	7	9	9	0,20
Зручність підключення сторонніх модулів	8	8	7	0,10
Простота застосування	9	7	7	0,15

Як показав розрахунок, найбільш доцільно вибирати в якості мови програмування Python.

Порівняння засобів розробки (за десятибальною шкалою) наведено у таблиці 2 [10-11].

Таблиця 2. Порівняння програмних продуктів (засоби розробки)

Найменування критерію	Android Studio	Bazel	Appery.io	K_j
Динамічна типізація	8	7	6	0,10
Підтримка нейронної мережі	7	8	5	0,10
Інтерпретатор	9	7	8	0,20
Багатоплатформеність	8	7	6	0,15
Підтримка ООП	7	8	9	0,20
Зручність підключення сторонніх модулів	6	6	7	0,10
Простота застосування	9	8	6	0,15

Як показав розрахунок, найбільш доцільно вибирати в якості засобу розробки програмний продукт Android Studio.

Порівняння нейронних мереж (за десятибальною шкалою) наведено у таблиці 3 [12-14].

Таблиця 3. Порівняння нейронних мереж

Найменування критерію	TensorFlow	Keras	Torch	K_j
Підтримка реляційної моделі даних	7	9	6	0,2
Технологія створення нейронної мережі і об'єктів нейронної мережі	8	7	5	0,2
Можливість створення локальної нейронної мережі	9	8	7	0,1
Наявність вбудованої мови для розробки додатків	7	7	5	0,15
Підтримка стандарту SQL	7	6	9	0,1
Засоби для отримання звітів	7	8	3	0,1
Простота застосування	9	7	4	0,15

Як показав розрахунок, найбільш доцільно вибирати в якості нейронної мережі TensorFlow.

Отже, для реалізації ПК та Android «Система ідентифікації лікарських рослини по зображенню» можна використовувати програмні засоби Python, Android Studio и TensorFlow.

На рисунку 4 зображена контекстна SADT-діаграма нульового рівня для ідентифікатора в середовищі ПК та Android.

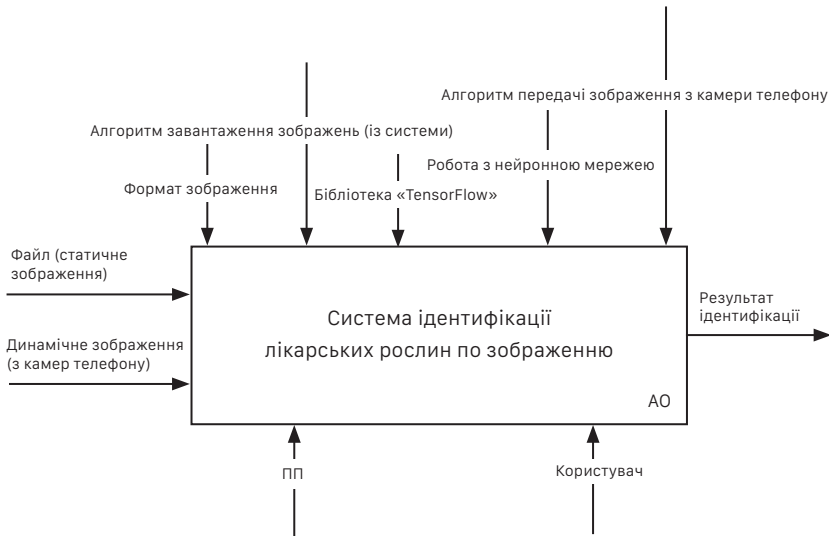


Рис. 4. Контекстна SADT-діаграма нульового рівня для процесу AO «Система ідентифікації лікарських рослини по зображенню»

Джерело: Розроблено авторами

На основі аналізу предметної області та виявлених вимог щодо розроблюваного програмного продукту розроблена діаграма прецедентів використання (рис. 5) та загальна схема використання ідентифікатора лікувальних рослин. Користувач запускає ПП та фокусує або завантажує зображення, в залежності від того запуск виконується на ПК або Android. Потім ПП відправляє зображення на класифікацію в ході якої надалі передаються данні для порівняння їх з нейронною мережею. Користувач має доступ до прецеденту: «Введення зображення», а Розробник до прецедентів «Робота нейронної мережі», «Сканування (Обробка сфотографованого зображення)», «Отримання результату (назви рослини і його лікувальних властивостей)».

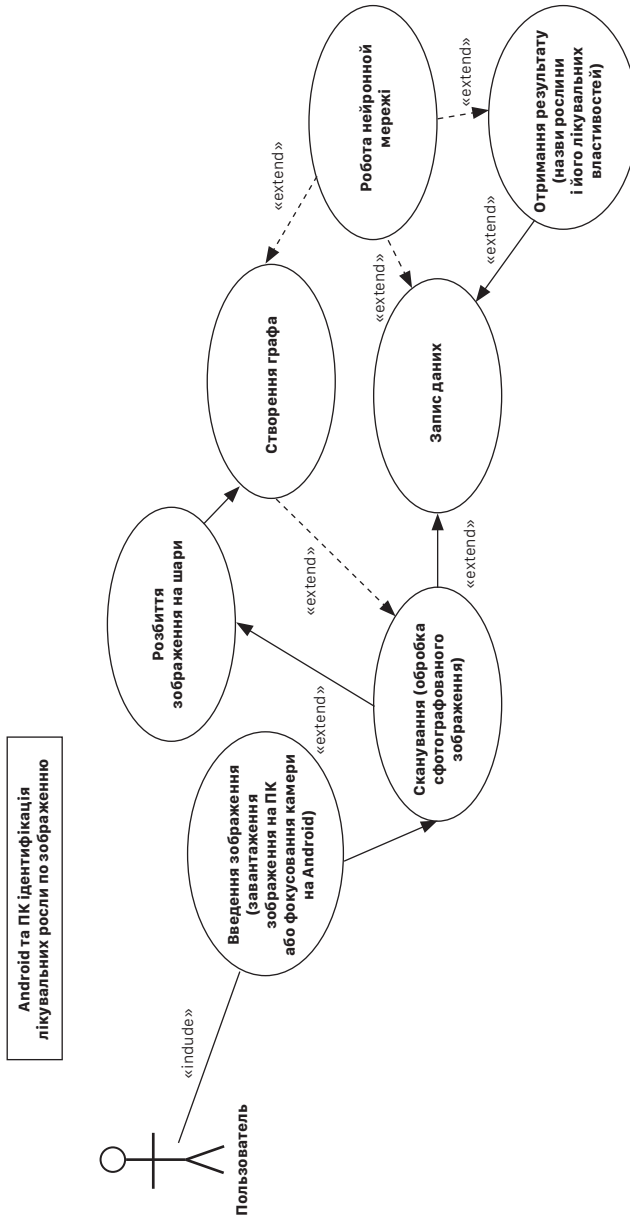


Рис. 5. Діаграма прецедентів ПК і Android «Система ідентифікації лікарських рослин по зображенню»

Джерело: Розроблено авторами

Діаграма послідовності для ПК та Android «Система ідентифікації лікарських рослини по зображенню» представлена на рисунку 6. Користувач робить вхід в клас «ПП», попадає в програму, де він повинен завантажити зображення на ПК, або сфокусувати зображення камерою телефону. Клас «Система завантаження зображення», або «CameraActivity: Система передачі зображення (камера)» вводить клас «Зображення», який передає інформацію о зображенні в динамічну пам'ять. Потім данні зображення потрапляють в клас «Класифікатор (сканер)» який розпізнає введені данні і на їх основі будує слої зображення, а потім граф, який записується в динамічну пам'ять. Надалі записаний граф знаходить до класу «Нейрона мережа», який порівнює існуючі графи зображень з введеним графом. Після того як користувач розташував усі вежі, починаються хвилі противників та їх взаємодія з вежами. Тобто йде звертання до класу «Противник». Останній клас «Ідентифікація зображення» робить аналіз на основі порівняння нейронної мережі і введеного в неї графа, і виводить у відсотках схожість введеного зображення. Таким чином користувач отримує інформацію о лікувальній рослині, яку сфотографував або знайшов в інтернеті, а також її застосування в лікуванні певних захворювання або травм.

Комп'ютерна реалізація розробленого ПК полягає в тому, щоб передбачити таксономічний клас рослини, рунтуючись на декількох його фотографіях.

Для навчання нейронної мережі використовувалося 38815 зображень рослин, кожне з яких належить до одного з класів. Необхідно було побудувати модель, яка буде повертати список найбільш ймовірних класів рослин. Позиція вірного класу рослин у списку передбачених класів (ранг) визначає якість системи.

Це завдання моделює реальний життєвий сценарій, де людина намагається ідентифікувати рослину, вивчаючи його окремі частини (стебло, лист, квітка та ін.)

Модель на вході отримує «спостереження» — одну найкращу фотографію, зроблену без зайвих об'єктів [15].

В якості базових архітектур були обрані VGG16, ResNet50 і InceptionV3. Ці мережі були натреновані на величезній кількості зображень і вже вміють розпізнавати найпростіші об'єкти, тому можна сподіватися, що вони допоможуть створити гідну модель для класифікації рослин.

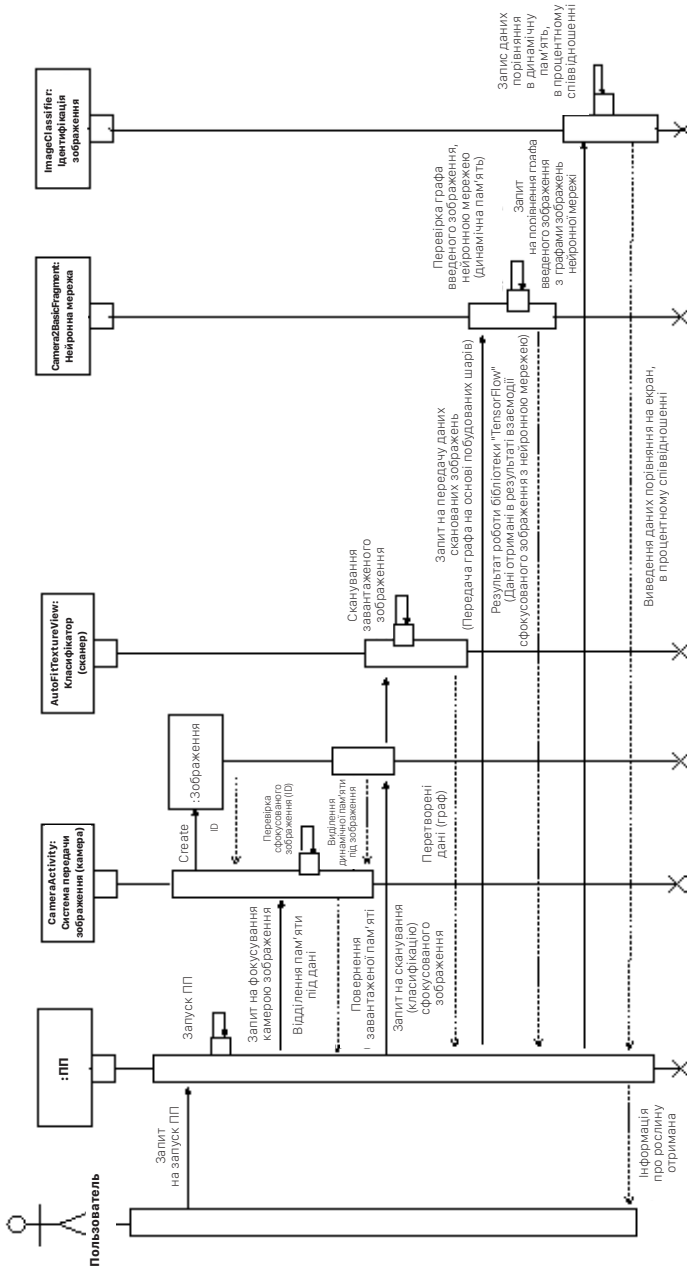


Рис. 6. Діаграма послідовностей ПК «Система ідентифікації лікарських рослин по зображенню»

Джерело: Розроблено авторами

Використовувалася модель Inception-v3, яку Google вже навчив на тисячі класів [16]. Також використовувалася transfer learning, який допомагає перенавчити фінальний шар вже навченої моделі Inception-v3 новим категоріям з нуля. Цей процес займає близько 30 хвилин і не вимагає будь-яких графічних процесорів. Навчання моделі на відкритій базі даних кольорів, яка є в TensorFlow і безкоштовна для скачування. Також використовувався Python 3 і TensorFlow 1.4 [1].

Tensorflow формуємо базу на основі репозиторію TensorFlow, потім створюємо скрипти для пошуку необхідної рослини. Для цього необхідна нейрона мережа лікарських рослин, яку за допомогою інтернету треба сформувати, і чим більше, тим краще.

Далі завантаживши базу лікарських рослин, в якій міститься 17 категорій: для горла; для очей; від жіночих захворювань; від інфекцій; для крові; для легких; від чоловічих захворювань; для зовнішніх травм; від захворювання нервів; для носа; для травлення; для нирок і сечового міхура; від психічних захворювань; для серця; для судин; для суглобів; для вуха.

Головна задача полягала в тому, щоб настроїти вже написану нейронну мережу, таким чином щоб вона здобула найкращу предобученість і могла ідентифікувати зображення без помилок.

Найважливішим етапом при реалізації програмного комплексу є препроцесинг зображень - попередня обробка зображень. Основною метою предобробки, в нашому випадку, є виявлення найбільш важливої частини зображення і видаленні непотрібного шуму.

Всі зображення в навчальній мережі можна розділити на категорії в залежності від частини рослини, зображеного на них: Entire (рослина цілком), Branch (гілка), Flower (квітка), Fruit (фрукт, або ягода), LeafScan (скан листа), Leaf (листя), Stem (стебло). Для кожної з цих категорій був підібраний свій найбільш відповідний метод попередньої обробки [17].

При обробки Entire і Branch зображень не треба їх змінювати, оскільки найчастіше велика частина зображення містить корисну інформацію, яку не треба втрачати (рис. 7,8).

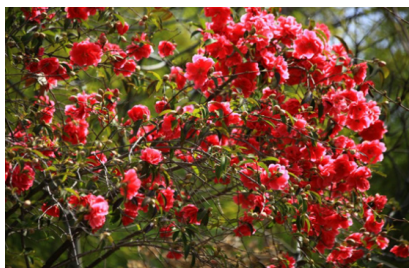


Рис. 7. Зображення рослини цілком, з усіма її елементами



Рис. 8. Обробка певної частини рослини – гілка

Джерело: Розроблено авторами

Для обробки Flower і Fruit зображень використовується один і той же метод: конвертуємо зображення в чорно-біле; застосуємо фільтр Гаусса з параметром $\alpha = 2.5$; використовуємо метод активних контурів для пошуку найбільш важливої частини зображення; описуємо прямокутник навколо кордону (рис. 9, 10).

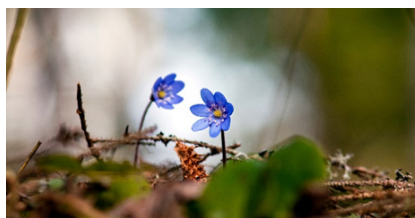


Рис. 9. Обробка певної частини рослини – квітка

Джерело: Розроблено авторами



Рис. 10. Обробка певної частини рослини – фрукт, або ягода

Джерело: Розроблено авторами

Переглянувши фотографії LeafScan, можна помітити, що в більшості випадків лист знаходиться на світлому фоні. Нормування зображення білим кольором: спершу конвертуємо зображення в чорно-біле і застосовуємо Otsu-метод, щоб розрахувати граничне значення; всі пікселі, значення яких менше порогового значення, фарбуємо в білий колір (рис. 11).



Рис. 11. Сканування листка рослини

Джерело: Розроблено авторами

Зазвичай в Leaf зображеннях лист знаходиться в центрі, а його контур трохи відступає від країв зображення. Для препроцесинга таких фото запровадяться наступні методи: вирізаємо по 1/10 зображення зліва, справа, знизу і зверху; конвертуємо зображення в чорно-біле; застосовуємо фільтр Гаусса з параметром $\alpha = 2$; використовуємо метод активних контурів, щоб порахувати кордон найбільш важливої області; описуємо прямокутник навколо отриманої межі (рис. 12).



Рис. 12. Обробка певної частини рослини – листок

Джерело: Розроблено авторами

Обробка Stem зображень наступна. Стебло зазвичай знаходиться в центрі зображення: видаляємо по полотнище частини зображення зліва, справа, знизу і зверху; конвертуємо зображення в чорно-біле; застосовуємо фільтр Гаусса з параметром $\sigma = 2$; використовуємо метод активних контурів, щоб порахувати кордон найбільш важливої області зображення; описуємо прямокутник навколо отриманої межі (рис. 13).



Рис. 13. Обробка певної частини рослини – стебло

Джерело: Розроблено авторами

На заключному кроці навчаємо мережу цілком. Тут можемо використовувати аугментацію. Але замість стандартного ImageDataGenerator з Keras використовується Imgaug — бібліотека, яка призначена для аугментирования зображень. Важливою особливістю Imgaug є те, що можна явно вказати, з якою ймовірністю перетворення має бути застосоване до зображення. Крім того, в цій бібліотеці є велика різноманітність перетворень, є можливість поєднувати перетворення в групи, і вибирати, яку з груп застосувати. Приклади можна знайти за посиланням вище [18].

Для аугментації вибираємо ті перетворення, які можуть відбуватися в реальному житті, наприклад, дзеркальне відображення фото (по горизонталі), повороти, збільшення, зашумлення, зміна яскравості і контрастності.

Розіб'ємо перетворення на кілька груп і застосовуватимемо кожну з них із заданою ймовірністю (у кожного може бути різна ймовірність). Потрібно аугментувати зображення у 80% випадках, тоді мережа зможе побачити і реальне зображення. З огляду на те, що навчання займає кількох десятків епох, є дуже великий шанс, що мережа побачить кожне зображення в оригіналі.

Ще один спосіб, який допоміг збільшити якість класифікатора передбачення на аугментованих даних (test-time augmentation, ТТА). Цей спосіб полягає в тому, щоб робити передбачення не тільки для зображень в тестовому наборі, але і для їх аугментації [19].

Наприклад, візьмемо п'ять найбільш реалістичних перетворень, застосуємо їх до зображень і отримаємо передбачення вже не для однієї картинки, а для шести. Після цього усереднім отриманий результат. Всі аугментовані зображення отримані в результаті одного перетворення (одне зображення — одне перетворення) (рис. 14).

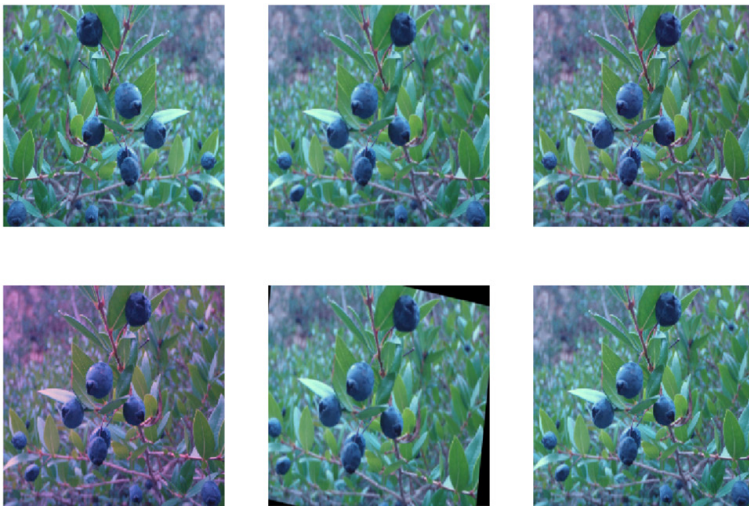


Рис. 14. Приклад аугментації на пророкуванні

Джерело: Розроблено авторами

Висновки та пропозиції. Використано 4 метрики: основну метрику, запропоновану авторами, а також 3 топ-метрики — Top 1, Top 3, Top 5. Топ-метрики, також як і основна, застосовуються до спостереження (набору фотографій з однаковим Observation Id), а не окремого зображення.

У процесі роботи об'єднано результати декількох моделей, щоб ще більше покращити якість класифікатора (всі моделі бралися з однаковою вагою). Останні три рядки в таблиці, показують кращі результати, отримані при об'єднанні моделей (табл. 4).

Таблиця 4. Порівняння ефективності моделей

Мо- дель	Мережа	Цільова метрика (rank)	Тop 1	Тop 3	Тop 5	Епохи	ТТА
1	VGG16	0.549490	0.454194	0.610442	0.665546	49	Ні
2	VGG16	0.553820	0.458732	0.612600	0.666996	49	Так
3	VGG19	0.559978	0.468980	0.620219	0.676396	62	Ні
4	VGG19	0.563019	0.470534	0.619303	0.682585	62	Так
5	ResNEt50	0.573424	0.489943	0.627836	0.688938	46	Ні
6	ResNEt50	0.581954	0.495962	0.638806	0.716630	46	Так
7	Inception V3	0.528063	0.495962	0.666928	0.723992	38	Ні
8	Inception V3	0.615734	0.535675	0.671392	0.721084	38	Так

Модель переможців змагання показала результат 0.471 по цільовій метриці. Вона являє собою поєднання статистичних методів і нейронної мережі, навченої лише на тих зображеннях рослин, які були надані організаторами.

Дана модель, яка в якості основи використовує перед навчену нейронну мережу InceptionV3, досягає результату 0.60785 по цільовій метриці, покращуючи результат переможців конкурсу на 29%.

При використанні аугментації на тестових даних, результат по цільовій метриці збільшується до 0.615734, але в той же час швидкість роботи моделі падає приблизно в 6 разів [18].

Можливо піти ще далі і об'єднати результати роботи декількох мереж. Такий підхід дозволяє домогтися результату 0.635100 за цільовою метриці, але при цьому швидкість дуже сильно падає, і в реальному житті така модель може знайти застосування лише там, де швидкість роботи не є ключовим чинником, наприклад, в різних дослідженнях в лабораторіях.

Існуючі моделі не завжди можуть вірно визначити клас рослина, в цьому корисно знати список з найбільш ймовірних видів рослини. Для того щоб виміряти здатність моделі видавати справжній клас рослини в списку найбільш вірогідних класів, використовується top-метрики. Наприклад, за метрикою Top 5 довчена мережа InceptionV3 показала результат 0.716630. Якщо ж об'єднати кілька моделей і застосувати ТТА, то можна поліпшити результат до 0.730051 [16].

ЛІТЕРАТУРА

1. Hello, TensorFlow! [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://www.oreilly.com/content/hello-tensorflow/>.
2. Аугментация данных [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/smartengines/blog/264677/>.
3. Flora Incognita [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://floraincognita.com/>.
4. PictureThis [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://www.picturethisai.com/>.
5. Ruder S. (2016) An overview of gradient descent optimisation algorithms <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.04747>.
6. The Making of Python [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://www.artima.com/intv/pythonP.html>.
7. Python 3.0 Release [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://www.python.org/download/releases/3.0/>.
8. Android Studio Overview [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>.
9. Кухтик Т. В., Гетьман І. А., Держевецька М. А. Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій експертного оцінювання результатів технологічного процесу. –Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова 3(481). 2020. – С.85-90.
10. Download Android Studio and SDK Tools [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://developer.android.com/studio>.
11. Credits [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://www.tensorflow.org/about>.
12. Google Offers Free Software in Bid to Gain an Edge in Machine Learning [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://bits.blogs.nytimes.com/2015/11/09/google-offers-free-software-in-bid-to-gain-an-edge-in-machine-learning/>.
13. Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://download.tensorflow.org/paper/whitepaper2015.pdf>.
14. Программа генерации тестовых изображений для программных комплексов обработки снимков металлографического анализа /Л.В. Васильева, И.А. Гетьман, С.К. Добряк// Наук. пр. Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, № 1(29) – Покровськ (Красноармійськ): ДонНТУ, 2016. – С. 39–46. – ISSN 2075-4272. [Електронний ресурс]: –

Режим доступу: https://science.donntu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/06/%D0%9E%D0%A2%D0%90_129_2016.pdf.

15. Оцінка зображення [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://www.imageclef.org/2014/lifeclef/plant>.

16. Inception-v3 модель [Електронний ресурс]]: – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/302242/>.

17. Попередня обробка зображень [Електронний ресурс]: – Режим доступу: https://ru.bmstu.wiki/предварительная_обработка_изображений.

18. Tensorflow [Електронний ресурс]]: – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/305578/>.

19. Класифікатор на основі нейронної мережі [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://mechanoid.kiev.ua/neural-net-art1.html>.

20. Л.В. Васильева, А.Ф. Тарасов, И.А. Гетьман. Разработка алгоритмического и программного обеспечения сегментации изображений / Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2016. № 3 (56) – С. 117–122. http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/pdf_full/2016/vottp-2016-3.pdf.

REFERENCES

1. „Hello, TensorFlow!”, available at: <https://www.oreilly.com/content/hello-tensorflow/> (Accessed 20 July 2022).

2. „Auhmentatsiia danykh” [Data augmentation], available at: <https://habr.com/ru/company/smartengines/blog/264677/> (Accessed 20 July 2022).

3. „Flora Incognita”, available at: <https://floraincognita.com/> (Accessed 21 July 2022).

4. „PictureThis”, available at: <https://www.picturethisai.com/> (Accessed 18 July 2022).

5. Ruder, S., (2016) „An overview of gradient descent optimisation algorithms”, available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.04747> (Accessed 20 July 2022).

6. „The Making of Python”, available at: <https://www.artima.com/intv/pythonP.html> (Accessed 20 July 2022).

7. „Python 3.0 Release”, available at: <https://www.python.org/download/releases/3.0/> (Accessed 22 July 2022).

8. „Android Studio Overview”, available at: <http://developer.android.com/tools/studio/index.html> (Accessed 22 July 2022).

9. Kukhtyk, T., Getman I., Derzhetska M., (2020), „Doslidzhennia metodiv, modelei ta informatsiinykh tekhnolohii ekspertnoho otsiniu-

vannia rezultativ tekhnolohichnoho protsesu" [Research of methods, models and information technologies of expert evaluation of technological process results].

10. „Download Android Studio and SDK Tools“, available at: <https://developer.android.com/studio> (Accessed 22 July 2022).

11. „Credits“, available at: <https://www.tensorflow.org/about> (Accessed 20 July 2022).

12. „Google Offers Free Software in Bid to Gain an Edge in Machine Learning“, available at: <https://bits.blogs.nytimes.com/2015/11/09/google-offers-free-software-in-bid-to-gain-an-edge-in-machine-learning/> (Accessed 19 July 2022).

13. „Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems“, available at: (Accessed 22 July 2022).

14. Vasilyeva, L., Getman, I., Dobriak, S., (2016), „Prohramma heneratsyyu testovykh yzobrazheniy dlia prohrammnykh kompleksov obrabotky snymkov metallohrayficheskoho analiza“ [The program for generating test images for software complexes for processing images of metallographic analysis], available at: https://science.donntu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/06/%D0%9E%D0%A2%D0%90_129_2016.pdf (Accessed 23 July 2022).

15. „Otsinka zobrazhennia“ [Image evaluation], available at: <https://www.imageclef.org/2014/lifeclef/plant> (Accessed 23 July 2022).

16. „Inception-v3 model“, available at: <https://habr.com/ru/post/302242/>.

17. „Poperednia obrobka zobrazhen“ [Pre-processing of images], available at: https://ru.bmstu.wiki/предварительная_обработка_изображений (Accessed 22 July 2022).

18. „Tensorflow“, available at: <https://habr.com/ru/post/305578/> (Accessed 21 July 2022).

19. „Poperednia obrobka zobrazhen“ [A classifier based on a neural network], available at: <http://mechanoid.kiev.ua/neural-net-art1.html> (Accessed 20 July 2022).

20. Vasilyeva, L., Tarasov, A., Getman, I., (2016), „Razrabotka alhorytmicheskoho y prohrammnoho obespecheniya sehmentatsyy yzobrazheniy“ [Development of algorithmic and image segmentation software], available at: http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/pdf_full/2016/vottp-2016-3.pdf (Accessed 20 July 2022).

СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 25.03.2022

УДК 004:4'2

DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2022-1-2>

Ірина Анатоліївна ГЕТЬМАН,

к.т.н., доцент, (доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій Донбаської державної машинобудівної академії)
ORCID ID: 0000-0003-1835-4256

Марина Анатоліївна ДЕРЖЕВЕЦЬКА,

к.е.н. (викладач кафедри медичної фізики та інформаційних технологій
Донецького національного медичного університету)
ORCID ID: 0000-0002-9952-4992

Тетяна Володимирівна БАУЛІНА,

д-р е.н., професор, (професор кафедри менеджменту
Міжнародного науково-технічного університету
ім. академіка Ю. Бугая)
ORCID ID: 0000-0002-0110-849X

Тамара Василівна КУХТІК,

д-р т.н., професор, (професор кафедри комп'ютерних наук
Міжнародного науково-технічного університету
ім. академіка Ю. Бугая)
ORCID ID: 0000-0002-2000-3669

Микита Сергійович ЖУКОВ,

(магістр кафедри комп'ютерних інформаційних технологій
Донбаської державної машинобудівної академії)
ORCID ID: 0000-0003-3630-0462

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КОРИГУВАННЯ ВАГИ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ З ЛОГІСТИЧНОЮ РЕГРЕСІЄЮ

У результаті аналізу області прогнозування цукрового діабету виділено основні фактори: спадковість, спосіб життя, вага, фактори навколишнього середовища, вік. Виділено існуючі методи в прогнозуванні цукрового діабету: data mining, логістичний регресійний аналіз, нейронна мережа. Обрано основний функціонал в розглянутих додатках. Розроблено глосарій предметної області. Обрані математичні моделі функцій активації нейронних мереж: relu, softmax, sigmoid, linear. Математичною моделлю для розрахунку вагів нейронної мережі є логістич-

на регресія, яка підвищує точність прогнозування. Створено модель бізнес–процесу використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет. Розроблено ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет за допомогою нейронної мережі, що дозволяє своєчасно попередити користувача о підвищенні рівня цукру в крові, спостерігати за станом хворого, надання рекомендацій в вигляді меню на день, виконувати аналіз показників. Реалізовано використання шаблонів проектування «Спостерігач» для спостереження лікаря за станом користувача, та «Будівник» для створення медкартки користувача. Досліджено роботу нейронних мереж «Tensorflow.js» «Brain.js», які здатні забезпечити задовільну якість прогнозу рівня цукру в крові та ваги. Досліджені чотири функції активації (*relu, softmax, sigmoid, linear*) при навчанні та виконанні тестових прогнозів нейронних мереж. Розроблена гібридна модель в парі з логістичною регресією, яка дозволила досягти точності прогнозування 94% рівня цукру в крові на наступні 3 - 9 годин, а також ваги на 3 - 7 днів наперед за рахунок «Tensorflow.js». У більшості випадків нейронна мережа прогнозує рівень цукру на 3 години, що є достатнім для хворої на діабет людини, щоб вжити заходів для недопущення зниження або підвищення рівня цукру.

Ключові слова: діабет, діагностування, штучна нейронна мережа, логістична регресія, прогнозування, алгоритм, Data mining, LaraVel, MySQLR.

Iryna GETMAN,

Candidate of Technical Sciences, Docent

Maryna DERZHEVETSKA,

Candidate of Economic Sciences

Tetyana BAULINA,

Doctor of of Economic Sciences, Professor

Tamara KUKHTYK,

Doctor of of Technical Sciences, Professor

Mykyta ZHUKOV,

master

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR CORRECTING THE WEIGHT OF DIABETES PATIENTS BASED ON THE USE OF A NEURAL NETWORK WITH LOGISTIC REGRESSION

As a result of the analysis of the field of diabetes prediction, the main factors are identified: heredity, lifestyle, weight, environmental factors, age. The existing methods in diabetes prediction are highlighted: data

mining, logistic regression analysis, neural network. The main functionality in the considered applications is chosen. Subject area glossary developed. Mathematical models of neural network activation functions are selected: relu, softmax, sigmoid, linear. The mathematical model for calculating the weights of the neural network is logistic regression, which increases the accuracy of forecasting. A model of the business process of using an artificial neural network to adjust the weight of patients with diabetes, resulting in a technical task for application. Application has been developed to adjust the weight of patients with diabetes using a neural network, which allows you to timely warn the user about high blood sugar, monitor the patient's condition, provide recommendations in the form of a menu for the day, perform analysis of indicators. The use of design templates "Observer" to monitor the doctor's condition of the user, and "Builder" to create a medical card of the user. The work of neural networks "Tensorflow.js" "Brain.js", which are able to provide satisfactory quality of blood sugar and weight forecast, has been studied. Four activation functions (relu, softmax, sigmoid, linear) during training and test predictions of neural networks were studied. It was found that for neural network on the basis of "Tensorflow.js" it is better to apply "relu" to the input neuron, and "softmax" to the output and logistic regression, their combination gives a prediction accuracy of 94%. It was found that for neural network based on "Brain.js" it is better to apply "Linear" activation function, and the accuracy of the forecast is 93%. The average value of the forecast error in the study of neural network "Tensorflow.js" did not exceed - 0.006, and in "Brain.js" - 0.00693. The effectiveness of the use of trained neural networks of direct propagation and recurrent networks to predict blood sugar and weight values is tested. Developed a hybrid model paired with logistic regression, which allowed to achieve accurate prediction of 94% blood sugar for the next 3 - 9 hours, and also scales for 3 - 7 days in advance at the expense of "Tensorflow.js". In most cases, the neural network predicts a sugar level of 3 hours, which is sufficient for a diabetic to take steps to prevent the sugar level from falling or rising.

Keywords: Diabetes, diagnosis, artificial neural network, logistic regression, forecasting, algorithm, Data mining, LaraVel, MySQL.

Постановка проблеми. За останні десять років захворюваність на діабет у світі подвоїлася. Близько 200 мільйонів людей інфіковані і приблизно на шість відсотків зростає щорічна поширеність діабету у світі. Людина тривалий час страждала від

різних захворювань, які в деяких випадках змогли діагностувати хвороби та запропонувати рішення з метою її поліпшення, але, на жаль, часом, через відсутність діагностики, на протязі тривалого часу хвороба залишається безсимптомною у пацієнтів і може загрожувати життю пацієнта.

Тому, вивчення взаємозв'язку між ускладненнями у хворих на діабет та їх властивостями, такими як глюкоза в крові, артеріальний тиск, зріст, вага та показник гемоглобіну є дуже важливим. Також важливим є аналіз досліджень у галузі прогнозування різних захворювань настільки, наскільки на сьогоднішній день люди мають користь від моделей підтримки прийняття рішень та розумні методи прогнозування [1].

Проблемою, для якої розробляється рішення є те що, сучасні додатки мають добре розвинені нейронні мережі, але не формують рекомендаційне меню з вхідних даних.

Актуальність роботи у тому, що сучасні аналоги не мають функціоналу в наданні рекомендаційного меню та прогнозуванні таких показників, як рівень цукру в крові та вагу. Наявність бібліотек «Tensorflow.js» та «Brain.js» надають можливість розробляти нейронні мережі, які прогнозують з точністю в 94%.

Метою роботи є підвищення точності прогнозування рівня цукру в крові, показників здоров'я за допомогою нейронної мережі в парі з логістичною регресією до 94%. Для цього необхідно зробити аналіз факторів діабету таких як глюкоза в крові, артеріальний тиск, зріст, вага та показник гемоглобіну; аналіз штучних нейронних мереж; аналіз методів розрахунку та прогнозування для коригування ваги хворих на цукровий діабет; вибрати математичні моделі та алгоритми для розрахунку та прогнозування рівня цукру в крові хворих на діабет; навчити та протестувати штучну нейронну мережу в парі з логістичною регресією та провести аналіз результатів точності прогнозування.

Практичним значенням отриманих результатів є реалізація програмного засобу, за допомогою якого можна отримати прогнозовані показники рівня цукру та ваги з високою точністю.

Виклад основного матеріалу дослідження. Діабет це порушення обміну речовин в організмі. Це захворювання руйнує здатність виробляти інсулін в організмі пацієнта або в організмі розвивається резистентність до інсуліну, отже, вироблений інсулін не може досягти своєї нормальної роботи [2]. Незважаючи

на те, що точна причина цукрового діабету I типу не визначена, проблеми, які можуть свідчити про більший ризик, містять наступні фактори: історія сім'ї (ризик може підвищуватися, якщо у батька чи рідного брата є діабет I типу); фактори навколишнього середовища (ситуації, наприклад, контакт з вірусною хворобою, ймовірно, грають певну роль при діабеті I типу); географія (у деяких країнах, наприклад у Швеції, спостерігаються більші показники діабету I типу); вага (чим більше жирової тканини у людини, тим більш стійкі клітини до інсуліну); бездіяльність (чим менше енергійна людина, тим більше у людини ризик., фізичні навантаження допомагають людині контролювати свою вагу, споживання глюкози, як енергія і робить клітини людини більш чутливими до інсуліну); вік (людина ризикує захворіти, коли дорослішає, це може бути тому, що людина має звичку менше займатися фізичними справами, втрачає м'язову масу та додає в вазі, коли старіє) [1].

Системи виявлення та прогнозування діабету мають великий науковий інтерес у світі, щоб зменшити появу нових хворих шляхом контролю рівню цукру в крові та ваги. Вони базуються на нейроаналізі та біофіксації. За їх допомогою можна точно оцінити схильність людини до діабету, та провести необхідні заходи для поліпшення та підтримання стану хворого.

Перш за все проведено аналіз існуючих гібридних штучних нейронних мереж та Data Mining для прогнозування рівня цукру в крові наступні. Майкл Дж. Серняк використовував логістичний регресійний аналіз, щоб обчислити коефіцієнт шансів на неврологічну незвичну версію та діагноз діабету в кожній з вікових груп, контролювати вплив населення та діагноз [3]. Міфілі Тірун'янам покращив прогнозування діабету за допомогою нечітких нейронних мереж [4]. Хамід Р. Маратеб та інші запропонували гібридні інтелектуальні системи для виявлення мікроальбумінурії у хворих на діабет 2 типу без вимірювання альбуміну сечі [5]. Джавад Акбарі Торкестані та інші запропонували метод, заснований на автоматичному навчанні діабету II типу для регулювання цукру в крові [6]. Найбільш точними показали себе логістичний регресійний аналіз та гібридні інтелектуальні системи.

Проаналізуємо додатки, які допомагають стежити за рівнем цукру в крові і дотримуватися правильної дієти. Всі додатки доступні для завантаження на мобільні пристрої (Android та iOS).

Додаток «Diabetes:M» одна з найбільш функціональних програм, що дозволяє тримати діабет під контролем. З його допомогою можна відстежувати рівень інсуліну, роблячи записи про прийом їжі і фіксувати дані з глюкометрів та інсулінових помп. На основі вашого щоденника Diabetes:M формує докладні звіти, графіки і статистику, якими можна поділитися з вашим лікарем. У платній версії програми також є калькулятор розрахунку значення короткого і пролонгованого болюсного інсуліну.

Не менш зручний додаток для ведення записів про рівень цукру «DiaMeter», кількості з'їдених вами хлібних одиниць, ін'єкцій короткого і продовженого інсуліну, а також про самопочуття в цілому. Є наочна статистика і можливість синхронізації всіх даних в «хмарі». Додатково DiaMeter пропонує ряд інтерактивних статей, в яких можна знайти чимало корисної інформації про правильне харчування при діабеті, фізичних навантаженнях, вплив алкоголю та інше.

Також використовують додаток «Діабет», який також дозволяє вести облік рівня глюкози в крові і фіксувати вживання вуглеводмістких продуктів. Для кожного прийому їжі необхідно вказувати не тільки що ви їли, а й скільки, щоб розрахунок дози інсуліну був максимально точним. Дані з додатка можна скачати в форматі PDF або XLS (Excel), щоб їх зручніше було надавати лікарю в друкованому або електронному варіанті. У iOS-версії передбачена інтеграція з сервісом «Здоров'я» від Apple.

Проаналізувавши додатки виділимо основний функціонал та занесемо дані до таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння функціоналу додатків

Фактори/ Додаток	Diabetes:M	DiaMeter	Діабет
Відстеження рівня цукру	+	+	+
Кількість вживаних ХО	+	+	+
Розрахунок дози інсуліну	+	+	+
Самопочуття		+	+
Відображення графіків, звітів	+	+	
Платна версія	+		
Запис даних з глюкометрів, інсулінових помп	+		

Джерело: Розроблено авторами

Таким чином виділено основні фактори впливу на цукровий діабет: спадковість, спосіб життя, вага, фактори навколишнього середовища, вік; виділено існуючі методи в прогнозуванні цукрового діабету: data mining, логістичний регресійний аналіз, нейронна мережа та виділено основний функціонал в розглянутих додатках. Все це дало можливість створити власний додаток з урахуванням усіх недоліків існуючих.

Представимо в вигляді графіку функціонал додатків з якого видно, що найбільш функціональним є додаток «Diabetes:M», на другому місці «DiaMeter», а на останньому – «Диабет» (рис. 1).

Для прогнозування діабету було використано нейронну мережу, тому що саме нейронні мережі - це нелінійне моделювання інтелектуальних обчислювальних прийомів, які за останні роки в ролі прогресу в обчислювальній техніці та інструментах обробки інформації отримали важливе і прогресивне місце в науці, і результати були сприятливими.

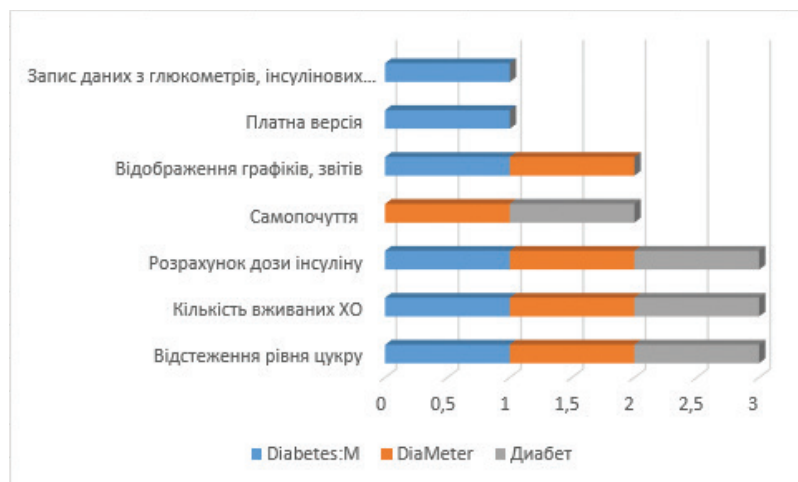


Рис. 1. Результати виділеного функціоналу програмних додатків

Джерело: Розроблено авторами

Зворотній зв'язок нейронних мереж, є корисним типом штучних нейронних мереж, тому що подача нейронної мережі із прихованим шаром, підходяща функція активації в прихованому

шарі і достатньо прихованого нейрону шару здатні наближати будь-яку функцію з довільною точністю. Поєднуючи нейронну мережу та логістичну регресію, надається точне прогнозування діабету. Запропонований метод із меншою кількістю помилок свідчить про те, що людина має цю хворобою чи ні, буде виявлений на ранніх стадіях та будуть вжиті необхідні заходи для боротьби із захворюванням. Далі результати логістичної регресії будуть застосовані в нейронній мережі, яка має істотний вплив на функцію нейронної мережі [7].

Лікарі-експерти вважають, що для діагностики наявності або відсутності діабету потрібно перевірити наступні 5 факторів. Статистична сукупність підготовлених та задокументованих даних Асоціації діабету «Урмія» та інтерпретація змінних, що використовуються для прогнозування захворювання на діабет, представлених в таблиці 2. І як вхід до моделі логістичної регресії має результат, який повинен показати, що людина має діабет чи ні [7].

На рисунку 2 відображена гістограма важливості кожної змінної для прогнозування діабету та пре-діабету в логістичній регресійній моделі.

Таблиця 2. Змінні, що використовуються в логістичній регресії для діагностики діабету

$x_1 =$ глюкоза в крові (за 2 години)	Тест на глюкозу за 2 години	
$x_2 = IMT = \frac{\text{вага(кг)}}{(\text{зріст(м)})^2}$	ІМТ	Стан
	Менше ніж 22	худий
	Між 22 та 25	нормальний
	Між 25 та 30	Зайва вага
	Між 30 та 35	Ожиріння
	Більше за 35	Ризик
$x_3 =$ тригліцериди	Рівень тригліцеридів	Стан
	Нижче 150 мг	Відмінний
	150 або 199 мг	Ризик
	200 або 499 мг	Небезпечний
	Вище за 500 мг	Дуже небезпечний
$x_4 =$ холестерин	Холестерин	Стан
	Нижче 200 мг	Відмінний
	Поміж 200 та 239 мг	Ризик
	Вище за 240 мг	Високий (небезпечний)

Продовження табл. 2

$x_5 = \text{гемоглобін A1C}$	Гемоглобін	Стан
	Менший за 5.7	Не діабетичний
	Поміж 6.4 та 5.7	Пре-діабет
$y = \text{FBS}$	Вищий за 6.4	діабет
	Рівень цукру в крові (натощак) (FBS)	Стан
	Менший за 100	Не діабетичний
	Поміж 100 та 125	Пре-діабет
	Вищий за 126	діабет

Джерело: 7

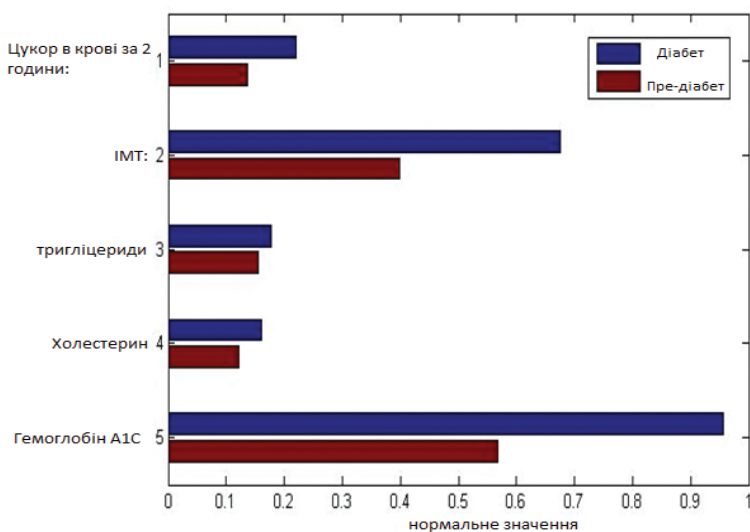


Рис. 2. Важливість кожної змінної для прогнозування діабету та пре-діабету в логістичній регресійній моделі

Джерело: Розроблено авторами

Для тестування додатку були використані дві групи, в одній із яких були діабетики та інші що страждають від діабету. Був зроблений один тест, щоб діагностувати хворобу і зроблено це як для пацієнтів, так і здорового населення, а також з урахуванням обмежень тесту значення, від нуля до одного, що змінюється на дуже велике число. Після тестування їх сортуємо у значеннях порядку

зростання, на скільки більше, що кожен результат тесту, обумовлений більшим ризиком захворювання. (Як ми знаємо на практиці, це може бути протилежним для деяких пацієнтів) [7].

На рисунку 3 відображена діаграма діяльності програмного комплексу для коригування ваги хворих на цукровий діабет.

В якості вхідних параметрів в ШНМ будуть показники здоров'я, які будуть оброблятися. Приховані шари: функція цих шарів визначається введеними показниками і вагою та співвідношенням між ними та прихованими шарами. Ваги між вхідними та прихованими одиницями визначають, коли прихований блок буде активований. За розрахунок вагів відповідає логістична регресія.

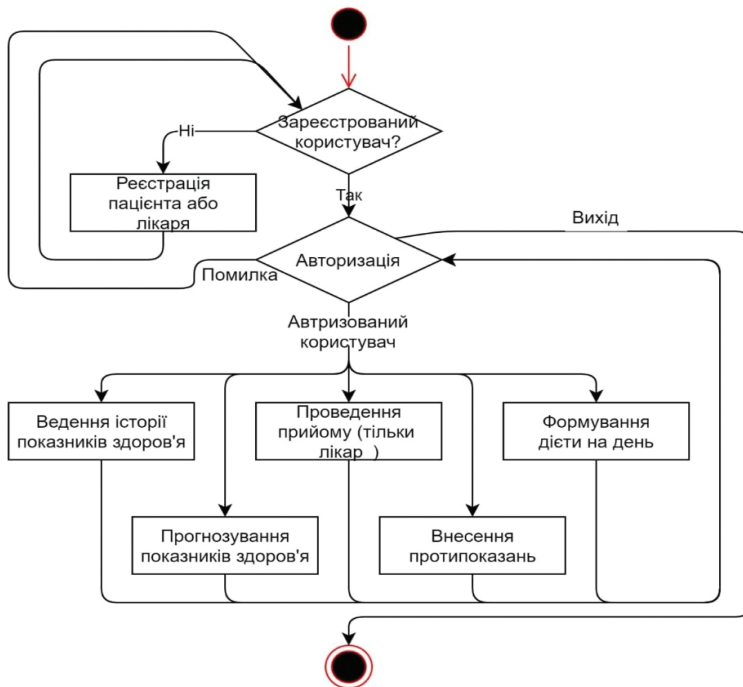


Рис. 3. Діаграма діяльності ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет

Джерело: Розроблено авторами

Вихідний рівень: функція блоку виходу залежно від активності та ваги прихованого блоку та з'єднання між прихованими одиницями та виходом, що є нашим прогнозом.

Для того щоб отримати прогноз показників (рівня цукру в крові та ваги) необхідно ввести показники здоров'я (рівень цукру в крові, вага, зріст, тиск, фізичну активність). Після того як показники були введені відбувається аналіз введених показників, якщо аналіз показників не був виконаний, то він відбувається знову. Коли показники були проаналізовані наступним етапом є формування прогнозу за допомогою штучної нейронної мережі, якщо є помилки, то формування прогнозу відбувається знову. Коли прогноз було сформовано, формується звіт. Коли звіт сформований відбувається отримання прогнозу показників, та звіту, в якому описуються всі необхідні рекомендації.

Для відображення того, що робить система, була побудована діаграма діяльності, яка зображена на рисунку 4.

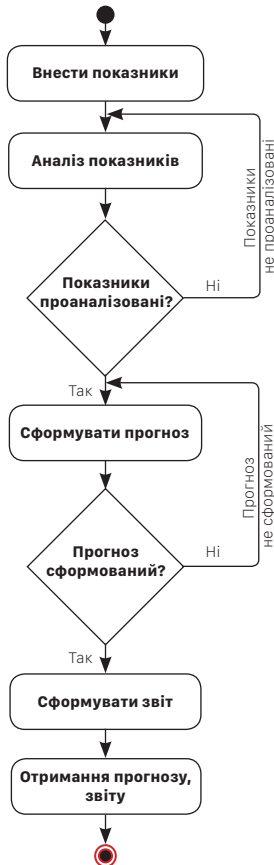


Рис. 4. Діаграма діяльності використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет

Джерело: Розроблено авторами

Діаграма прецедентів використання програмного комплексу на основі використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет представлена на рисунку 5.

Діаграма класів ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет представлена на рисунку 6.

Розроблено проект програмного комплексу для коригування ваги хворих на цукровий діабет за допомогою нейронної мережі, що дозволяє своєчасно попередити користувача о підвищенні рівня цукру в крові, спостерігати за станом хворого, надавати рекомендації в вигляді меню на день, виконувати аналіз показників.

Програмний комплекс має функцію оповіщення лікаря, коли показники критичні і додаток передає право на надання рекомендацій лікарю.

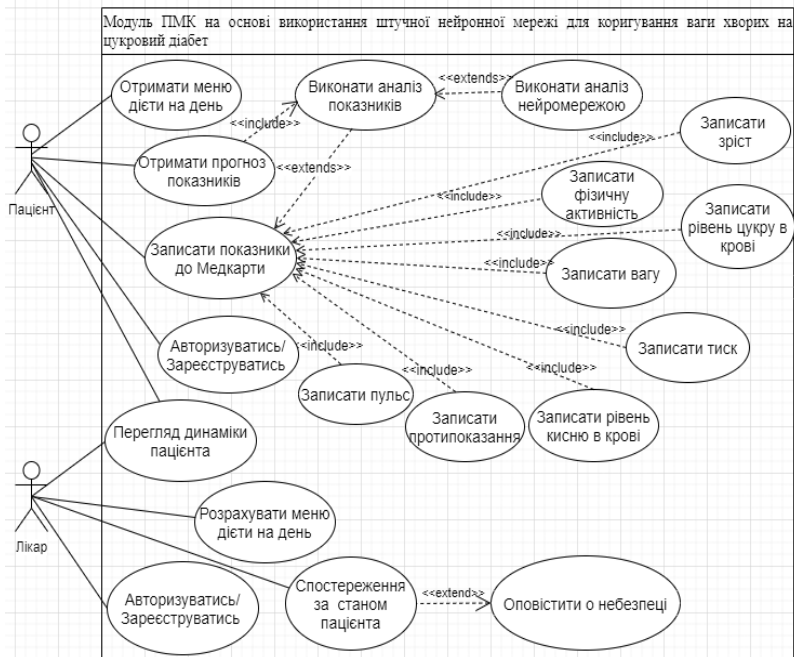


Рис. 5. Діаграма прецедентів використання ПК на основі використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет

Джерело: Розроблено авторами

Реалізовано спостереження лікарем за станом хворого за шаблоном «Спостерігач» на мові програмування PHP. Реалізовано створення медкартки за шаблоном «Будівник» на мові програмування PHP, що дозволило покращити ефективність роботи програми, покращити підтримку програми, та перенос програми на іншу платформу.

На рисунках 7-12 представлено як виглядають деякі опції комплексу.

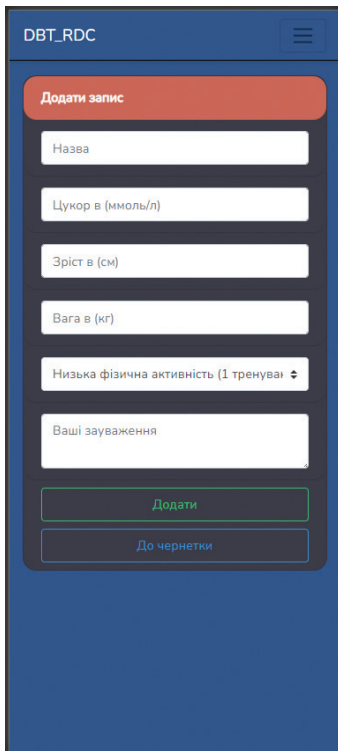


Рис. 7. Введення показників

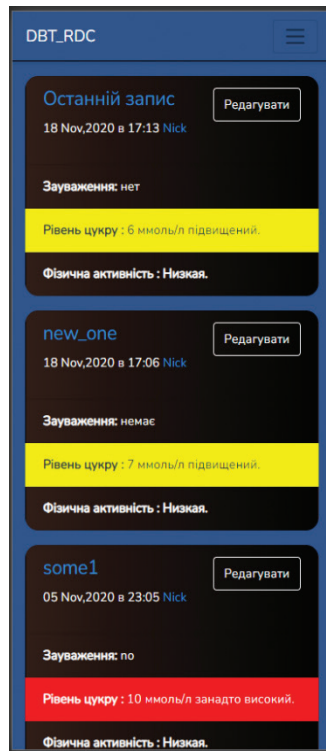


Рис. 8. Записи користувача

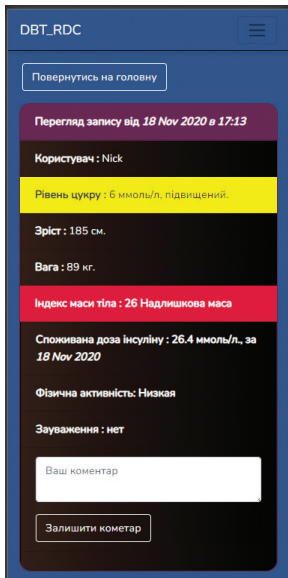


Рис. 9. Перегляд запису

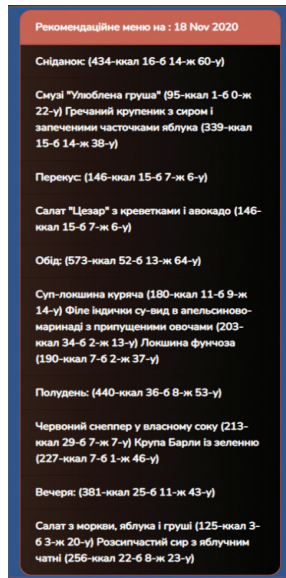


Рис. 10. Рекомендаційне меню

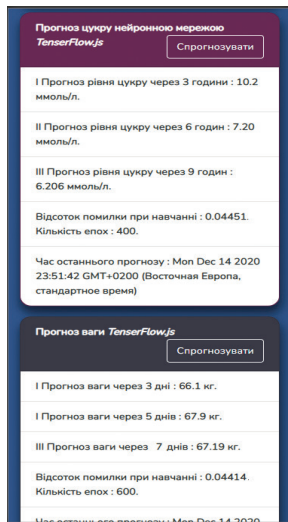


Рис. 11. Прогнозування «Tensorflow.js»

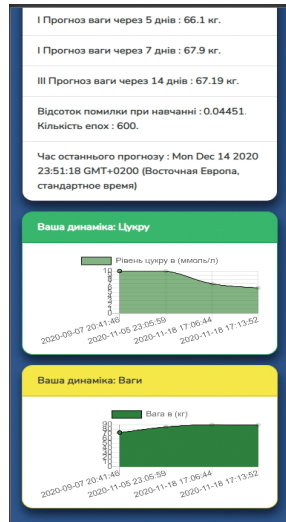


Рис. 12. Динаміка користувача

Джерело: Розроблено авторами

Також були проведені дослідження ефективності роботи нейронної мережі які показали, що нейронна мережа прямого поширення на базі «Tensorflow.js», та рекурентна НМ на базі «Brain.js» можуть забезпечити задовільну якість прогнозу рівня цукру в крові та ваги на розглянутих вище прикладах. Досліджені чотири функції активації (relu, softmax, sigmoid, linear) при навчанні та виконанні тестових прогнозів нейронних мереж.

Порівнюючи «Tensorflow.js» та «Brain.js» отримали, що: «Tensorflow.js» більш гнучка до налаштування кожного шару; «Brain.js» має налаштування для всіх шарів загалом; «Tensorflow.js» потрібно компілювати дані перед навчанням, а також обирати оптимайзер та функцію втрат; «Brain.js» не потрібно компілювати дані, обирати: оптимайзер та функцію втрат; в «Tensorflow.js» є функція fit(), яка очищує невикористані тензори в НМ, що дозволяє пришвидшити навчання, роботу та зменшити використання ресурсів GPU; в «Brain.js» не має функції fit(), як в «Tensorflow.js», тому час на розрахунки потрібен більше; в цілому «Tensorflow.js» має великий список функцій, та налаштувань, який допоміг мені створити та коректно налаштувати НМ; «Brain.js» поступається в кількості функцій, ніж «Tensorflow.js». Виходячи з цього можна сказати, що НМ на базі «Tensorflow.js» прогнозує більш точніше, та має меншу похибку, ніж НМ на базі «Brain.js».

Висновки та пропозиції. В результаті аналізу області прогнозування цукрового діабету виділено основні фактори: спадковість, спосіб життя, вага, фактори навколишнього середовища, вік. Виділено існуючі методи в прогнозуванні цукрового діабету: data mining, логістичний регресійний аналіз, нейронна мережа. Обрано основний функціонал в розглянутих додатках. Розроблено глосарій предметної області.

Обрані математичні моделі функцій активації нейронних мереж: relu, softmax, sigmoid, linear. Математичною моделлю для розрахунку вагів нейронної мережі є логістична регресія, яка підвищує точність прогнозування. Створено модель бізнес-процесу використання штучної нейронної мережі для коригування ваги хворих на цукровий діабет, в результаті було створено технічне завдання для ПК.

Розроблено ПК для коригування ваги хворих на цукровий діабет за допомогою нейронної мережі, що дозволяє своєчасно попередити користувача про підвищення рівня цукру в крові, спостерігати за станом хворого, надавати рекомендації в вигляді меню на день, виконувати аналіз показників. Реалізовано використання шаблонів проектування «Спостерігач» для спостереження лікаря за станом користувача, та «Будівник» для створення медкартки користувача.

Досліджено роботу нейронних мереж «Tensorflow.js» «Brain.js», які здатні забезпечити задовільну якість прогнозу рівня цукру в крові та ваги. Досліджені чотири функції активації (relu, softmax, sigmoid, linear) при навчанні та виконанні тестових прогнозів нейронних мереж.

Виявлено, що для НМ на базі «Tensorflow.js» краще застосовувати «relu» на вхідний нейрон, а «softmax» на вихідний та логістичну регресію, їх комбінація дає точність прогнозування в 94%.

Було виявлено, що для НМ на базі «Brain.js» краще застосовувати «linearg» функцію активації, а точність прогнозу становить 93%.

Середнє значення помилки прогнозу в умовах дослідження НМ «Tensorflow.js» не перевищувала 0.006, а в «Brain.js» – 0.00693.

Перевірено ефективність використання навчених нейронних мереж прямого поширення та рекурентних мереж для прогнозування значень рівня цукру в крові та ваги.

Надалі можливо розширити програмний комплекс в таких напрямках: збільшення кількості захворювань, які може визначити нейронна мережа; збільшення кількості факторів, які впливають на аналіз нейронної мережі; додання інших методів аналізу показників; збільшення навчальної вибірки для нейронної мережі.

Розроблена гібридна модель в парі з логістичною регресією, яка дозволила досягти точності прогнозування 94% рівня цукру в крові на наступні 3-9 годин, а також ваги на 3-7 днів наперед за рахунок «Tensorflow.js». У більшості випадків нейронна мережа прогнозує рівень цукру на 3 години, що є достатнім для хворої на діабет людини, щоб вжити заходів для недопущення зниження або підвищення рівня цукру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Temurtas, H., Yumusak, N., Temurtas, F., A comparative study on diabetes disease diagnosis using neural networks, *Expert Syst*, Vol. 36, pp. 8610–8615, 2009., <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.032>.
2. World Health Organization. (1999). Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications : report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes mellitus. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66040>.
3. M. Thirugnanam et al., Improving the Prediction Rate of Diabetes Diagnosis Using Fuzzy, Neural Network, Case Based (FNC) Approach. *Procedia Engineering*, Vol. 38, (2012). pp. 1709–118,. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.208>.
4. H. R. Marateb et al., A hybrid intelligent system for diagnosing microalbuminuria in type 2, (2014). pp. 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2013.11.006>.
5. Nesreen Samer El_Jerjawi, and Samy S. Abu-Nase. Diabetes Prediction Using Artificial Neural Network. *International Journal of Advanced Science and Technology* Vol.121 (2018), pp. 55–64. https://philarchive.org/archive/EL_DPU-5v2.
6. D. Livingstone and N. J. Totowa, *Artificial Neural Networks Methods and Application*. 1th ed. Totowa, NJ: Hummana Press, (2008). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-60327-101-1>.
7. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Prediction of Diabetes by Using Artificial Neural Network, Logistic Regression Statistical Model and Combination of Them, Vol. 85, 2016, p. 1148 – 1164. <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=5938&file=1>.
8. Ratih Yulia Hayuningtyas, Retno Sari. Implementasi Data Mining Dengan Algoritma Multiple Linear Regression Untuk Memprediksi Penyakit Diabetes. Vol 8, No 1 (2022): JTK Periode Januari 2022 <https://doi.org/10.31294/jtk.v8i1.11552>.
9. Набір даних «Про діабет» [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://raw.githubusercontent.com/curiously/Logistic-Regression-with-TensorFlowjs/master/src/data/diabetes.json>.
10. Brain.js [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://brain.js.org>.
11. Гетьман И., Держевецкая М., Жуков Н. Разработка кросс-платформенного приложения для корректировки питания боль-

ных сахарным диабетом / Сборник научных трудов. По материалам конференции «Время вызовов и возможностей: проблемы, решения, перспективы». Рига, Латвия. БМА, 2019. С. 444-449.

12. Жуков М. С., Гетьман І. А. Використання мобільних додатків при відстеженні свого стану і контролі над хворобою хворих на цукровий діабет //ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ. – 2019. – С. 14-16. http://www.dgma.donetsk.ua/nauka/zbirnik_naukovih_prac1820.pdf#page=15.

13. Жуков М.С., Гетьман І.А. Інформаційні технології для коригування ваги хворих на цукровий діабет за допомогою нейронної мережі. Прикладна математика та комп'ютерні науки: матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції (в авторській редакції), м.Маріуполь, 26 лютого 2021 року. – Маріуполь, 2021. – 139с.

14. Васильєва Л.В., Гетьман І.А. Автоматизовані системи наукових досліджень: посібник для студентів вищих навчальних закладів спеціальності «Інформаційні технології проектування». Краматорськ : ДДМА, 2016. 114 с.

15. Гетьман, І., Держевецька, М., & Несен, Є. (2022). РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗТАШУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІКАРНЯНОГО ФОНДУ. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (6), 15-22. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.2>.

16. Гетьман І. А., Кухтик Т. В., Держевецька М. А. Прогнозування раціону харчування людини за допомогою ІТ–технологій. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. – 2021. № 1(484). Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. С. 80-85. DOI [https://doi.org/10.15589/znp2021.1\(484\).11](https://doi.org/10.15589/znp2021.1(484).11).

REFERENCES

1. Temurtas, H., Yumusak, N., Temurtas, F., (2009), „A comparative study on diabetes disease diagnosis using neural networks, Expert Syst”, available at: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.032> (Accessed 10 July 2022).

2. World Health Organization (1999), „Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications : report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes

mellitus", available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66040> (Accessed 10 July 2022).

3. Thirugnanam, M. (2012), "Improving the Prediction Rate of Diabetes Diagnosis Using Fuzzy, Neural Network, Case Based (FNC) Approach. *Procedia Engineering*", available at: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.208> (Accessed 10 July 2022).

4. Marateb, H. (2014), "A hybrid intelligent system for diagnosing microalbuminuria in type 2", available at: <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2013.11.006> (Accessed 11 July 2022).

5. Nesreen Samer El_Jerjawi, and Samy S. Abu-Nase. "Diabetes Prediction Using Artificial Neural Network", available at: https://philarchive.org/archive/EL_DPU-5v2 (Accessed 13 July 2022).

6. Livingstone, D., Totowa, N., (2008), *Artificial Neural Networks Methods and Application*, available at: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-60327-101-1> (Accessed 10 July 2022).

7. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Prediction of Diabetes by Using Artificial Neural Network, Logistic Regression Statistical Model and Combination of Them, available at: <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=5938&file=1> (Accessed 13 July 2022).

8. Ratih Yulia Hayuningtyas, Retno Sari, (2022), "Implementasi Data Mining Dengan Algoritma Multiple Linear Regression Untuk Memprediksi Penyakit Diabetes", available at: <https://doi.org/10.31294/jtk.v8i1.11552> (Accessed 12 July 2022).

9. Dataset "About Diabetes", available at: <https://raw.githubusercontent.com/curiously/Logistic-Regression-with-TensorFlowjs/master/src/data/diabetes.json> (Accessed 10 July 2022).

10. Brain.js , available at: <https://brain.js.org> . (Accessed 15 July 2022).

11. Getman I., Derzhevetskaya M., Zhukov N., (2019), "Razrabotka krossplatformennogo prilozheniya dlya korekcirovki pitaniya bol'nyh sahnym diabetom" [Development of a cross-platform application for adjusting the nutrition of patients with diabetes mellitus], Riga, Latvia.

12. Zhukov, M., Getman, I., (2019), "Vikoristannya mobilnih dodatkov pri vidstezhenni svogo stanu i kontroli nad hvoroboyu hvorih na tsukroviy diabet" [Using mobile applications in monitoring one's condition and controlling the disease of patients with diabetes], available at: http://www.dgma.donetsk.ua/nauka/zbirnik_naukovih_prac1820.pdf#page=15 (Accessed 15 July 2022).

13. Zhukov, M., Getman, I., (2021), „Informatsiyni tehnologiyi dlya koriguvannya vagi hvorih na tsukroviiy diabet za dopomogoyu neyronnoyi merezhi“ [Information technologies for adjusting the weight of diabetic patients using a neural network], Mariupol, Ukraine.

14. Vasyliieva, L., Getman, I., (2016), „Avtomatizovani sistemi naukovih doslidzhen: posibnik dlya studentiv vischih navchalnih zakladiv spetsialnosti «Informatsiyni tehnologiyi proektuvannya»“ [Automated systems of scientific research: a guide for students of higher educational institutions majoring in «Information Design Technologies»], Kramatorsk, Ukraine.

15. Getman, I., Derzhevetska, M., & Nesen, E. (2022). „Rozrobka proektu programnogo kompleksu dlya optimizatsiyi roztashuvannya elementiv likarnyanogo fondu“ [Development of a project of a software complex to optimize the location of elements of the hospital fund], available at: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.2> (Accessed 12 July 2022).

16. Getman I., Kukhtyk T., Derzhevetska M., (2021), „Prognozuvannya ratslonu harchuvannya lyudini za dopomogoyu IT–tehnologyi“ [Prediction of human nutrition with the help of IT technologies], available at: [https://doi.org/10.15589/znp2021.1\(484\).11](https://doi.org/10.15589/znp2021.1(484).11) (Accessed 15 July 2022).

СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 31.03.2022

УДК 004.93

DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2022-1-3>

Олександр Миколайович МАКОВЕЙЧУК,

д.т.н., доцент, МНТУ

ORCID ID 0000-0003-4425-016X

Роман Романович ЗАНФІРОВ,

студент, МНТУ

ORCID ID 0000-0001-9802-0656

Анатолій Валерійович НАУМЕНКО,

студент, МНТУ

ORCID ID 0000-0003-3318-7118

Олександр Олександрович ГАЙОВИЙ,

студент, МНТУ

ORCID ID 0000-0002-3180-9692

Володимир Андрійович ВИЯСНІВСЬКИЙ,

студент, МНТУ

ORCID ID 0000-0001-8547-8764

ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ НОМІНАЛУ БАНКНОТ

Розповсюдженням засобом вирішення задач класифікації, розпізнавання, сегментації зображень є використання згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, CNN). В даній роботі проведено огляд популярних архітектур CNN, що використовуються для розпізнавання об'єктів, до яких належать: Region Based Convolutional Neural Networks (R-CNN), Fast R-CNN, Faster R-CNN, You Only Look Once (YOLO), Single Shot Detector (SSD), Feature Pyramid Networks (FPN) та RetinaNet. Показано, що оптимальною за швидкістю та точністю розпізнавання є згорткова нейронна мережа YOLO.

Ефективність використання згорткових нейронних мереж для розпізнавання об'єктів на зображеннях показано на прикладі розробки прототипу системи розпізнавання номіналів банкнот українських гривень та знаходження їх суми. Продемонстровано роботу розробленого прототипу такої системи, для чого було використано YOLOv5 Small архітектуру, яку було дотреновано на зображеннях українських гривень. Для підсумовування кількості грошей на фото була

створена окрема програма на python. Вказано характеристики програмних та апаратних засобів, що використовувались. Описано структуру датасетів, що використовувались для тренування та тестування мережі, наведено показники якості розробленого прототипу та проведено порівняння із існуючими системами розпізнавання банкнот.

Ключові слова: обробка зображень, згорточні нейронні мережі, YOLOv5, класифікація банкнот, розпізнавання банкнот.

Oleksandr MAKOVEICHUK,

Doctor of Technical Sciences

Roman ZANFIROV,

student

Anatoliy NAUMENKO,

student

Oleksandr HAIIOVYI,

student

Volodymyr VYIASNIVSKYI,

student

AN EXAMPLE OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNIZING THE DENOMINATION OF BANKNOTES

A common means of solving the problems of classification, recognition, segmentation of images is the use of Convolutional Neural Networks (CNN). In this paper, we reviewed the popular CNN architectures used for object recognition, including Region Based Convolutional Neural Networks (R-CNN), Fast R-CNN, Faster R-CNN, You Only Look Once (YOLO), Single Shot Detector (SSD), Feature Pyramid Networks (FPN) and RetinaNet. It is shown that the YOLO convolutional neural network is optimal in terms of speed and accuracy of recognition.

The effectiveness of convolutional neural networks for the recognition of objects in the images is shown on the example of the development of a prototype system for recognizing the denominations of Ukrainian hryvnia banknotes and finding their sum. The work of the developed prototype of such system is demonstrated for which YOLOv5 Small architecture was used and it was tested on images of Ukrainian hryvnias. For

summarizing the amount of money on the photo was created a separate program on python. The characteristics of the used software and hardware are specified. The structure of datasets that were used for training and testing the network is described, quality indicators of the developed prototype and comparison with existing banknote recognition systems are given.

The average recognition accuracy for this model is 0.985. To achieve more accurate and objective results, it was proposed to expand the dataset and re-train the network.

Keywords: image processing, convolutional neural networks, YOLOv5, banknote classification, banknote recognition.

Постановка проблеми. Виявлення об'єктів – це тип категоризації зображень, при якому нейронна мережа передбачає елементи на зображенні та малює навколо них обмежувальні рамки. Виявлення та локалізація речей на зображенні, що відповідає заданому набору класів, називається виявленням об'єктів [1–3]. Виявлення об'єктів (також відоме як розпізнавання об'єктів) є важливою областю комп'ютерного зору, оскільки такі завдання, як виявлення, ідентифікація та локалізація, знаходять широке застосування в реальних контекстах [4, 5].

Важливою практичною задачею розпізнавання зображень є задача знаходження та розпізнавання банкнот по фото чи відео [6–9]. У даній роботі запропоновано розробити прототип системи розпізнавання номіналів банкнот українських гривень за допомогою згорткових нейронних мереж, що дозволяє повною мірою продемонструвати особливості і переваги їх використання у реальних прикладних задачах обробки зображень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективним засобом вирішення задач класифікації, розпізнавання, сегментації зображень є використання згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, в подальшому CNN) [10].

До популярних архітектур CNN для розпізнавання об'єктів належать такі [11]:

- Region Based Convolutional Neural Networks (R-CNN) [12].

Дана модель запропонована одною з перших для вирішення задачі класифікації зображень. На вхід мережі подаються різні регіони зображення, що генеруються за допомогою алгоритму Selective Search [13], і для них робиться передбачення, до якого класу вони

належать (рис. 1). Дана архітектура є повільною, оскільки опрацьовує одне зображення десятки тисяч разів.

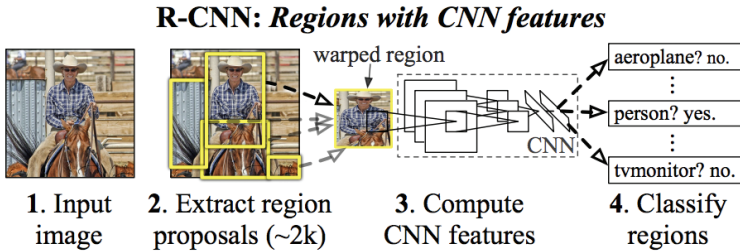


Рис. 1. Схематичне зображення згорткової нейронної мережі R-CNN [11]

• Fast R-CNN [14]. Покращена і швидша версія R-CNN, працює за схожим принципом, але замість зображення кожного регіону в CNN передаються області згорткового шару, після чого за допомогою повнозв'язного шару (fully connected layer) та за допомогою нормованої експоненційної функції (softmax) визначається до якого класу належить регіон та уточнюється його розташування (рис. 2). Ця архітектура все ще досить повільна для задач реального часу.

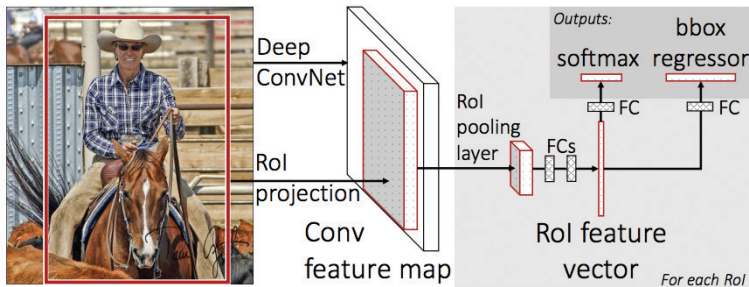


Рис. 2. Схематичне зображення згорткової нейронної мережі Fast R-CNN [11]

• Faster R-CNN [15]. Головна відмінність від попередніх у тому, що замість алгоритму Selective Search для вибору регіонів використовує нейронну мережу для їх навчання (рис. 3).

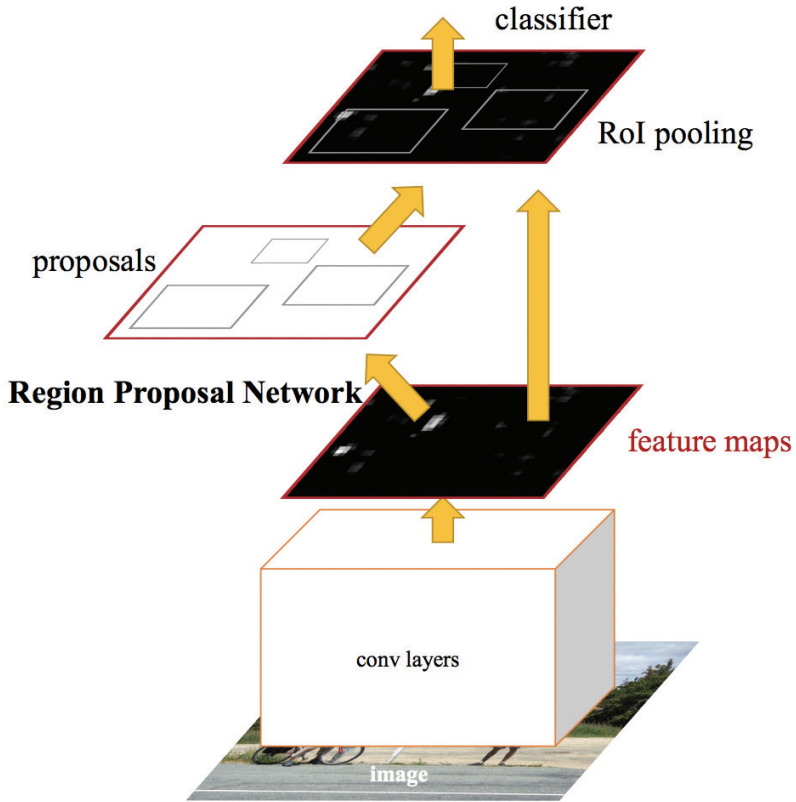


Рис. 3. Схематичне зображення згорткової нейронної мережі Faster R-CNN [11]

• You Only Look Once (YOLO) [16]. Зовсім інший принцип роботи порівняно з попередніми, не використовує регіони взагалі – у YOLO єдина згорточна мережа передбачає обмежувальні рамки та ймовірності класу для цих рамок (рис. 4). Дана архітектура є найшвидшою у порівнянні з попередніми (~40-200 fps [11]).

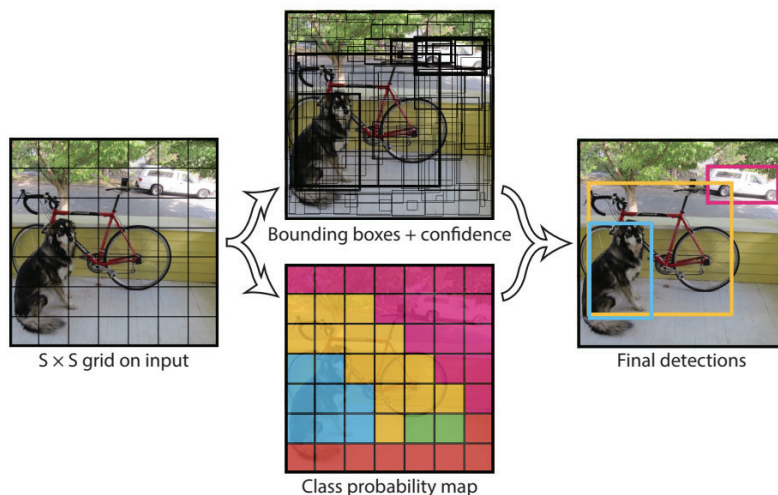


Рис. 4. Схематичне зображення принципу роботи згорткової нейронної мережі YOLO [11]

• Single Shot Detector (SSD) [17]. За принципом схожа на YOLO, але для отримання ознак використовує мережу VGG16 [18] (рис. 5). Ця архітектура достатньо швидка для використання у реальному часі.

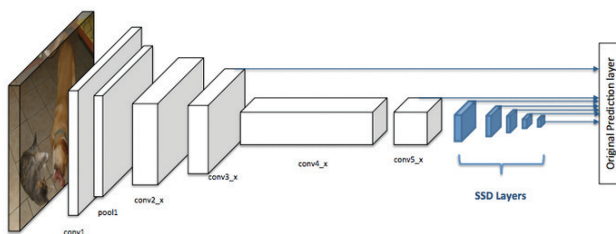


Рис. 5. Схематичне зображення архітектури згорткової нейронної мережі SSD [17]

• Feature Pyramid Networks (FPN) [19]. Різновид мережі типу Single Shot Detector, через особливості визначення ознак краще ніж SSD розпізнає дрібні об'єкти (рис. 6).

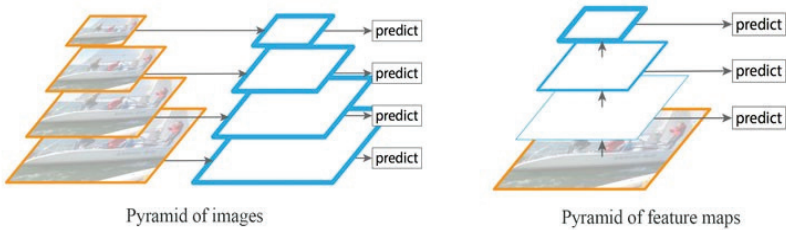


Рис. 6. Схематичне зображення згорткової нейронної мережі Feature Pyramid Networks [19]

• RetinaNet [20]. Використовує комбінацію FPN + ResNet [21] і завдяки спеціальній функції помилки (focal loss) дає вищу точність (рис. 7).

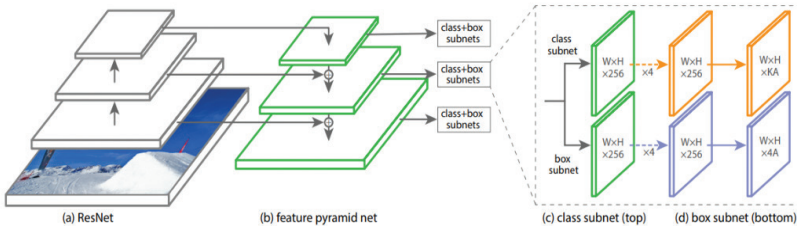


Рис. 7. Схематичне зображення згорткової нейронної мережі RetinaNet [20]

В даній роботі використовувалась архітектура YOLO, а саме її остання модифікація YOLOv5. YOLOv5 відноситься до архітектури One-Stage detector (рис. 8) – підхід, який передбачає координати певної кількості регіонів з результатами класифікації та ймовірності знаходження об'єкта, і надалі коригуючи їх місцезнаходження. Переваги даного підходу полягає в тому, що мережа аналізує все зображення відразу і враховує контекст при детектуванні і розпізнаванні об'єкта. Тому алгоритми сімейства YOLO на 3 порядки швидше, ніж R-CNN і на 2 порядки швидше ніж Fast R-CNN [11].

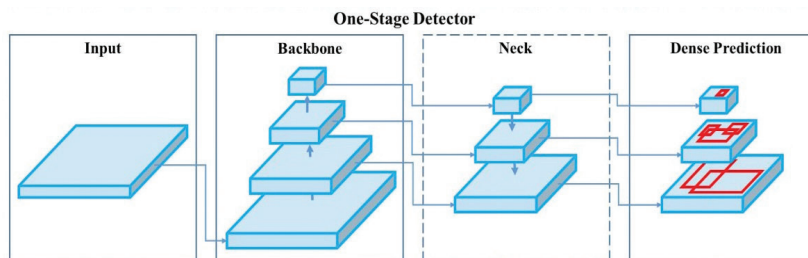


Рис. 8. Схематичне зображення архітектури One-Stage detector

Мета статті – продемонструвати роботу прототипу системи розпізнавання номіналу банкнот українських гривень та знаходження їх суми за допомогою згорточної нейронної мережі YOLOv5.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для розробки прототипу було використано YOLOv5 Small архітектуру, яку було дотреновано на зображеннях українських гривень. Для підсумовування кількості грошей на фото була створена програма на python.

Опис датасетів. Для навчання мережі та подальших експериментів використовувався датасет, що складався з фотографій з різних ракурсів, зроблених за допомогою мобільних телефонів (див. Таблицю 1): Xiaomi Redmi 5 Plus (12 MP камера), Huawei Y7 TRT-LX1 (12 MP камера), Huawei Y6 (12 MP камера), Redmi note 9.

Таблиця 1. Опис датасету

Модель смартфона	Роздільна здатність камери	Training set	Validation set	Testing set	Загальна кількість фотографій
Xiaomi Redmi 5 Plus	12MP, 4000×3000	175	65	12	252
Huawei Y7 TRT-LX1	12MP, 3000×4000	175	65	12	252
Huawei Y6	13MP, 3000×4000	175	65	12	252
Redmi note 9	48MP, 8000×6000	175	65	12	252
Всього:		700	260	48	1008

Загальна кількість фотографій 1008, з них 700 використовувались для тренування (training set), 260 для валідації (validation set) і 48 для тесту (testing set). Кількість зображень було збільшено у 3 рази за допомогою процедури аугментації (augmentation), яка здійснювалась з використанням таких фільтрів: Flip Horizontal, Flip Vertical, Gaussian Blur 1.25px. Всі зображення приведено до розміру 640×480 пікселів.

Датасет не включає банкноти номіналом 1 грн, 2 грн, 5 грн, 10 грн, тому в процесі тренування вони участі не брали. Додатково датасет включав декілька зображень, на яких не було жодної банкноти (т. зв., 0-гіпотеза). Це збільшило точність розпізнавання та зменшило похибку при визначенні класу (який в даному випадку відповідає номіналу банкноти).

Процес тренування. Для тренування були використана натренована модель YOLOv5 Small, яку було дотреновано на описаному датасеті. Для тренування нейронної мережі було використано наступні апаратні засоби: процесор Xeон® E5-2683 v3, 128 ГБ оперативної пам'яті, з використанням графічного процесора RTX 3090 (44 TFLOPS). Для програмування використовувалась високорівнева мова програмування – Python 3.10.5 [22] з використанням фреймворків PyTorch 1.12 [23], OpenCV 4.5.5 [24]. Час тренування: близько 35 хв.

Отримані результати. Точність розпізнавання для кожного із класів наведено у Таблиці 2.

Таблиця 2. Точність розпізнавання для кожного із класів

Клас (номінал банкноти)	Кількість зображень	Середня точність
«20 грн»	130	0.981
«50 грн»	130	0.966
«100 грн»	130	0.937
«200 грн»	130	1
«500 грн»	130	0.975
«1000 грн»	130	0.938
Всі класи	780	0.985

Найкращою по середній точності розпізнавання стала 500 епоха (див. рис.9), її було обрано для тестування та візуалізації результатів. Середня точність моделі виходить 0.985.

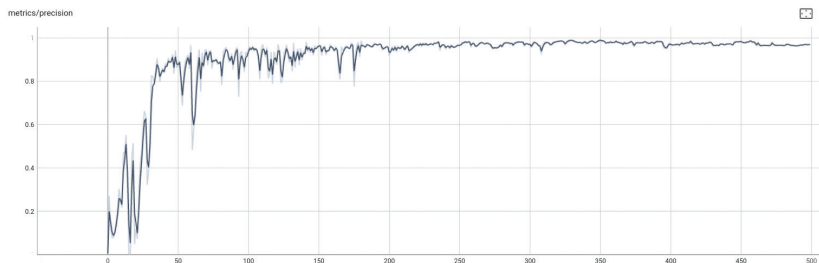


Рис. 9. Середня точність розпізнавання моделі в залежності від номера епохи

На рис. 10 зображено графіки середньої похибки тренування для training set і для validation set.

а)



б)

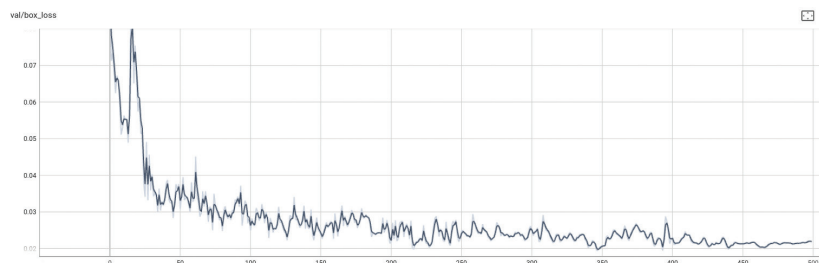


Рис. 10. Середні похибки тренування в залежності від номера епохи: а) training set; б) validation set

На рис. 11 зображено приклад роботи розробленої програми.

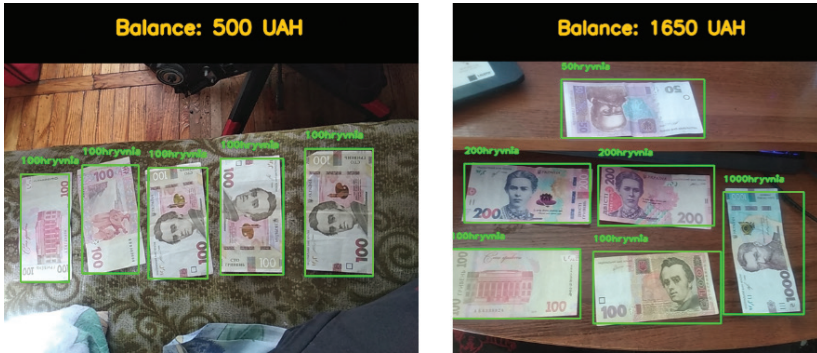


Рис. 11. Приклади роботи програми: зображено області детектованих банкнот, їх номінали та загальна сума

Порівняння з існуючими системами. В літературі описано декілька рішень на основі сімейства алгоритмів YOLO [9], але розпізнавання саме українських банкнот автори не зустрічали. Близькими альтернативами, які мають схожу тематику, є такі ресурси:

- класифікація банкнот, код викладений на платформі kaggle.com [25];
- перевірка банкноти на підробку [26];
- комерційне рішення перевірки банкнот [27].

Порівняльні характеристики наведено у Таблиці 2.

Таблиця 2. Порівняння ефективності запропонованого рішення

Параметр	Класифікація банкнот [25]	Перевірка банкноти на підробку [26]	Комерційне рішення перевірки банкнот [27]	Запропоноване рішення
Точність	1.0	0.65	0.95	0.98
Валюта	USD	USD	ETB	UAH
Ціна	free	free	non-free	free
Кількість класів	2	2	24	6

Висновки та пропозиції. Таким чином, на простій модельній задачі було показано особливості розробки прототипу системи розпізнавання зображень за допомогою згорткових нейронних мереж. Натренована модель дає можливість точного розпізнавання номіналів банкнот та знаходження їх суми. При використанні архітектури YOLOv5 Small є можливість запуску моделі на мобільних телефонах.

Середня точність розпізнавання для даної моделі виходить 0.985. Для досягнення більш точних та об'єктивних результатів необхідно розширити датасет та дотренувати мережу.

© **Маковейчук О.М., Занфіров Р.Р., Науменко А. В., Гайовий О.О.,
Вияснівський В. А., 2022**

ЛІТЕРАТУРА

1. Gonzalez, R. C. and Woods, R. C. Digital image processing. New York, NY: Pearson, 2018.
2. Guan, L.; He, Y.; Kung, S.-Y. Multimedia Image and Video Processing. CRC Press. pp. 331. ISBN 978-1-4398-3087-1.
3. Roth, Peter M. & Winter, Martin. SURVEY OF APPEARANCE-BASED METHODS FOR OBJECT RECOGNITION (PDF). Technical Report. ICG-TR-01/08.
4. Alsanabani, Ala; Ahmed, Mohammed; AL Smadi, Ahmad. Vehicle Counting Using Detecting-Tracking Combinations: A Comparative Analysis. 2020 the 4th International Conference on Video and Image Processing. pp. 48–54. doi:10.1145/3447450.3447458. ISBN 9781450389075. S2CID 233194604.
5. Wu, Jianxin, et al. A scalable approach to activity recognition based on object use. 2007 IEEE 11th international conference on computer vision. IEEE, 2007.
6. Kwon, S, Pham, T., Park, K., Jeong, D., and Yoon, S. Recognition of Banknote Fitness Based on a Fuzzy System Using Visible Light Reflection and Near-infrared Light Transmission Images, Sensors, vol. 16, no. 6, p. 863, Jun. 2016, doi: 10.3390/s16060863.
7. Sarfraz, M. "An Intelligent Paper Currency Recognition System," Procedia Computer Science, vol. 65, pp. 538–545, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.09.128.

8. Currency Recognition Using OpenCV Python. URL: <https://phdservices.org/currency-recognition-using-opencv-python/> (дата звернення: 06.07.2022).

9. Joshi, R., Yadav, S., Dutta, M. YOLO-v3 Based Currency Detection and Recognition System for Visually Impaired Persons, 2020, pp. 280-285. doi: 10.1109/IC3A48958.2020.233314.

10. Yamashita, R., Nishio, M., Do, R.K.G. et al. Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights Imaging* 9, 611–629 (2018). DOI: 10.1007/s13244-018-0639-9

11. Gandhi, Rohith. R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO – Object Detection Algorithms. 2018. URL: <https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e> (дата звернення: 30.06.2022).

12. Girshick, R., Donahue, J., Darrell T., and Malik, J. Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation, 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2014, pp. 580-587, doi: 10.1109/CVPR.2014.81.

13. Uijlings, J., Sande, K. van de, Gevers, T., and Smeulders, A. Selective search for object recognition. *IJCV*, 2013.

14. Girshick, R., Fast R-CNN, 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2015, pp. 1440-1448, doi: 10.1109/ICCV.2015.169.

15. Ren, S., He, K., Girshick, R. B., Sun, J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. Paper presented at the meeting of the NIPS, 2015.

16. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. 2016, pp. 779-788. doi: 10.1109/CVPR.2016.91.

17. Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. SSD: Single Shot MultiBox Detector, 2016. arXiv:1512.02325.

18. Simonyan, K., Zisserman, A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, 2014. arXiv: 1409.1556.

19. Lin, T., Dollár, P., Girshick, R., He, K., Hariharan, B., Belongie, S. Feature Pyramid Networks for Object Detection, 2016. arXiv:1612.03144.

20. Lin, T., Goyal, P., Girshick, R., He, K. Focal Loss for Dense Object Detection, 2017. arXiv:1708.02002.

21. He, K., Xiangyu, Z, Shaoqing, R, Jian, S. Deep Residual Learning for Image Recognition, 2016 IEEE Conference on Computer Vision and

Pattern Recognition (CVPR). Las Vegas, NV, USA: IEEE. pp. 770–778. arXiv:1512.03385. doi:10.1109/CVPR.2016.90. ISBN 978-1-4673-8851-1.

22. Python. Дата оновлення: 06.06.2022. Python 3.10.5 URL: <https://www.python.org/downloads/release/python-3105/> (дата звернення: 06.07.2022).

23. PyTorch Team. Дата оновлення: 28.06.2022. PyTorch 1.12: TorchArrow, Functional API for Modules and nvFuser, are now available, URL: <https://pytorch.org/blog/pytorch-1.12-released/> (дата звернення: 06.07.2022).

24. OpenCV Library Дата оновлення: 30.12.2021. OpenCV 4.5.5 Is Now Available! URL: <https://opencv.org/opencv-4-5-5/> (дата звернення: 06.07.2022).

25. Bank Note Authentication - Classification, URL: <https://www.kaggle.com/code/balams/bank-note-authentication-classification/notebook> (дата звернення: 06.07.2022).

26. Chen, John. Дата оновлення: 01.06.2021. K-Means Clustering Project: Banknote Authentication, URL: <https://towardsdatascience.com/k-means-clustering-project-banknote-authentication-289cfe773873> (дата звернення: 06.07.2022).

27. Aseffa, D., Kalla, H., Mishra, S. Ethiopian Banknote Recognition Using Convolutional Neural Network and Its Prototype Development Using Embedded Platform, Journal of Sensors, vol. 2022, Article ID 4505089, 18 pages, 2022. doi: 10.1155/2022/4505089

28. Khudov, H., Khizhnyak, I. et al. The Optimization Technique for Joint Discrete Search and Detection of Observation Objects, International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, № 8(2), 2020, pp. 533–538. doi: 10.30534/ijeter/2020/42822020.

REFERENCES

1. Gonzalez, R. C. and Woods, R. C. "Digital image processing". New York, NY: Pearson, 2018.

2. Guan, L.; He, Y.; Kung, S.-Y. (March 1, 2012). "Multimedia Image and Video Processing." CRC Press. pp. 331–. ISBN 978-1-4398-3087-1.

3. Roth, Peter M. & Winter, Martin (2008). "SURVEY OF APPEARANCE-BASED METHODS FOR OBJECT RECOGNITION" (PDF). Technical Report. ICG-TR-01/08.

4. Alsanabani, Ala; Ahmed, Mohammed; AL Smadi, Ahmad (2020). «Vehicle Counting Using Detecting-Tracking Combinations: A Comparative Analysis». 2020 the 4th International Conference on

Video and Image Processing. pp. 48–54. doi:10.1145/3447450.3447458. ISBN 9781450389075. S2CID 233194604.

5. Wu, Jianxin, et al. «A scalable approach to activity recognition based on object use.» 2007 IEEE 11th international conference on computer vision. IEEE, 2007.

6. S. Kwon, T. Pham, K. Park, D. Jeong, and S. Yoon, "Recognition of Banknote Fitness Based on a Fuzzy System Using Visible Light Reflection and Near-infrared Light Transmission Images," *Sensors*, vol. 16, no. 6, p. 863, Jun. 2016, doi: 10.3390/s16060863.

7. Sarfraz, M. "An Intelligent Paper Currency Recognition System," *Procedia Computer Science*, vol. 65, pp. 538–545, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.09.128.

8. "Currency Recognition Using OpenCV Python", available at: <https://phdservices.org/currency-recognition-using-opencv-python/>. (Accessed 6 July 2022).

9. Joshi, R., Yadav, S., Dutta, M. "YOLO-v3 Based Currency Detection and Recognition System for Visually Impaired Persons", 2020, pp. 280-285. doi: 10.1109/IC3A48958.2020.233314.

10. Yamashita, R., Nishio, M., Do, R.K.G. et al. "Convolutional neural networks: an overview and application in radiology". *Insights Imaging* 9, 611–629 (2018). doi: 10.1007/s13244-018-0639-9

11. Gandhi, Rohith (July 9, 2018). "R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO – Object Detection Algorithms", available at: <https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e> (Accessed 30 June 2022).

12. Girshick, R., Donahue, J., Darrell T., and Malik, J. "Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation," 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2014, pp. 580–587, doi: 10.1109/CVPR.2014.81.

13. Uijlings, J., van de Sande, K., Gevers, T. and Smeulders. A. "Selective search for object recognition". *IJCV*, 2013.

14. Girshick, R.,»Fast R-CNN,» 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2015, pp. 1440-1448, doi: 10.1109/ICCV.2015.169.

15. Ren, S., He, K., Girshick, R. B., Sun, J. «Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks». Paper presented at the meeting of the NIPS, 2015.

16. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection". 2016, pp. 779-788. doi: 10.1109/CVPR.2016.91.

17. Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.: "SSD: Single Shot MultiBox Detector", 2016. arXiv:1512.02325.

18. Simonyan, K., Zisserman, A. "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition", 2014. arXiv: 1409.1556.

19. Lin, T., Dollár, P., Girshick, R., He, K., Hariharan, B., Belongie, S. "Feature Pyramid Networks for Object Detection", 2016. arXiv:1612.03144.

20. Lin, T., Goyal, P., Girshick, R., He, K. "Focal Loss for Dense Object Detection", 2017. arXiv:1708.02002.

21. He, K., Xiangyu, Z, Shaoqing, R, Jian, S. "Deep Residual Learning for Image Recognition", 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Las Vegas, NV, USA: IEEE. pp. 770–778. arXiv:1512.03385. doi:10.1109/CVPR.2016.90. ISBN 978-1-4673-8851-1.

22. Python (June 6, 2022). "Python 3.10.5", available at: <https://www.python.org/downloads/release/python-3105/> (Accessed 6 July 2022)

23. PyTorch Team (June 28, 2022). "PyTorch 1.12: TorchArrow, Functional API for Modules and nvFuser, are now available", available at: <https://pytorch.org/blog/pytorch-1.12-released/> (Accessed 6 July 2022)

24. OpenCV Library (December 30, 2021), "OpenCV 4.5.5 Is Now Available!", available at: <https://opencv.org/opencv-4-5-5/> (Accessed 6 July 2022)

25. "Bank Note Authentication - Classification", available at: <https://www.kaggle.com/code/balams/bank-note-authentication-classification/notebook> (Accessed 6 July 2022)

26. Chen, John (Jun 1, 2021), "K-Means Clustering Project: Banknote Authentication", available at: <https://towardsdatascience.com/k-means-clustering-project-banknote-authentication-289cfe773873> (Accessed 6 July 2022)

27. Aseffa, D., Kalla, H., Mishra, S. "Ethiopian Banknote Recognition Using Convolutional Neural Network and Its Prototype Development Using Embedded Platform", Journal of Sensors, vol. 2022, Article ID 4505089, 18 pages, 2022. doi: 10.1155/2022/4505089

28. Khudov, H., Khizhnyak, I. et al. "The Optimization Technique for Joint Discrete Search and Detection of Observation Objects", International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, № 8(2), 2020, pp. 533–538. doi: 10.30534/ijeter/2020/42822020.

СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 12.04.2022

УДК 378.6.091.33:001.895]:62

DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2022-1-4>

Євгенія Василівна ОСТРОПОЛЬСЬКА,

к.е.н., доцент кафедри менеджменту, маркетингу та публічного адміністрування, «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая», Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0001-7462-8069

Данило Олегович БЕРЕЗОВСЬКИЙ,

кандидат наук з державного управління, доцент кафедри менеджменту, маркетингу та публічного адміністрування, «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая», Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0001-9529-8505

Олена Станіславівна ХОРОШАЙЛО,

к.пед.н., завідувач кафедрою загально-гуманітарних, природничих та економічних наук, Донбаський інститут техніки та менеджменту ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая», Краматорськ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-4193-6804

**ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ
СТУДЕНТІВ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ
В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ**

Стаття присвячена проблемам формування інноваційного освітнього середовища в умовах запровадження дистанційної форми навчання. Уведений воєнний стан в Україні з 24 лютого 2022 року здебільшого унеможливило очне навчання здобувачів освіти, тому дистанційне навчання, у багатьох регіонах, тимчасово, стало єдиною доступною формою в системі освіти. Методика проведення дистанційних занять знаходиться у процесі розвитку та удосконалення, а принципи дистанційного навчання та його особливості стали серйозними викликами для системи вищої освіти в цілому. Серед головних завдань використання технологій дистанційного навчання у ЗВО можна виокремити такі: створення найсприятливіших умов для здобувачів освіти у здобутті ними вищої освіти; підвищення кваліфікації професорсько-викладацького складу та перепідготовка кадрів на основі упровадження новітніх інформаційно-комунікаційних

та психолого-педагогічних технологій навчання. Для здійснення процесу дистанційного навчання викладачам та здобувачам освіти потрібен інструмент. Платформа є одним з таких інструментів. Це система програмного забезпечення, яка дозволяє розміщувати, спілкуватися, контролювати знання здобувачів освіти, здійснювати управління курсом та процесом навчання.

Активне використання інноваційних методів навчання, інноваційний шлях розвитку та використання інноваційних технологій викладання у вітчизняних вищих навчальних закладах є запорукою їх конкурентоспроможності серед великої кількості, як вітчизняних вищих навчальних закладах так й закордонних.

Ключові слова: інновації, дистанційне навчання, здобувачі вищої освіти, комп'ютерна техніка, програмне забезпечення, освітня платформа, освітнє середовище, інноваційні методики викладання.

Yevheniia OSTROPOLSKA,

PhD in Economics, Associate professor the Department of Management, Marketing and Public Administration, Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University (ISTU),
Kyiv, Ukraine

Danylo BEREZOVSKIY,

PhD in Public Administration, Associate professor the Department of Management, Marketing and Public Administration, Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University (ISTU), Kyiv, Ukraine

Olena KHOROSHAILO,

PhD, the Head of the General Humanitarian, Natural and Economic Sciences Department of Donbass Institute of Technology and Management IHE Academician Yuriy Bugay International Scientific and Technical University (ISTU), Kramatorsk, Ukraine

INNOVATIVE METHODS OF TRAINING STUDENTS OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN THE CONTEXT OF DISTANCE LEARNING

This article addresses the difficulties of creating an innovative learning environment in the context of distance learning. Due to martial law being imposed in Ukraine as of February 24, 2022, candidates are not permitted to enrol in higher education institutions full-time. As a

result, regular classroom instruction has temporarily been substituted in some places by distance learning. The higher educational system as a whole is facing substantial challenges due to the notions of distance learning and its components, and ways for doing so are currently being developed and improved. The main goals of adopting remote learning technologies in higher education institutions may be broken down into three categories: increasing the teaching staff's abilities; establishing favourable conditions for students to pursue higher education; and retraining people using new technology.

A tool is required for teachers and candidates to implement the distant learning process.

Personal attributes like activity, independence, creativity, responsibility, purposefulness, etc. are formed as a result of distance learning.

Therefore, candidates should develop soft skills (flexible ones), enhance their own information and digital competence, be able to recognize and determine the essential elements of the subject, and possess the drive to engage in educational activities.

As a result, the following benefits of distance learning are discernible for educational applicants: the capacity to set your own learning rate, watch educational content frequently, lower stress levels, and develop self-educational skills (learn to learn).

However, the introduction of distant learning into the educational process has drawbacks in addition to its benefits. These include limitations on face-to-face interaction, a focus on technology in daily life, and a constrained number of practice hours.

The secret to Ukrainian higher education schools' competitiveness among a huge number of local and international higher education institutions is their active utilization of innovative distance teaching methods and technologies.

Keywords: *innovation, distance learning, higher educational applicants, computer equipment, software, educational platform, educational environment, innovative teaching methods.*

Постановка проблеми. Сучасна вища освіта в Україні вимагає від науково-педагогічних працівників опанування і впровадження інноваційних методів викладання. Класифікацією, аналізом педагогічних інновацій займається педагогічна інноватика, основні напрями розвитку якої визначено Законами України «Про

освіту», «Про вищу освіту», Національною доктриною розвитку освіти. Сучасний соціально-економічний розвиток суспільства вимагає використовувати нові інноваційні методи та технології навчання студентів у вищих навчальних закладах, які дозволять майбутнім фахівцям бути більш конкурентоспроможними на ринку праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До питання упродовження та використання інформаційно-комунікаційних технологій у вищій школі зверталися науковці: А. Андреев, Т. Вахрущева, В. Кухаренко, В. Осадчий, Є. Полат, О. Рибалко, О. Скубашевська, А. Хуторський та інші.

Проблему розвитку дистанційної освіти досліджували як зарубіжні, так і вітчизняні науковці серед яких: Р. Деллінг, Г. Рамбле, Д. Кіган, М. Мур, А. Кларк, М. Томсон та вітчизняні: О. Андреев, Г. Козлакова, І. Козубовська, В. Олійник, А. Хуторський та багато інших. Але незважаючи на велику кількість наукових праць з даної проблеми сучасна дистанційна освіта в Україні швидше нагадує нам традиційні форми заочного навчання, без застосування нових форм і методів навчання.

Мета статті – аналіз основних інноваційних методів викладання у закладах вищої освіти в умовах використання дистанційної форми навчання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Уведений воєнний стан в Україні з 24 лютого 2022 року здебільшого унеможлиблює очне навчання здобувачів освіти, тому дистанційне навчання стало єдиною доступною формою в системі освіти. Так, відповідно до Закону України «Про освіту» статті 571 щодо державних гарантій в умовах воєнного стану, надзвичайної ситуації або надзвичайного стану, зазначено, що здобувачам освіти, які в умовах воєнного стану, надзвичайної ситуації або надзвичайного стану в Україні чи окремих її місцевостях, оголошених у встановленому порядку (особливий період) були вимушені змінити місце проживання (перебування), залишити робоче місце, місце навчання, незалежно від місця їх проживання (перебування) на час особливого періоду гарантується організація освітнього процесу в дистанційній формі або в будь-якій іншій формі, що є найбільш безпечною для його учасників [1].

Успішній реалізації дистанційного навчання в країні істотно сприяє її державна політика. За роки незалежності було ухвалено

ряд законів щодо інформатизації суспільства, зокрема Державна національна програма «Освіта» (Україна XXI століття), Закон України «Про Національну програму інформатизації», «Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні», «Положення про дистанційну форму здобуття повної загальної середньої освіти» та ін.

У наш час дистанційне навчання набуває все більшої актуальності. Дотепер дистанційне навчання було камерною формою, зазвичай, для дорослих людей або здобувачів освіти, які прагнули поглибити та покращити свої знання й уміння у певній галузі освіти. Щоправда події 2020 року через пандемію COVID-19, коли заняття у вищих навчальних закладах було припинено, дистанційне навчання набуло широких масштабів і педагоги за період локдауну набули значного практичного досвіду.

Сучасний рівень розвитку комп'ютерної техніки та різноманітного програмного забезпечення надає широкі можливості для підвищення ефективності навчання, але в умовах воєнного стану використання комп'ютерних технологій значно ускладнюється.

Дистанційне навчання – одна із форм навчання, яка виникла й удосконалювалася разом із розвитком інтернет-технологій, і на сьогодні має чіткі характерні ознаки, принципи і певні методичні напрацювання.

Дефініція «дистанційне навчання» характеризується різноманітністю визначень, що свідчить про широкий діапазон підходів до його тлумачення. У нашій роботі ми будемо керуватися визначенням дистанційного навчання, запропонованим у Наказі МОН № 466 від 25.04.13 року «Про затвердження Положення про дистанційне навчання»: «дистанційне навчання – індивідуалізований процес набуття знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини, який відбувається в основному за опосередкованої взаємодії віддалених один від одного учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій». [2].

Виклики сучасного суспільства, зокрема воєнний стан в Україні, вносять свої корективи в систему дистанційної освіти. Вона стає більш затребуваною, зростає актуальність проблем, пов'язаних з організацією навчання різних вікових груп здобувачів освіти, з вибором інтернет платформ для організації освітньої діяльності учнів, поєднанням традиційних методів навчання зі специфічними для дистанційної освіти.

Методика проведення дистанційних занять знаходиться у процесі розвитку та удосконалення, а принципи дистанційного навчання та його особливості стали серйозними викликами для системи вищої освіти в цілому.

Поняття «інноваційні методики викладання» є полікомпонентним, оскільки об'єднує всі ті нові й ефективні способи освітнього процесу (здобуття, передачі й продукування знань), які, власне, сприяють інтенсифікації та модернізації навчання, розвивають творчий підхід і особистісний потенціал здобувачів вищої освіти. [10]

Сьогодні інновації в галузі освіти поділяють на:

- психолого-педагогічні – нововведення в навчальний, виховний, управлінський процес;
- науково-виробничі – комп'ютерні та мультимедійні технології;
- соціально-економічні – правові, юридичні та економічні нововведення.

В свою чергу інноваційні технології у вищому навчальному закладі характеризують, як технології, засновані на нововведеннях: організаційних (пов'язаних із оптимізацією умов освітньої діяльності), методичних (спрямованих на оновлення змісту освіти та підвищення її якості); які дозволяють:

- студентам: ефективно використовувати навчально-методичну літературу та матеріали; засвоювати професійні знання; розвивати проблемно-пошукове мислення; формувати професійне міркування; активувати науково-дослідницьку роботу; розширювати можливості самоконтролю отриманих знань;
- викладачам: оперативно обновлювати навчально-методичну літературу; впроваджувати модульні технології навчання; використовувати імітаційні технології навчання; розширювати можливості контролю знань студентів;
- у цілому: удосконалювати якість наявних технологій підготовки фахівців.

Сьогодні найбільш популярними інноваційними методами навчання, які дозволяють використовувати нові технології викладання є: контекстне навчання, імітаційне навчання, проблемне навчання, модульне повне засвоєння знань, дистанційне навчання.

У табл.1 представлено порівняльну характеристику інноваційних методів навчання.

Аналіз характеристик інноваційних методів навчання показав, що вище наведені методи можуть бути ефективно використані у навчальному процесі кожний окремо, але на нашу думку більш ефективний результат можливо отримати від комплексного та системного використання деяких методів, наприклад, поєднати дистанційне навчання із модульним та проблемним навчанням.

Отже, враховуючи сучасне активне використання інноваційних методів навчання, інноваційний шлях розвитку та використання інноваційних технологій викладання у вітчизняних вищих навчальних закладах є запорукою їх конкурентоспроможності серед великої кількості, як вітчизняних вищих навчальних закладах так й закордонних.

Дистанційне навчання може бути реалізовано у синхронній та асинхронній формах.

Синхронний формат означає співпрацю в режимі реального часу. Його перевага в тому, що можна залучати учасників миттєво та у визначений час. Це «прямий ефір», у якому здобувачі освіти можуть контактувати через засоби зв'язку безпосередньо з викладачами через відео- чи аудіозв'язок, відбувається спілкування в чаті. До синхронного формату навчання можемо віднести вебінар, відеоконференцію, віртуальний клас, онлайн-тренінг.

Асинхронний формат може охоплювати різноманітні засоби інформації, аудіо- та відео-лекції (але не обмежуватися ними). За допомогою асинхронного режиму навчання здобувачі освіти працюють у власному темпі та у зручний для себе час. Асинхронний режим застосовують до різних форм цифрового та онлайн навчання.

До синхронного формату дистанційного навчання відносимо: масові відкриті онлайн-курси, онлайн-літературу, блоги, форуми, чати, електронну пошту.

Порівнюючи синхронне та асинхронне навчання, ми можемо виділити деякі особливості кожного формату. Зокрема, синхронний формат передбачає для здобувачів освіти швидкий зворотний зв'язок від педагога (можна відразу пояснити ті концепції та поняття, які викликають у слухачів складнощі); організацію групових активностей; розвиток навичок комунікації та колаборації; мотивацію до навчання в процесі спілкування.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика інноваційних методів навчання

Інноваційні моделі навчання	Ключові особливості	Характеристика традиційної моделі, що розвивається
Контекстне навчання	Інтеграція різних видів діяльності студентів: навчальної, наукової, практичної	Створення умов, максимально наближених до реальних Збільшення частки практичної роботи студента (з акцентом на прикладну)
Імітаційне навчання	Використання ігрових та імітаційних форм навчання	Збільшення частки активних методів навчання (імітації й імітаційні ігри)
Проблемне навчання	Ініціювання самостійного пошуку (студентом) знань через проблематизацію (викладачем) навчального матеріалу	Зміна характеру навчального завдання і навчальної праці (з репродуктивного на продуктивний, творчий)
Модульне навчання	Зміст навчального матеріалу жорстко структурується з метою його максимально повного засвоєння, супроводжуючись обов'язковими блоками вправ і контролю за кожним фрагментом	Специфічна організація навчального матеріалу в найбільш стислому і зрозумілому для студента вигляді
Повне засвоєння знань	Розроблення варіантів досягнення навчальних результатів (на основі зміни параметрів умов навчання) для учнів з різними здібностями	Увага на фіксації результатів навчання
Дистанційне навчання	Широкий доступ до освітніх ресурсів, гранично опосередкована роль викладача та самостійна й автономна роль студента	Використання новітніх інформаційно-комунікаційних технологій і засобів

Джерело: [3]

У свою чергу, асинхронний формат можна охарактеризувати гнучкістю графіка (навчання легко поєднується з роботою та іншими заняттями); можливістю засвоювати навчальний матеріал у власному темпі; доступністю навчальних матеріалів у зручний для здобувача освіти час; розвитком навичок самоорганізації та уміння вчитися.

До недоліків синхронного формату навчання можемо віднести:

- необхідність синхронізувати графік і підлаштовуватися під загальний темп навчання;
- якщо індивідуальна увага педагога потрібна кільком слухачам, то іншим доводиться чекати;
- залежність ефективності навчання від особистості педагога;
- високі вимоги до якості зв'язку під час навчальних занять.

До недоліків асинхронного формату відносимо:

- неможливість швидко отримати пояснення від педагога, якщо не розумієш навчальний матеріал;
- складність розвитку навичок, які вимагають взаємодії з педагогом під час відпрацювання;
- високі вимоги до організації самостійного навчання.

Таким чином, вдале поєднання синхронної та асинхронної форми реалізації дистанційного навчання дозволить нівелювати значну частину недоліків, що притаманні цієї формі навчання.

Метою впровадження дистанційного навчання у ЗВО є:

- підтримка традиційного навчального процесу, коли за допомогою системи дистанційного;
- навчання проводяться дистанційні курси;
- підвищення якості освіти;
- підготовка конкурентоспроможного фахівця здатного конкурувати на ринку праці;
- залучення здобувачів освіти, які не в змозі відвідувати очні заняття;
- залучення великої кількості слухачів;
- створення єдиного інформаційного простору ЗВО [1, с. 87].

Серед головних завдань використання технологій дистанційного навчання у ЗВО можна виокремити такі: створення найсприятливіших умов для здобувачів освіти у здобутті ними вищої освіти; підвищення кваліфікації професорсько-викладацького складу та перепідготовка кадрів на основі упровадження новітніх інфор-

маційно-комунікаційних та психолого-педагогічних технологій навчання.

Для здійснення процесу дистанційного навчання викладачам та здобувачам освіти потрібен інструмент. Платформа є одним з таких інструментів. Це система програмного забезпечення, яка дозволяє розміщувати, спілкуватися, контролювати знання здобувачів освіти, здійснювати управління курсом та процесом навчання.

«Середовище дистанційного навчання» – це сукупність методів та програмних засобів, за допомогою яких відбувається виконання віддаленої технології дистанційного навчання.

Таке середовище утворюється двома способами:

- за допомогою платформ (систем) дистанційного навчання (Moodle, Ding Talk, Zoom, Microsoft Teams, Clasdojo та Google Classroom та інші);
- за допомогою сукупності служб та сервісів мережі Інтернет (блог, електронна пошта, онлайн дошка, онлайн-відео та -аудіо, чати, форуми, онлайн засоби проведення тестування, онлайн презентації, електронні бібліотеки тощо) [10, с. 8].

Висновки і пропозиції. Упровадження дистанційних технологій навчання у освітній процес спрямоване на глибоке розуміння навчального матеріалу та формування комунікативних (безпосереднє спілкування за допомогою засобів мережі Інтернет), інформаційних (пошук інформації з різних джерел та можливість її критичного осмислення), самоосвітніх (уміння навчатись самостійно) компетентностей.

Дистанційне навчання сприяє формуванню таких особистісних якостей як активність, самостійність, креативність, творчість, відповідальність, цілеспрямованість тощо.

Тому здобувач освіти має вчитися працювати у команді дистанційно, оволодіти skill soft (гнучкими навичками), підвищити власну інформаційно-цифрову компетентність, вміти виокремити та опрацювати необхідний зміст навчальної дисципліни, мотивуватися до здійснення освітньої діяльності та побудови власної траєкторії розвитку.

Таким чином, серед переваг дистанційного навчання для здобувача освіти можна виокремити: можливість підлаштову-

вати темп навчання під себе; виявити зони розвитку здобувачів освіти; проглядати навчальний матеріал повторно; зниження психічного та фізичного навантаження; формування навички самоосвіти (навчитися вчитися).

Проте поряд з перевагами є і недоліки у впровадженні дистанційного навчання в освітній процес. До них можемо віднести: обмеження безпосереднього соціального спілкування; гаджетизація життя; мала кількість годин, яка відведена на практику.

Отже, виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що сучасні інформаційно-комунікаційні технології не замінять живого спілкування здобувачів освіти з педагогом, але кожна проблема породжує нові можливості: для здобувачів освіти – навчитися вчитися самостійно, для педагогів – навчитися використовувати цифрові технології у навчанні.

© **Остропольська Є.В., Березовський Д.О., Хорошайло О.С., 2022**

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про освіту»: редакція від 6.04.2022 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.
2. Про затвердження Положення про дистанційне навчання Наказ МОН № 466 від 25.04.13 року. URL: https://osvita.ua/legislation/Dist_osv/2999/.
3. Вишнівський В.В., Гніденко М.П., Гайдур Г.І., Ільїн О.О. Організація дистанційного навчання. Створення електронних навчальних курсів та електронних тестів. Київ : ДУТ, 2018. 140 с.
4. Жевакіна Н.В. Технологія дистанційного навчання: сутність та особливості. Вісник ISSN 1992-5786. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. Луган. держ. пед. ун-ту імені Тараса Шевченка. № 4. 2021. С. 68–373.
5. Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні (затверджено Постановою МОН України В.Г. Кременем 20 грудня 2000 р.).
6. Кухаренко В.М. Дистанційне навчання: умови застосування. Дистанційний курс : навч. посіб. / за ред. В.М. Кухаренка. 3-тє вид. Харків : НТУ«ПІ», «Торсінг», 2019. 320 с.

7. Кухаренко В.М. Змішане навчання. Вебінар. URL: <http://www.wiziq.com/online-class/2190095-intel-blended>.

8. Наказ МОНУ від 25 квітня 2013 року (№ 466) «Положення про дистанційне навчання». URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13>.

9. Осадча К.П. Організаційні проблеми впровадження системи управління курсами у процесі професійної підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій. URL: <http://2013.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=24&lang=ru>.

10. Осадчий В.В. Система дистанційного навчання університету. Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету. № 5. 2020. С. 7–16.

REFERENCES

1. The Verkhovna Rada of Ukraine (2022), The Law of Ukraine "On Education", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.

2. Pro zatverdzhennia "Polozhennia pro dystantsiine navchannia" [On approval of the regulation on distance learning], Nakaz MON № 466 vid 25.04.13 roku, available at: https://osvita.ua/legislation/Dist_osv/2999/.

3. Vyshnivskiy V.V., Hnidenko M.P., Haidur H.I., Ilin O.O. "Orhanizatsiia dystantsiinoho navchannia. Stvorennia elektronnykh navchalnykh kursiv ta elektronnykh testiv", [Organization of distance learning. Create e-learning courses and electronic tests.] Kyiv: DUT, 2018. 140 s.

4. Zhevakina N.V. "Tekhnolohiia dystantsiinoho navchannia: sutnist ta osoblyvosti", [Distance learning technology: essence and features], Visnyk ISSN 1992-5786. Pedagogika formuvannia tvorchoi osobystosti u vyshchii i zahalnoosvitnii shkolakh. Luhan. derzh. ped. un-tu imeni Tarasa Shevchenka. № 4. 2021. S. 68–73.

5. "Kontseptsiia rozvytku dystantsiinoi osvity v Ukraini", [Concept of distance education development in Ukraine], (zatverdzheno Postanovoiu MON Ukrainy V.H. Kremenem 20 hrudnia 2000 r.).

6. Kukharenko V.M. "Dystantsiine navchannia: umovy zastosuvannia. Dystantsiinyi kurs", [Distance learning: terms of use. Distance learning course]: navch.posib. / za red. V.M. Kukharenka. 3-tie vyd. Kharkiv : NTU«PI», «Torsinh», 2019. 320 s.

7. Kukharenko V.M. "Zmishane navchannia", [Blended learning], Vebinar, available at: <http://www.wiziq.com/online-class/2190095-intel-blended>.

8. The Verkhovna Rada of Ukraine (2013), The Law of Ukraine "On Distance Learning", available at: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13>.

9. Osadcha K.P. "Orhanizatsiini problemy vprovadzhennia systemy upravlinnia kursamy u protsesi profesiinoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv z informatsiinykh tekhnolohii", [Organizational problems of implementing a course management system in the process of professional training of future information technology specialists], available at: <http://2013.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=24&lang=ru>.

10. Osadchyi V.V. "Systema dystantsiinoho navchannia universytetu", [University Distance Learning System], Naukovyi visnyk Melitopolskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu. № 5. 2020. S. 7–16.

СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 20.04.2022

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

«IT SYNERGY»

Заклад вищої освіти
«Міжнародний науково-технічний університет
імені академіка Юрія Бугая»
Вип. 1(2), Київ, 2022. – 76 с.

Відповідальний за випуск О. І. Бражнікова

Статті збірника проходять обов'язкове рецензування членами редакційної колегії, друкуються мовою оригіналу. Редакція не обов'язково поділяє думку автора і не відповідає за фактичні помилки, яких він припустився.

Підписано до друку 30.04.2022.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. – 4.42. Тириж 100. Зам. № 101.

Друк: Видавництво ТОВ «А-ЦЕНТР».
Свідоцтво про реєстрацію Серія ДК №599 від 14.01.2001 р.
04112, м. Київ, вул. Івана Гонти, 3А.