

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ІРАКУ
AL-RAFIDAIN UNIVERSITY COLLEGE**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ ПОЛЬЩІ
УНІВЕРСИТЕТ У БЕЛЬСЬКО-БЯЛІЙ**



**II Міжнародна науково-практична конференція
“Новітні технологічні тенденції інтелектуальної
індустрії та Інтернету речей”**

«TTSIIT-2023»

24-25 січня 2023 р.

Україна-Ірак-Польща

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF CONSTRUCTION AND
ARCHITECTURE**

**MINISTRY OF EDUCATION OF IRAQ
AL-RAFIDAIN UNIVERSITY COLLEGE**

**UNIVERSITY OF BIELSKO-BIALA
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF POLAND**



**The 2st International Conference on Emerging
Technology Trends on the Smart Industry and the
Internet of Things**

«TTSIIT-2023»

January 24-25th2023

Ukraine-Iraq-Poland

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Хлапонін Ю. І. – доктор технічних наук, професор

Касім Н. Х. – кандидат технічних наук, доцент

Власенко М. М. – магістр, інженер

Шистун О. Р. – магістр, інженер

Конференція проведена за організаційної, інформаційної та технічної підтримки кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії КНУБА (завідувач кафедри д.т.н., проф. Хлапонін Ю.І.)



Відібрані оргкомітетом доповіді після допрацювання опубліковані в виданні, яке індексується в наукометричній базі Scopus



ЗМІСТ

ВСТУПНЕ СЛОВО. INTRODUCTORY WORD	6
 Михайло ГРІШИН АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦІНКИ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ НЕРУХОМОСТІ	 7
 Oleksandr HONCHARUK, Stanislav BIRUK REAL-TIME EYE TRACKING SYSTEM FOR COMPUTER INTERACTION BASED ON DEEP LEARNING METHODS	 11
 Petro LOBODA, Ivan STAROVIT DATA FORMALIZATION OF THE DIGITAL TWIN FOR THE NEW SAFE CONFINEMENT OF THE CHNPP.....	 15
 Tetiana NESKORODIEVA, Eugene FEDOROV, Olga NECHYPORENKO MULTI-CLASS CLASSIFICATION METHOD BASED ON REACTIVE AGENT ENSEMBLE	 19
 Zakhar OSTROVSKY, Volodymyr VOZNIAK MULTI-TASK GRAPH NEURAL NETWORK FOR PREDICTION OF ADME- TOX PROPERTIES OF MOLECULES	 23
 Vladyslav YELISIEIEV GENERATIVE DIFFUSION MODELS	 28
 Козубцова Л.М., Козубцов І.М., Тульчинська Д.М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ ТА КІБЕРБЕЗПЕКИ НА ПОЛІ БОЮ	 30
 Козубцова Л.М., Сновида В.Є., Зубко О.А., Огнева Л.Г. ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН В ОСВІТНІЙ СФЕРІ	 33
 Yevheniia SHABALA IOT BASED FUEL LEVEL MONITORING.....	 37
 Boris BANKOV, Ivan KUYUMDZHIEV APPLICATION OF MODERN TEXT MINING ALGORITHMS IN PHD PROJECTS .	 42
 Snezhana SULOVA A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR INNOVATIVE DIGITAL DATA PROCESSING IN THE CONSTRUCTION BUSINESS.....	 48
 Олександр СТРАХ PROTECTING OF AGGREGATE DATA IN IOT SYSTEMS	 53

Ольга ІЗМАЙЛОВА, Ганна КРАСОВСЬКА, Катерина КРАСОВСЬКА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ КОМПАНІЇ	56
Vladyslav LUTSENKO, Volodymyr NAKONECHNYI, Serhii TOLIUPA, Volodymyr SAIKO BLOCKCHAIN TECHNOLOGY USAGE IN THE BANKING INDUSTRY	61
Dmytro ANDROSOV RECOMMENDATION RETRIEVAL ON DYNAMIC GRAPHS	66
Denys CHERNYSHEV, Nataliia KOSTYSHYNA, Mykola TSIUTSIURA, Andrii YERUKAIEV, Nadiia RUSAN EVALUATION OF THE COMFORT OF AN APARTMENT BUILDING WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS	69
Kateryna KYIVSKA, Svitlana TSIUTSIURA, Igor RUSAN, Olexander TERYTYEV INTEGRATION OF SMART TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION	74
Vasiliy PECHUK, Nataliya BONDARENKO MODELING OF TIME-DELAY DYNAMICAL SYSTEMS BY EXPLICIT HYBRID METHODS OF THE FIFTH ORDER OF CONVERGENCE	78
Myroslava VLASENKO APPLICATION OF THE INTERNET OF THINGS	82
ФОТО З КОНФЕРЕНЦІЇ	86

ВСТУПНЕ СЛОВО. INTRODUCTORY WORD

Петро Куліков

*Професор, доктор економічних наук,
Ректор Київського національного університету будівництва і архітектури.
Почесний академік Національної академії педагогічних наук України,
Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки.
Заслужений працівник освіти України,
Президент Співки ректорів закладів вищої освіти України,
Віце-президент Будівельної палати та Академії будівництва України*

Шановні учасники конференції!

Між нашими Університетами підписані Меморандуми про співпрацю. І сьогодні ми маємо нагоду прийняти участь у спільному заході – конференції, яка організована ініціативними групами наших університетів.

Наш університет готує фахівців з будівельних та архітектурних спеціальностей, а також зацікавлений у підготовці фахівців з таких перспективних напрямків, які сьогодні будуть обговорюватися на конференції. Тема конференції на сьогоднішній день є дуже актуальною, тому що в будівництві впроваджуються нові технології, такі як “Розумний будинок”, “Розумне місто” та впроваджуються технології Інтернету речей при експлуатації житлових та промислових будівель. КНУБА має тісні партнерські зв’язки з будівельними компаніями та може запропонувати архітектурні та будівельні рішення та проекти житлових та промислових об’єктів.

Сподіваюсь, що робота конференції буде плідною, ми виступимо з доповідями та поділимося результатами своїх наукових досліджень.

Бажаю успіху!

АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦІНКИ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ НЕРУХОМОСТІ

Михайло ГРІШИН, студент кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії¹

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Анотація

Оціночна діяльність є одним із головних напрямів державної політики, тому її розвиток та цифровізація є невід'ємною частиною вдосконалення діяльності окремих суб'єктів господарювання та економіки країни в цілому. Найбільш сучасною формою цифровізації оціночної діяльності є сервіс автоматичної оцінки. Процедури проведення автоматизованої масової та індивідуальної оцінки базуються на застосуванні засобів та методів інформаційних технологій в оціночній діяльності та призначені для використання у сфері оцінки майна та майнових прав. В основу концепції автоматизованої оцінки покладено адаптивні гібридні моделі ринкового ціноутворення у різних сегментах ринку нерухомості з використанням програмно-реалізованого алгоритму визначення ринкової вартості.

Ключові слова

Оціночна діяльність, автоматична оцінка, цифровізація, нерухомість.

1. Постановка задачі

На сьогоднішній момент держава на законодавчому рівні закріпила визначення оціночної вартості з метою оподаткування під час угод купівлі-продажу нерухомості як обов'язкове [4-7]. Це зумовлює необхідність розробки методології процедури автоматизованої оцінки з визначення оціночної вартості об'єкта з урахуванням його ринкової вартості.

Для побудови адекватної моделі має існувати розвинений ринок нерухомості як об'єкт аналітичних досліджень, які в свою чергу забезпечуються наявністю: 1. інформаційної бази оцінки, тобто розподілених баз даних ринку нерухомості на основі СУБД; 2. комп'ютерних інформаційних технологій, що дозволяють автоматизувати оціночні процедури, на базі програмно-реалізованих алгоритмів проведення оціночних процедур, апаратного, математичного, методичного, кадрового, юридичного забезпечення та автоматизованої системи документообігу.

2. Актуальність проблеми

Оціночна діяльність є інформаційною базою для прийняття господарських рішень, а також сприяє трансформації економіки, формує конкурентне ринкове середовище, особливо на ринку нерухомості, активізує інвестиційну та інноваційну діяльність. Без розвитку оціночної діяльності складно уявити подальше формування та ефективне функціонування ринку.

У міжнародній практиці оцінки для оподаткування нерухомості та угод із нею широко використовуються моделі та методи масової оцінки. Застосування методів масової оцінки регламентується низкою міжнародних стандартів оцінки (MP 13 МСО), американськими (USPAD) та європейськими стандартами оцінки (TEGOVA). Особливо слід відзначити 16 стандартів міжнародної асоціації податкових

оцінювачів – International Association of Assessing Officers (IAAO), які визначають процедуру проведення масової оцінки.

За визначенням, сформульованим у стандартах IAAO, а саме в Standard on Mass Appraisal of Real Property (Approved April 2013) і Standard on Automated Valuation Models, 2003 (AVMs), масова оцінка є процесом оцінки групи об'єктів на певну дату з використанням баз даних, моніторингу ринку нерухомості, стандартів подання даних, статистичних процедур обробки даних. При цьому однією з основних вимог до моделей масової оцінки є те, що вони повинні адекватно відображати ринок конкретного сегменту нерухомості в конкретному регіоні. Стандарти вимоги до автоматизованих систем масової оцінки (AVMs).

3. Формулювання цілей дослідження

Завдання, на вирішення якого спрямовано цю роботу: розробка концептуальної схеми автоматизованої системи проведення масової та індивідуальної оцінки з виконанням вимог об'єктивності, однаковості та узгодженості отриманих результатів, а також мінімізації впливу суб'єктивного фактора.

4. Проблема інформаційного забезпечення

Проблема інформаційного забезпечення під час проведення оціночних процедур одна із найактуальніших і найболючіших. Достовірність та надійність результуючої оцінки не може бути забезпечена без адекватної ринкової інформації, яка була б доступна практикуючим оцінювачам. На цьому безперечному факті наголошують як вітчизняні, так і міжнародні стандарти оцінки.

Аналізуючи та вивчаючи ринок нерухомості необхідно використовувати просторово-розподілену інформацію, яка інтегрує широкий набір даних, що зберігаються в електронних таблицях та інших видах документів та форматах даних. Тому актуальним завданням є розробка та дослідження математичних моделей та методів аналізу ринку нерухомості, з подальшим їх розвитком та адаптацією з технологіями геоінформаційних систем (ГІС – електронних карт) [1, 3].

Таким чином, технічна реалізація автоматизованої оцінки неможлива з погляду досягнення адекватного результату оцінки, його об'єктивності, однаковості та узгодженості без наявності джерел інформаційного забезпечення оціночних процедур, якими є розподілені бази даних ринку нерухомості (Data Mining) та результати багаторівневого системного аналізу ринку нерухомості.

5. Технічна реалізація

Технічна реалізація запропонованого способу автоматизованої оцінки з метою оподаткування та нарахування та сплати інших обов'язкових платежів здійснюється функціональними модулями електронного прийому замовлень, автоматизованої інформаційної системи розподілених баз даних та багаторівневої аналітики ринку нерухомості, а також модулем адаптивної моделі ринкового ціноутворення, які виконують наступні операції:

- модуль прийому/видачі замовлень, реалізований за принципами та правилами електронного документообігу, який виконує функцію комп'ютерної обробки

вхідної інформації у вигляді електронного документа, підписаного електронним цифровим підписом (ЕЦП) та збереженого на машинному носії у вигляді файлу відповідного формату, забезпечує можливість контролю цілісності та підтвердження справжності документів, що зберігаються в електронному архіві суб'єкта оціночної діяльності;

- модуль програмно-апаратного комплексу суб'єкта оціночної діяльності, з виділеним автоматизованим робочим місцем (АРМ) оцінювача, реалізований мовою програмування C# на платформі .NET Framework, вирішує функцію управління локальними копіями баз даних, реалізує спосіб автоматизованої масової та індивідуальної оцінки трьома підходами: методом ринкових порівнянь здійснює автоматизований вибір аналогів з актуальної бази даних, проводить за адаптивною моделлю ринкового ціноутворення корекції за ціноутворюючими факторами (ЦУФ), визначає оцінну вартість та межі довірчого інтервалу її значень; за прибутковим підходом в автоматизованому режимі за процедурою подібною до порівняльного підходу визначає величини орендних ставок, визначає на основі даних аналітики ринку величини значень вимірювачів прибутковості, формує прогнозні грошові потоки, визначає величину оціночної вартості та межі довірчого інтервалу її значень; за витратним підходом з використанням актуалізованої бази даних нормативних та довідкових документів в автоматичному режимі визначає величину оціночної вартості; автоматично формує звіт у стислій та повній формі, надає табличне та графічне подання досліджень з аналізу ринку оцінюваного сегмента нерухомості, здійснює автоматизовану реєстрацію виконаних звітів у єдиній базі даних звітів про оцінку з метою оподаткування та нарахування та сплати інших обов'язкових платежів, які стягуються відповідно до законодавства;

- модуль автоматизованої інформаційної системи (AIC) розподілених баз даних нерухомості, побудованих на основі СУБД MySQL, яка виконує функції моніторингу ринку нерухомості, у тому числі програмними засобами обробки неструктурованої інформації, формування за стандартним шаблоном структурованих вихідних даних по об'єктах нерухомості, представлених на ринку, очищення бази даних від неякісної інформації, визначає базові показники стану ринку нерухомості (цінові індекси ринку, прогнозні тренди, кон'юнктури попиту та пропозиції, активності ринку, ліквідності об'єктів нерухомості різних сегментів ринку), експорт бази даних до зовнішнього джерела даних для подальшого зберігання та використання в інших модулях;

- модуль єдиної аналітичної платформи на базі інтелектуального та статистичного аналізу ринку нерухомості, який виконує функції розрахунку показників описової статистики сформованої вибірки: середні, максимальні, мінімальні значення, стандартні та абсолютні відхилення, коефіцієнти варіації, детермінації та дисперсії, прогнозні тренди, показники; реалізує алгоритми регресійного та кластерного аналізу, генерації та експорту параметрів моделей ціноутворення, візуалізації результатів аналізу у вигляді таблиць, діаграм та графіків.

6. Механізм роботи

Сервіс автоматичної оцінки нерухомості отримує необхідну інформацію з джерел, що знаходяться у відкритому доступі та містять дані про ціни, зазначені у договорах купівлі-продажу об'єктів нерухомості, які були внесені нотаріусами до Єдиної бази, а також дані про ринкову вартість об'єктів нерухомості, внесені до єдиної бази виходячи з звітів про оцінку [2].

Механізм роботи цього способу наступний:

1. Створення електронного цифрового підпису, необхідного для реєстрації в єдиній базі даних. Для цього необхідно запровадити низку особистих даних (ПІБ, населений пункт, пошту). Цей електронний підпис буде дійсним протягом року.
2. Реєстрація онлайн-системі.
3. Внесення даних про об'єкт нерухомості. Цей етап складається з трьох розділів, які необхідно заповнити по черзі («про об'єкт оцінки», «адресу об'єкта», «дані про оцінку»).
4. Отримання довідки про оцінку. Система генерує довідку, яку залишається лише завантажити із сайту сервісу. У ній міститься вся внесена інформація про об'єкт оцінки, а також інформація про вартість об'єкта та його унікальний реєстраційний номер. Зазначається, що одержана вартість може відхилитися від середньозваженої в межах 25%.

7. Висновки

Основною метою розробки теоретичних та практичних аспектів масової та індивідуальної оцінки нерухомості для цілей оподаткування є створення та обґрунтування моделі фіскальної оцінки нерухомості на базі її ринкової вартості. Організація масової оцінки нерухомості з метою встановлення її оподатковуваної вартості максимально наближеною до категорії «ринкова вартість», дозволить повною мірою реалізувати принципи ефективної податкової політики. Проведення великомасштабної оцінки нерухомості на основі ринкової вартості сприятиме ліквідації існуючої «деформації» вартісних характеристик оподатковуваних об'єктів нерухомості, розрахованих з урахуванням іншого виду вартості та забезпеченню рівних умов оподаткування для всіх власників нерухомості.

Таким чином, автоматизована оцінка є корисним та унікальним сервісом, який може бути ефективно використаний для розрахунку вартості типових об'єктів нерухомості, проте для унікальних об'єктів слід застосовувати автоматизовану систему за участю експертів-оцінювачів. При цьому самі новітні технології, на основі яких розробляються автоматизовані системи оцінки, можуть бути корисними для розуміння користувачами цін.

Основною ж перевагою даного сервісу є миттєве складання довідки про оцінну вартість об'єкта нерухомості та доступність сервісу – скористатися ним може кожен громадянин, який має доступ до Інтернету.

8. Література

- [1] «Актуальні проблеми ринку оціночних послуг, нові перспективи. Досвід сучасної оцінки в Європі », Барселона, Іспанія. 25-28 квітня 2013р.
- [2] Автоматична оцінка майна: як працює і де криються підводні камені : [Електронний ресурс]// Інтернет-портал Укрінформ. URL: <https://www.ukrinform.ru/rubric-economy/3295157-avtomaticheskaya-ocenka-imushchestva-kak-rabotaet-i-gde-kroutsa-podvodnye-kamni.html> (дата доступу: 16.01.2023).
- [3] Митрофанова Е.И., Гермонова Е.А., Куличенко Е.В., "Разработка информационного обеспечения для выполнения оценки недвижимости" в сб. "Научные работы Донецького національного технічного університету", серія: Гірничо-геологічна. Випуск 12 (173), 2010 р., 260 с.
- [4] Наказ Міністерства юстиції України №766/5 від 21.05.2012р.
- [5] Наказ ФДМУ № 555 від 23 квітня 2012 року «Про затвердження Порядку ведення реєстру оцінщиків та суб'єктів діяльності оцінювання».
- [6] Національний стандарт N 2 "Оцінка нерухомого майна" {Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ N 1103 (1103-2011-п) від 26.10.2011 N 231 (231-2013-п) від 04.03.2013.
- [7] Оцінка майна в Україні: Монографія/ Л. І. Воротіна, В. Є. Воротін, В. Г. Лісняк та ін.; Європейський ун-т. – К.: Вид-во Європейського ун-ту. – 2004 – Т. 1: Нерухоме майно. – 2004. – 216 с.

REAL-TIME EYE TRACKING SYSTEM FOR COMPUTER INTERACTION BASED ON DEEP LEARNING METHODS

Oleksandr HONCHARUK, Master of Computer Science¹

Stanislav BIRUK, Master of Applied Mathematics²

¹NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Institute for Applied System Analysis, Artificial Intelligence Department, Computer science (Artificial intelligence systems and methods), honcharuk.oleksandr@iill.kpi.ua

²NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Faculty of Applied Mathematics, Applied Mathematics Department, Applied Mathematics (Data science and mathematical modeling), stas.biruk7@gmail.com

Abstract

A variety of ways to enter data and increase their accuracy increases the productivity and convenience of human interaction with any system. One of the areas of development is the creation of such devices that allow people with disabilities to use devices without excessive complexity. But such devices are usually very expensive. The aim of this work is to improve eye tracking methods and create a prototype system for controlling a computer using only a webcam.

1. Introduction

Mankind has invented a large number of input devices that allow us to interact with the computer. This makes it possible to use the device to solve our application tasks. Such as searching for information, watching videos, correspondence, writing texts, creating images, editing videos, etc. It is by using input devices that we can interact with the hardware of a computing device.

The aim of the work is to improve existing methods of eye tracking through the use of deep learning methods. And the development of a working prototype of a system that can

predict in real time the direction of the user's gaze relative to the camera, which ultimately allows you to control the cursor of the device and perform the necessary tasks on the computer.

2. Data set

In this study, the Gaze Capture dataset [1] was used, which contains 2.5 million images from 1450 different people. This dataset contains information that allows to identify where the gaze is concentrated on the display using only the image of a person's face.

The overall assessment of data representativeness is determined based on the Dataset Characteristics method [1], which estimates the head position (h) and gaze direction (g) for each image. Comparison of the final distributions of h and g for the selected GazeCapture dataset and other MPIIGaze [2] and TabletGaze [3] datasets (Fig. 1) confirms the variability of head position and gaze in different datasets, which has a positive effect on the representativeness of the data and the quality of the trained neural network.

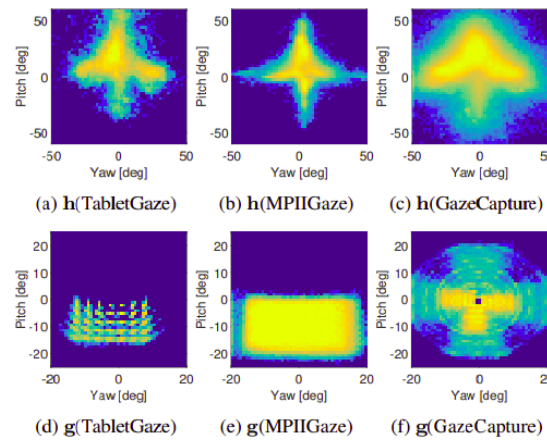


Figure 1:Representativeness of Gaze Capture compared to existing datasets [2]

We also created our own data set, which consists of 10 thousand images of a person who tested the application. In other words, the model was trained to the characteristics of the end user.

3. Neural network architecture

It was proposed to improve the existing neural network architecture [1] by adding an attention mechanism.

The input of the model is: (1) face image and (2) mask of its positioning relative to the target image); (3-4) two images of the left and right eyes. By combining this information, the model is able to determine the coordinates of the user's gaze. The general architecture of the neural network with the corresponding dimensions is shown in Figure 2.

Since observations involve the use of various digital devices: phones, tablets and personal computers, it is necessary to define a universal target variable. In this case, it is the x, y coordinates relative to the camera, which take the value in centimeters.

The Huber error function was chosen as the optimization function. Adam was chosen as the optimizer.

The model error by MAE metric is 0.73 and 0.65 centimeters for x and y, respectively.

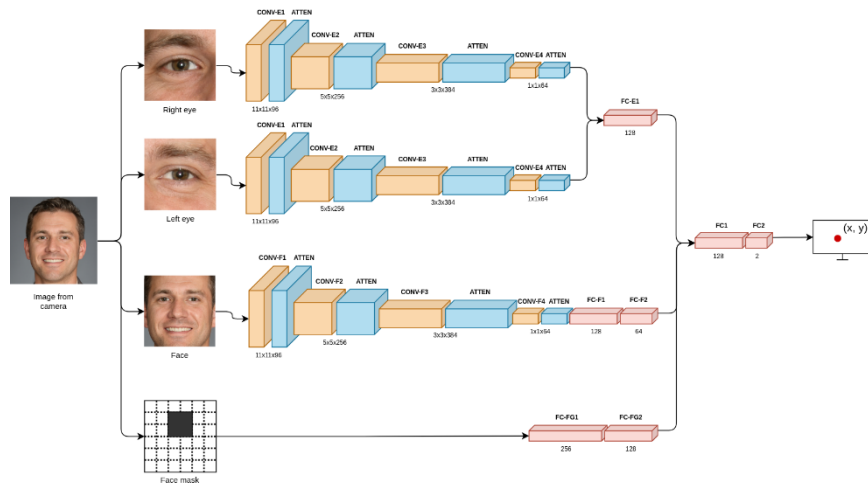


Figure 2: Proposed high-level architecture of the neural network

4. Software

After training the neural network, a prototype system was developed.

For the system to work correctly, the following prerequisites must be met:

- The face is in the lens of the web camera;
- The room where the user is located has good lighting;
- There is no strong light behind the user;
- The user's face is in the center of the camera.

For the convenience of the user, the program checks whether all the conditions are met. The user can observe the output of the image from his camera, the required head position, as well as an indicator in the upper right corner that signals whether all the necessary conditions are met (Fig. 3).

Haar features [4] [5] were used to determine the position of the face and eyes in the image. The image components obtained in this way are transferred to the input of the neural network.

When starting the system, the user must go through the calibration process. To do this, a white screen with a red circle will appear in front of him, which will need to be monitored for a certain time. The circle will move on the display, an example can be seen in Figure 4. By comparing the placement of the circle on the display and the results of the model prediction, it is possible to obtain the necessary information about the physical dimensions of the device screen and the peculiarities of human gaze. Since the values of the neural network outputs are measured in centimeters, after calibration, we can find out the correspondence between the predicted values of the model and the position of the gaze, which is defined in pixels.

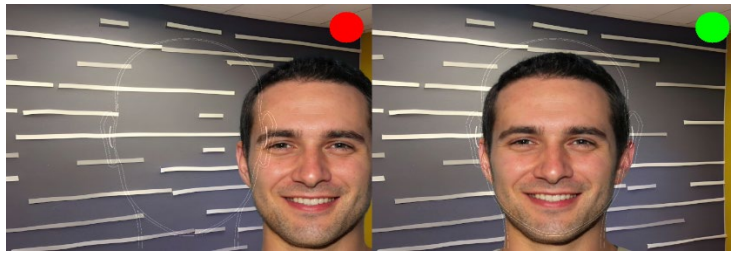


Figure 3:Checking the prerequisites for using the system

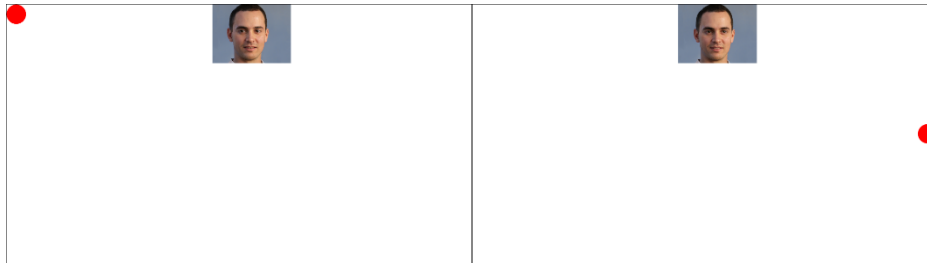


Figure 4:Calibration process

The model prediction results are smoothed for smoother application operation. The final accuracy of predictions may be somewhat insufficient for interaction with small interface elements. Therefore, two modes of operation are provided, switching between which occurs after simultaneous blinking of both eyes.

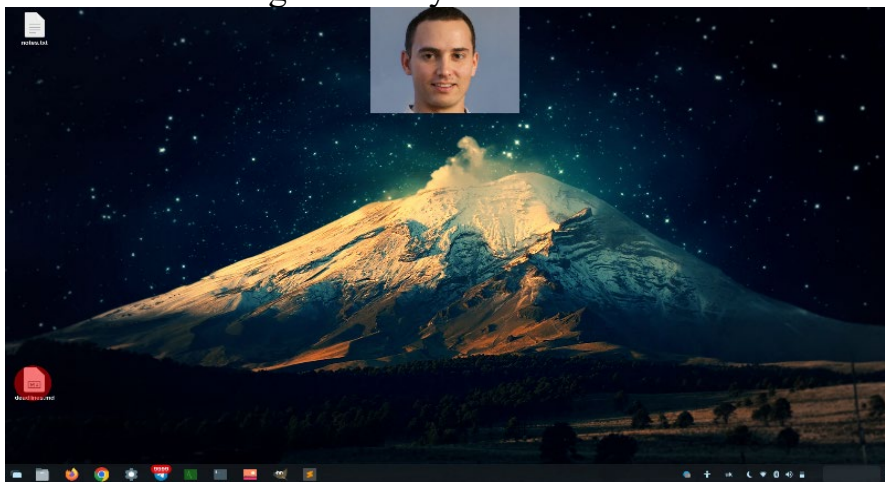


Figure 5:The result of gaze tracking

Therefore, the usual use case will look like this. The user using the first mode directs his gaze to the display element with which he wants to interact. If the element is too small, he switches to the second mode by blinking both eyes and looking up, down, left, right to adjust the position of the cursor. When the cursor is in the desired location, the user blinks one of the eyes, which allows you to make a right or left mouse click, respectively. Haar features were also used to determine which eye is blinked.

5. Conclusions

As a result of the work, a modified deep neural network model for gaze tracking and real-time interaction with a computer based on convolutional layers with the addition of an attention mechanism was proposed and a working prototype of the system was developed.

Prospects for further research are to develop a full-fledged system, speed up the work of the model and the system as a whole, as well as to add automatic tuning of the model during the calibration process.

6. References

- [1] Eye Tracking for Everyone / K. Krafska et al. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 27–30 June 2016. 2016. URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.239> (date of access: 15.01.2023).
- [2] Appearance-based gaze estimation in the wild / X. Zhang et al. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, USA, 7–12 June 2015. 2015. URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2015.7299081> (date of access: 15.01.2023).
- [3] Huang Q., Veeraraghavan A., Sabharwal A. TabletGaze: dataset and analysis for unconstrained appearance-based gaze estimation in mobile tablets. Machine Vision and Applications. 2017. Vol. 28, no. 5-6. P. 445–461. URL: <https://doi.org/10.1007/s00138-017-0852-4> (date of access: 15.01.2023).
- [4] Papageorgiou C. P., Oren M., Poggio T. A general framework for object detection. IEEE 6th International Conference on Computer Vision, Bombay, India. URL: <https://doi.org/10.1109/iccv.1998.710772> (date of access: 15.01.2023).
- [5] Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, Kauai, HI, USA. URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2001.990517> (date of access: 15.01.2023).

DATA FORMALIZATION OF THE DIGITAL TWIN FOR THE NEW SAFE CONFINEMENT OF THE CHNPP

Petro LOBODA, postgraduate¹

Ivan STAROVIT, postgraduate²

^{1,2}National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Educational and Research Institute of Nuclear and Thermal Energy, Department of Software Engineering in Energy, ¹lobodapetr@gmail.com; ²ivanstarovit@gmail.com

Abstract

New Safe Confinement was built to protect the surrounding environment from the consequences of the accident at the ChNPP. The using of the NSC requires the implementation of processes management based on the technology of digital twins. The paper formalizes the main information objects of the NSC and their connections using the apparatus of set theory. The sets of the model can be used to build the database structure of the digital twin of the NSC of the ChNPP.

Keywords

New secure confinement, digital twin, database model, software.

1. Introduction.

During the liquidation of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant (ChNPP), a protective structure called the "Shelter Object" (SO) was built to isolate the destroyed power unit. Given the limited period of use of the SO, our state, with the support of the international community, completed the design and construction of a

new special facility, which was named "New Safe Confinement" (NSC). Schematically, the general view of the NSC and SO in a cross section is presented in Figure 1 [1].

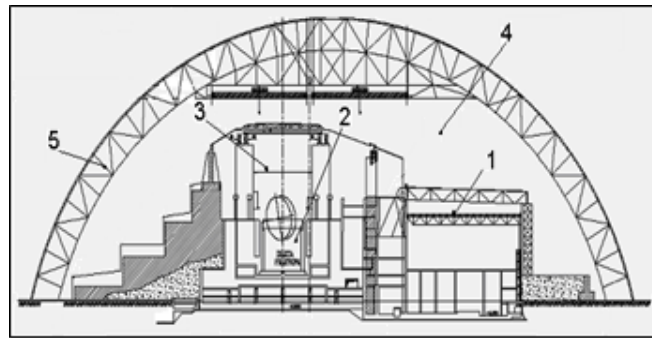


Figure 1: Scheme of NSC and SO in cross section: 1- turbine hall, 2 – destroyed reactor, 3 – central hall, 4 – main volume and 5 – ring space of NSC [1]

As can be understood from Figure 1, the NSC must ensure the protection of the personnel of the ChNPP, the population and the surrounding environment from nuclear and radioactive danger by controlling the leakage of radioactive dust from the destroyed reactor of the ChNPP and the SO, making it possible to remove radioactive materials from them and carry out other measures for the conversion of the SO into an environmentally safe system [2].

The term of using of the NSC is 100 years, provided that the specified air humidity characteristics are maintained in its main volume, which requires the implementation of management of thermogas-dynamic processes of the building. A significant number of other NSC processes also require monitoring, forecasting and management to comply with radiation safety and environmental safety. Forecasting of processes and state of NSC can be implemented on the basis of modern methods of computer modeling using CFD (Computational Fluid Dynamics) models. For example, there are approaches to the development of mathematical and software for the implementation of NSC ventilation management [3]. Proposals are presented for the construction of the NSC computer system architecture with the inclusion of a subsystem for forecasting the concentrations of radioactive aerosols and a subsystem for managing software versions [4]. The shortcomings of the works presented above include the fact that they mostly contain narrowly focused models and do not take into account the general 3D geometry of the NSC, the distribution and deposition of radioactive aerosols in the main volume of the NSC. One of the options for solving this problem is the development of a digital twin of the NSC of the Chernobyl Nuclear Power Plant.

The purpose of this paper is to develop approaches to building a database and knowledge model of a digital double of the NSC ChNPP to solve the problems of visualization and forecasting of its condition, supporting decision-making regarding the management of thermogas-dynamic processes of the NSC.

The database and knowledge base of the digital twin of the NSC should contain the following basic information:

- results of measurements of values characterizing the state of the NSC;
- digital double models and forecasting results based on them;
- information about digital double algorithms and the results of their application;
- decisions approved by decision-making persons (DPOs);
- knowledge used to support decision-making.

The results of measurements of each value v from the set of values V characterizing the state of the NSC should be tied to a three-dimensional grid of coordinates for the purpose of their further visualization and processing. Denote the measurement points as a set P , where each element $p \in P$ is a vector consisting of coordinates of longitude, latitude, and height above sea level of the location of the sensor $d \in D$, where D is the set of NSC sensors. Taking into account that the monitoring and control tasks of NSC are distributed among different subsystems, each sensor $d \in D$ and within the digital twin should also be tied to a certain system $s \in S$, where S is a set of NSC systems. Information about the type and current settings of the $d \in D$ sensor (location point $p \in P$, settings, date of the last verification, etc.), history of changes in its specified characteristics must be stored in the database of the NSC digital twin.

To present the measurement results, can be used a tuple:

$$r = (t, p, d, s, v, tr), \quad (1)$$

where r is a tuple from the set of measurement results R ; t is a moment of time with an accuracy of one second; tr is the measurement verification flag, which is equal to 1 if the measurement is considered acceptable and 0 if the measurement is false.

For each value $v \in V$ in the system, a measurement unit $uv \in UV$ is fixed, where UV is a set of measurement units.

The set of models M of a digital double can be represented as:

$$M = Um_i, \quad (2)$$

where m_i is a model with number i .

Since some models can be used as submodels in other models, this relationship needs to be formalized as a binary relation $RMP(M, M) = \{(m_i, m_j)\}$, where model m_i is a submodel of model m_j . Information about the hierarchical relationship of models must be stored in the database of the digital twin in order to warn users in a timely manner or block the using of a certain model if some of its submodels are no longer adequate. For each model m_i , the digital twin must store an indication of whether it is adequate.

For each model m_i , a set of input variables $MVI_i \subseteq V$, a set of output variables $MVO_i \subseteq V$, and a set of parameters $MP_i \subseteq V$ are allocated.

The results of forecasting and calculations based on models from the set M should be stored in the database of the digital twin in the form of a tuple:

$$mr = (t, nmr, m_i, us, VMVI_i, VMVO_i, VMP_i), \quad (3)$$

where mr is a tuple from the ratio of calculation results based on MR models; t is a moment of time; nmr – unique model application number; us – the user who initiated the calculations, from the set of USERS; $VMVI_i$ – value of input variables of the MVI_i model; $VMVO_i$ – the value of the output variables of the MVO_i model; VMP_i is the value of model parameters MP_i .

To form a set of $VMVI_i$ values, data from the set of measurement results R , represented by formula (1), can be used, if the measurement of these values $MVI_i \subseteq V$ is carried out. Comparing the values of the output variables of the $VMVO_i$ model with the actual data of these values from the ratio of measurement results is the basis for checking the adequacy of the model.

If the results of checking the adequacy of the model $m_i \in M$ are unsatisfactory, the procedure for its parametric identification is performed.

Information about algorithms of the digital twin and the results of their application, decisions of decision-makers, is formalized in a similar way.

Decision support algorithms can use knowledge presented in the form of ordinary or fuzzy production rules. The formal presentation of this knowledge and its data structure can be implemented according to the methodology given in [5].

2. Conclusions

In this paper approaches to building a database of the digital twin of the NSC of the Chernobyl NPP are formed.

The analysis of the existing approaches to the management of the NSC showed that they do not allow to fully perform data visualization, forecasting of the state of the NSC and decision support. Therefore, it was proposed to use the technology of digital twins to solve these problems. The main components of the information of the digital twin of the NSC are determined, among which the results of measurements of quantities characterizing its state with reference to 3D coordinates, models and the results of forecasting and identification of their parameters, algorithms and approved decisions, knowledge models to support decision-making are highlighted. The formalization of the main information objects of the NSC and the connections between them was carried out using the apparatus of set theory. The sets and relations of the model are used as the basis for building the database and knowledge structure of the digital twin.

The results of the work make it possible to develop software for the digital twin of the NSC of the ChNPP to solve the problems of visualization and forecasting of its condition, supporting decision-making regarding the management of thermogas-dynamic processes in order to properly protect the population and the environment, and to transform the SO into an ecologically safe system.

3. References

- [1] P.G. Krukovskyi, E.V. Dyadyushko, D.I. Sklyarenko, I.S. Starovit. Unorganized emissions of air with radioactive aerosols from the new safe confinement of the Chernobyl Nuclear Power Plant into the surrounding environment. Issues of atomic science and technology. 2021. No. 6. P. 181-186. DOI:10.46813/2021-136-181.
- [2] New safe confinement of the Chernobyl nuclear power plant (calculation-experimental analysis in design and operation): monograph/ Krukovsky P.G., Metel M.A., Sklyarenko D.I. etc.; Ed. P.G. Krukovsky, V.A. Krasnova, V.P. Sulymova/ Kyiv, LLC "Franko Pak", 2019. - 300 p. ISBN 978-966-97864-7-0.
- [3] Pysmennyi, Y., Havrylko, Y., Krukovskyi, P., Starovit, I., Diadiushko, Y. (2022). Development of special mathematical software for controlling the ventilation units of the new safe confinement of the ChNPP, Nuclear & radiationsafety, 2(94) 2022, P. 35-43, DOI: DOI:10.32918/nrs.2022.2(94).04.

- [4] Bernd Kratz, Florian Wieduwilt, Maxim Saveliev. Pillars for Establishing a Durable and Future-Proof IT Architecture Maturing Along with the NSC: Approaches from Continuous Integration to Service Mesh Mathematical Modeling and Simulation of Systems, Selected Papers of 16th International Scientific-practical Conference, MODS, 2021 June 28–July 01, Chernihiv, Ukraine (pp. 43-57).
- [5] Shushura O. M. Information technology data structures of fuzzy control based on multi-argument membership functions. *Zvjazok*. 2018. No. 1. P. 21–24.

MULTI-CLASS CLASSIFICATION METHOD BASED ON REACTIVE AGENT ENSEMBLE

Tetiana NESKORODIEVA, doctor of technical science, associate professor, head of information technology department¹,

Eugene FEDOROV, doctor of technical science, professor, professor of information technology department²

Olga NECHYPORENKO, PhD, (technical), associate professor, associate professor of the robotics and specialized computer systems department³

¹*Vasyl' Stus Donetsk National University, 600-richcha str., 21, Vinnytsia, 21021, Ukraine, Information and applied technologies faculty, information technology department, t.neskorodieva@donnu.edu.ua*

²*Vasyl' Stus Donetsk National University, 600-richcha str., 21, Vinnytsia, 21021, Ukraine, Information and applied technologies faculty, information technology department, fedorovee75@ukr.net*

³*Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Shevchenko blvd., 460, 18006, Ukraine, robotics and specialized computer systems department, olne@ukr.net*

Abstract

The article was created a model of the reactive agent functioning on the basis of the proposed neural network ENN-RSRO, which allows to perform a multiclass classification; efficiency criteria for this model, which allow to evaluate the proposed model, have been proposed, and a method for identifying the parameters of this model has been created, which allows to increase the accuracy of multi-class classification by model; an ensemble model of reactive agents functioning on the basis of the ENN-RSRO neural network and soft voting, which allows to perform multiclass classification of the agents team of agents, and a method of model parameters identification this is created, which allows acceleration of multiclass classification by ensemble model and increase its accuracy.

1. Introduction

Multi-agent systems are now being used to effectively manage supply chains and audit. An important example of such systems is multi-agent traffic management systems that analyses distributed information from vehicle sensors (e.g., accelerometer, gyroscope, magnetometer and audio sensor) or pictures of vehicles and classify these vehicles, which makes it possible to quickly find the required vehicle for the subject of the logistics chain and speed up the goods delivery [1]. Machine learning systems, such as neural networks, are now being used instead of expert systems in multi-agent systems [2]. Ensemble-based methods have proved to be particularly effective, and by combining basic models (such as neural networks) they provide a more accurate ensemble model. For multiagent systems, ensemble models based on bagging are suitable [3].

The aim of the work is to create a multiclass classification method based on a reactive agent's ensemble. The following objectives have been established and implemented:

- reactive agent functioning formalization;
- to propose generalized models agents functioning of reactive based on neural networks for multiclass classification;
- to create a reactive agent operating model based on the ENN-RSRO neural network for multiclass classification;
- to propose performance criteria for the reactive agent operating model based on the ENN-RSRO neural network for multi-class classification;
- to create a parameters identification method of reactive agent functioning model based on ENN-RSRO neural network for multiclass classification;
- to create an ensemble model of reactive agents functioning based on ENN-RSRO neural network and soft voting for multiclass classification;
- to create a parameters identification method of ensemble model of reactive agents functioning based on neural network ENN-RSRO and soft voting for multiclass classification.

2. Materials and Methods

Figure 1 shows the structure of the two-layer neural network ENN-RSRO. There are $N^{(x)}$ neurons in the input layer. There are $N^{(s)}$ neurons in the hidden layer. There are $N^{(y)}$ neurons in the output layer. Each j -th input layer neuron corresponds to the j -th characteristic. Each k -th output layer neuron corresponds to k -th class.

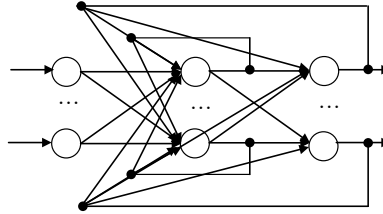


Fig. 1: ENN-RSRO two-layer neural network structure

The ENN-RSRO based reactive agent operating model for multi-class classification is presented as

$$\begin{aligned}
 s_j(n) &= f \left(b_j^{(s)} + \sum_{i=1}^{N^{(x)}} w_{ij}^{(x-s)} x_i(n) + \sum_{i=1}^{N^{(s)}} w_{ij}^{(s-s)} s_i(n-1) + \sum_{i=1}^{N^{(y)}} w_{ij}^{(y-s)} y_i(n-1) \right), \quad j \in \overline{1, N^{(s)}}, \\
 y_j(n) &= g \left(b_j^{(y)} + \sum_{i=1}^{N^{(s)}} w_{ij}^{(s-y)} s_i(n) + \sum_{i=1}^{N^{(y)}} w_{ij}^{(y-y)} y_i(n-1) \right), \quad j \in \overline{1, N^{(y)}}, \\
 f(z) &= \max\{0, z\}, \quad g(z) = \text{softmax}(z)
 \end{aligned} \tag{1}$$

The criterion based on the standard error of classification is calculated as

$$F(w) = \frac{1}{2N} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^{N^{(y)}} (d_{nj} - y_j(n))^2 \rightarrow \min_w, \tag{2}$$

where the \mathbf{x}_n is the n -th learning input vector, \mathbf{d}_n is the n -th educational output vector, $N^{(x)}$ is the number of neurons of the input layer (the number of features), $N^{(y)}$ is the number of neurons of the output layer (number of classes), n is the learning implementation number, N is the power of the training set $\{(\mathbf{x}_n, \mathbf{d}_n)\}$, \mathbf{w} is the weights vector. The criterion based on the accuracy of the classification is calculated as

$$F(\mathbf{w}) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [\arg \max \{d_{nj} | j \in \overline{1, N^{(y)}}\} = \arg \max \{y_j(n) | j \in \overline{1, N^{(y)}}\}] \rightarrow \max_{\mathbf{w}}, \quad (3)$$

$$[a = b] = \begin{cases} 1, & a = b \\ 0, & a \neq b \end{cases}$$

The criterion based on the classification's computational complexity is calculated as

$$T = N \cdot (N^{(s)}(N^{(x)} + N^{(s)} + N^{(y)}) + N^{(y)}(N^{(s)} + N^{(y)})) \rightarrow \min_{N^{(s)}} \quad (4)$$

The proposed method of parameters identification of reactive agent functioning model based on ENN-RSRO for multiclass classification is based on reverse error propagation and consists in the following.

1. Training iteration number $n=1$, initialization by uniform distribution on the interval $(0,1)$ or $[-0.5, 0.5]$ of offsets (thresholds) $b_j^{(s)}(n), j \in \overline{1, N^{(s)}}, b_j^{(y)}(n), j \in \overline{1, N^{(y)}}$ and weights $w_{ij}^{(x-s)}(n), i \in \overline{1, N^{(x)}}, j \in \overline{1, N^{(s)}}, w_{ij}^{(s-s)}(n), i \in \overline{1, N^{(s)}}, j \in \overline{1, N^{(s)}}, w_{ij}^{(y-s)}(n), i \in \overline{1, N^{(y)}}, j \in \overline{1, N^{(s)}}, w_{ij}^{(s-y)}(n), i \in \overline{1, N^{(s)}}, j \in \overline{1, N^{(y)}}, w_{ij}^{(y-y)}(n), i \in \overline{1, N^{(y)}}, j \in \overline{1, N^{(y)}}$, where $N^{(q)}$ is the neurons number in q -th layer.

2. The learning set is set $\{(\mathbf{x}_n, \mathbf{d}_n) | \mathbf{x}_n \in R^{N^{(x)}}, \mathbf{d}_n \in R^{N^{(y)}}, n \in \overline{1, N}\}$, where \mathbf{x}_n is the n -th learning input vector, \mathbf{d}_n is the n -th learning output vector, $N^{(x)}$ is the number of the input layer's neurons, $N^{(y)}$ is the neurons number of the output layer, N is the learning set power. The current pair number from the learning set $n=1$.

3. The output signal's initial calculation

$$x_i(n) = x_{ni}, i \in \overline{1, N^{(x)}}, s_i(n-1) = 0, i \in \overline{1, N^{(s)}}. y_i(n-1) = 0, i \in \overline{1, N^{(y)}}. \quad (5)$$

4. Calculation of the output signal for each layer (direct stroke)

$$s_j(n) = f(z1_j(n)), j \in \overline{1, N^{(s)}},$$

$$z1_j(n) = b_j^{(s)}(n) + \sum_{i=1}^{N^{(x)}} w_{ij}^{(x-s)}(n)x_i(n) + \sum_{i=1}^{N^{(s)}} w_{ij}^{(s-s)}(n)s_i(n-1) + \sum_{i=1}^{N^{(y)}} w_{ij}^{(y-s)}(n)y_i(n-1),$$

$$y_j(n) = g(z2_j(n)), j \in \overline{1, N^{(y)}},$$

$$z2_j(n) = b_j^{(y)}(n) + \sum_{i=1}^{N^{(s)}} w_{ij}^{(s-y)}(n)s_i(n) + \sum_{i=1}^{N^{(y)}} w_{ij}^{(y-y)}(n)y_i(n-1).$$

5. Error energy calculation:

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{N^{(y)}} e_j^2(n), \quad e_j(n) = y_j(n) - d_{nj}. \quad (7)$$

6. Adjusting synaptic weights based on the generalized delta rule (reverse)

$$\begin{aligned} b_j^{(q)}(n) &= b_j^{(q)}(n) + \frac{\partial E(n)}{\partial b_j^{(q)}(n)}, \quad w_{ij}^{(q-e)}(n+1) = w_{ij}^{(q-e)}(n) - \eta \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}^{(q-e)}(n)}, \\ \frac{\partial E(n)}{\partial b_j^{(y)}(n)} &= g'_{2_j}(n), \quad \frac{\partial E(n)}{\partial b_j^{(s)}(n)} = g'_{1_j}(n), \quad j \in \overline{1, N^{(y)}}, \quad j \in \overline{0, N^{(s)}}, \\ \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}^{(s-y)}(n)} &= s_i(n) g'_{2_j}(n), \quad i \in \overline{0, N^{(s)}}, \quad j \in \overline{1, N^{(y)}}, \\ \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}^{(y-y)}(n)} &= y_i(n-1) g'_{2_j}(n), \quad i \in \overline{0, N^{(y)}}, \quad j \in \overline{1, N^{(y)}}, \\ g'_{2_j}(n) &= g'(z_{2_j}(n))(y_j(n) - d_{nj}), \quad \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}^{(x-s)}(n)} = x_i(n) g'_{1_j}(n), \quad i \in \overline{0, N^{(x)}}, \quad j \in \overline{1, N^{(s)}}, \\ \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}^{(s-s)}(n)} &= s_i(n-1) g'_{1_j}(n), \quad i \in \overline{0, N^{(s)}}, \quad j \in \overline{1, N^{(s)}}, \\ \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}^{(y-s)}(n)} &= y_i(n-1) g'_{1_j}(n), \quad i \in \overline{0, N^{(s)}}, \quad j \in \overline{1, N^{(y)}}, \\ g'_{1_j}(n) &= f'(z_{1_j}(n)) \sum_{l=1}^{N^{(y)}} w_{jl}^{(s-y)}(n) g'_{2_l}(n). \end{aligned} \quad (8)$$

7. Completion conditions validation. If $n < N$, To $n = n + 1$, then go to 4.

If $n = N$ и $\frac{1}{N} \sum_{m=1}^N E(m) > \varepsilon$, then go to 2, otherwise stop.

Ensemble Model of Reactive Agents Functioning Based on ENN-RSRO and Soft Voting for Multiclass Classification

$$\begin{aligned} P(k) &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [\arg \max \{d_{nj} | j \in \overline{1, N^{(y)}}\} = k], \quad P(\mathbf{x} | k) = \frac{1}{C} \sum_{c=1}^C P_c(\mathbf{x} | k), \\ P_c(\mathbf{x} | k) &= y_{ck}, \\ k^* &= \arg \max \left\{ P(k | \mathbf{x}) | k \in \overline{1, N^{(y)}} \right\} = \arg \max \left\{ \frac{P(\mathbf{x} | k) P(k)}{\sum_{e=1}^{N^{(y)}} P(\mathbf{x} | e) P(e)} \middle| k \in \overline{1, N^{(y)}} \right\}, \end{aligned} \quad (9)$$

where C is the number of basic models,

$P(k)$ is a priori probability of occurrence of an object of k -th class,

$P_c(\mathbf{x} | k)$ is a priori probability of occurrence of an object represented by a vector \mathbf{x} , in the case of k -th class for c -base model, with the output values of the base model to be applied

to softmax (for example, in the case of the proposed base model based on the Elman neural network with recurrent and self-recurrent output (ENN-RSRO)).

$P(k | \mathbf{x})$ is occurrence posterior probability of an object of k -th class represented by vector \mathbf{x} .

The proposed method of identification of parameters of the ensemble model of reactive agents functioning based on ENN-RSRO and soft voting for multiclass classification is based on bagging.

3. References

- [1] ALKINANI M.H., ALMAZROI A.A., ADHIKARI M. Design and analysis of logistic agent-based swarm-neural network for intelligent transportation system // Alexandria Engineering Journal. – Vol. 61, Issue 10. – 2022. – pp. 8325-8334.
- [2] WOOLDRIDGE M. An Introduction to MultiAgent Systems. – Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2019. – 488 p.
- [3] GANAIE M.A., HU M., MALIK A.K., TANVEER M., SUGANTHAN P.N. Ensemble deep learning: A review // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – Vol. 115. – 2022.

MULTI-TASK GRAPH NEURAL NETWORK FOR PREDICTION OF ADME-TOX PROPERTIES OF MOLECULES

Zakhar OSTROVSKY¹
Volodymyr VOZNIAK²

^{1,2}*Master of Science, Institute for Applied System Analysis, NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" + equal contribution*

¹zakharostrovsky@gmail.com, ²vozniak.v.z@gmail.com

Abstract

Prediction of ADME-Tox molecular properties is extremely important in drug discovery, as it determines the effectiveness of the drug and its success in passing the various stages of drug approval. The purpose of this work is to create a Multi-Task Graph Neural Network capable of quickly processing billion-scale databases of molecules, in order to select the most promising candidates for further experimental research.

Keywords

Graph Neural Networks, Multi-Task Learning, Drug Discovery, Molecule Property Prediction.

1. Introduction

The prediction of ADME-Tox (absorption, distribution, metabolism, excretion, and toxicity) properties of molecules is extremely important in the field of drug discovery [1, 2]. During research, scientists determine what values of these parameters the molecule must meet in order to be able to reach the causative agent of the disease, interact with it, and at the same time not be toxic to the human body and easily removed from it after treatment. That is why the effectiveness of the drug and the successful passing of the multiple stages of drug approval will depend on the accuracy of predictions of the molecules ADME-Tox properties.

The traditional testing methods, *in vivo* and *in vitro*, are experimental. That implies the necessity to physically synthesize the molecule and conduct real experiments to determine the ADME-Tox profile. Thus these methods are time-, labor-, and resource-intensive.

In order to ensure a fast and cheap process of developing new drugs, it is necessary to apply modern *in silico* computer modeling methods that provide a preliminary assessment of the properties of molecules without a previous physical experiment.

Therefore, the goal of this work is to create a Multi-Task Graph Neural Network (GNN) that is capable of quickly processing billion-scale molecular databases in order to select the most promising molecules from them for further experimental research.

2. Selection of a gnn architecture

The first stage of building a Multi-Task Graph Neural Network is the choice of graph architecture for a base model. This is important because further, when we will extend our research to choose the best Multi-Task method the experimentations should be done on a good performing architecture. It insures that performance changes at this stage are caused only by multi-task approach, not by improper architecture of the GNN.

The graph architecture selection algorithm is as follows. For research, 8 datasets containing regression and/or classification values of the target variable were selected. Next, a grid of hyperparameters for neural networks was set. At first, a specific type of graph layers is chosen. Then, a set of layer-specific hyperparameters is sampled. Next, we will train the neural network defined by this set of hyperparameters and type of graph layer on the selected 8 datasets independently and obtain two results: the score averaged over 4 for binary classification tasks and the score averaged over 4 for regression tasks. Subsequently, using the Pareto intersection of two averaged scores, we will choose the best architecture.

For binary classification problems, our primary metric is F1. It is a universal metric that minimizes both false negatives and false positives and works well in class imbalance settings. For regression problems - R2. This is a metric that takes values from $-\infty$ to 1, where negative values mean that the model's predictive ability is worse than the prediction of the average for all data, 0 is the same as always predicting the average, and positive values mean that model's predictions are better than the simply always predicting the average.

Table 1

Graph layer-specific parameters to tune.

name	edges features	activation	batch norm	layers range	heads range	dropout range	units	unit's multiplier
GATv2	False	LeakyReLU	(True, False)	{1, 5}	{1, 5}	[0, 0.3]	-	-
GCN	False	LeakyReLU	(True, False)	{1, 5}	-	-	(32, 64, 128)	{1, 2}
GIN	False	LeakyReLU	(True, False)	{1, 5}	-	-	(32, 64, 128)	{1, 2}
GINE	True	LeakyReLU	(True, False)	{1, 5}	-	-	(32, 64, 128)	{1, 2}
MF	False	LeakyReLU	(True, False)	{1, 5}	-	-	(32, 64, 128)	{1, 2}

Here is the list of graph layer types we will choose from: GATv2 [3], GCN [4], GIN [5], GINE [6] and MF [7]. Table 1 contains layer-specific hyperparameters. Parenthesis denote a set of categorical options for a given parameter. Curly brackets indicate a selection from an inclusive range of an integer value for a given parameter. Square brackets are different from curly brackets in the sense that they define a real-valued range. All other values are additional information for the architecture.

Additionally, the following hyper parameters were tuned over: Activation Function for fully-connected layers, usage of Batch Normalisation vs Dropout, number of fully-connected layers, graph readout function, batch size, learning rate and weight decay.

The best architecture turned out to be the MF graph approach [7] with 3 graph layers with 128, 256 and 512 neurons, respectively. The linear part consisted of 2 layers of 512 neurons and a dropout between them equal to 0.15. The required learning rate is 1e-3 for a batch size of 32 and weight decay of 5*1e-5. Interestingly, graph readout of max function consistently outperformed other readout functions.

3. Construction of a multi-task gnn

3.1 Terminology

Base values of metrics – values of metrics of models trained using AutoML Pipeline in the “separate dataset - separate model” mode.

AutoML Pipeline is an internally developed pipeline for automating the training of classical machine learning models, which includes the stages of automatic generation of molecular descriptors, their selection and selection of hyperparameters using Bayesian optimization algorithm.

Dataset quality is a qualitative characteristic of the dataset introduced for convenience, which can have the values "high quality", "medium quality" and "low quality". All available molecular datasets were ranked by the *base values of the target metric* and grouped into three quality classes accordingly.

3.2 Research objectives

1. To determine a multi-task training method that will be the best compromise between the quality of the obtained model and the training speed.
2. To investigate the dependence of the metrics of the multi-task neural network and the stability of its training on the chosen method of multi-task training, the quality, number and type of datasets selected for joint training.
3. To determine the optimal set of datasets for training a multi-task neural network.

At the beginning of the research, the following hypothesis was put forward: taking into account the different quality and sizes of the datasets, the best results can be achieved by a multitasking neural network by training on a subset of them. This hypothesis is the basis for objective 3.

3.3 Research methodology

In order to obtain the necessary information it is suggested to conduct a series of experiments.

An experiment, in this context, is defined by a set of training datasets (sets of datasets a multi-task neural network is trained on) and a set of external datasets (sets of datasets used for the evaluation of a multi-task neural network that serve as a criterion for its generalization ability). During each experiment, the neural network is trained on the same set of training datasets for each of the predefined multi-task training methods.

The conducted experiments have a dimension of 3, that is, there are 3 axes of parameters along which the experiment is determined, namely:

1. The number of datasets in the training set.
2. Types of datasets in the training set. That is, the presence of only classification, only regression or both types of datasets.
3. Quality of the datasets included in the training set. For example, only *high quality* or presence of datasets of different *qualities*.

Thus, by setting different configurations of experiments and comparing their results, we can elicit the answers to the formulated research tasks, namely:

Training a Multi-Task Graph Neural Network on existing molecular datasets is stable.

The best metrics are achieved if both regression and classification datasets of *high quality* and approximately the same size are included in the training set. That is, the hypothesis put forward at the beginning of the study was confirmed - to obtain the best results, it is not necessary to use all available datasets for multitasking training.

Analyzing the results, no method of multitasking learning was found that systematically gave better results. Therefore, in order to choose a single method that will be used for training the final model, it was decided to collect statistics on all experiments and determine which methods most often gave the highest scores for each of the tasks.

The obtained results are shown in Table 2.

Table2

The number of times, a multi-task method gave the best results among others.

Multi-Task method	Test part of datasets		Validation part of datasets		Total
	Training sets	External sets	Training sets	External sets	
DWA	16	19	17	19	71
EW	15	22	18	23	78
GradNorm	24	17	25	11	77
IMTL	8	30	4	42	84
RLW	18	15	11	14	58
UW	15	25	21	23	84

4. Conclusion

So, the top 3 methods that most often gave the best results are IMTL, UW and EW. Given that IMTL has an evident bias towards validation part of datasets and is the slowest of all methods, it was decided to reject its candidacy. There is no fundamental statistical difference between UW and EW, but EW is the fastest method to train, and also the easiest. In turn, the idea of the UW approach seems less robust to potentially non-standard combinations of loss functions. Therefore, it was decided to train a multitask neural network using the simple EW method.

As a result, a Multi-Task Graph Neural Network for predicting ADME-Tox properties of molecules was built, which is superior in performance to classical machine learning models built with *AutoML Pipeline* and surpasses them in terms of speed by 100 times - 1M molecules within 9 minutes on a single GPU of average performance.

5. References

- [1] Frederic Bastien, Pascal Lamblin, Razvan Pascanu, James Bergstra, Ian J. Goodfellow, Arnaud Bergeron, Nicolas Bouchard, and Yoshua Bengio. Theano: new features and speed improvements. Deep Learning and Unsupervised Feature Learning NIPS 2012 Workshop, 2012.
- [2] Joan Bruna, Wojciech Zaremba, Arthur Szlam, and Yann LeCun. Spectral networks and locally connected networks on graphs. arXiv preprint arXiv:1312.6203, 2013.
- [3] George E. Dahl, Navdeep Jaitly, and Ruslan Salakhutdinov. Multi-task neural networks for QSAR predictions. arXiv preprint arXiv:1406.1231, 2014.
- [4] John S. Delaney. ESOL: Estimating aqueous solubility directly from molecular structure. Journal of Chemical Information and Computer Sciences, 44(3):1000–1005, 2004.
- [5] Francisco-Javier Gamo, Laura M Sanz, Jaume Vidal, Cristina de Cozar, Emilio Alvarez, Jose-Luis Lavandera, Dana E Vanderwall, Darren VS Green, Vinod Kumar, Samiul Hasan, et al. Thousands of chemical starting points for antimalarial lead identification. Nature, 465(7296):305–310, 2010.
- [6] Robert C. Glem, Andreas Bender, Catrin H. Arnby, Lars Carlsson, Scott Boyer, and James Smith. Circular fingerprints: flexible molecular descriptors with applications from physical chemistry to ADME. IDrugs: the investigational drugs journal, 9(3):199–204, 2006.
- [7] Alex Graves, Greg Wayne, and Ivo Danihelka. Neural Turing machines. arXiv preprint arXiv:1410.5401, 2014.

GENERATIVE DIFFUSION MODELS

Vladyslav YELISIEIEV, graduate student¹

¹*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic University", Institute for Applied System Analysis, Department of Mathematical Methods of System Analysis, 124 System Analysis, vlad.yelisieiev@gmail.com*

Abstract

In recent years, deep learning has become increasingly popular for solving generational problems thanks to deep latent representation. Recently, diffusion models have risen in popularity among researchers as generative models due to their rich power-generating ability. Nowadays, many achievements have been reached in the computer vision field using these models. This paper makes an overview of the generative diffusion model concept and its latent variation.

1. Introduction

Recent success in deep learning has been developing throughout all research fields. Inevitably, generative modelling using deep neural networks became a hot topic of research due to its ability to latently represent data [1, pp. 4-6]. Diffusion models are a family of probabilistic models for generative modelling that iteratively change data samples by introducing noise, after that learn to reverse this process and reconstruct the original distribution. Now, they have record-breaking performance in many applications and generative tasks, including image synthesis, video generation, and molecule design. As they are likelihood-based models, they do not experience mode collapse problem and have much more stable training, unlike generative adversarial networks (GANs). And, due to parameter sharing throughout the model for denoising, they are able to much better model complex distributions such as natural images, text or signals without dozens of trainable parameters as in autoregressive models.

2. Denoising diffusion probabilistic model

The core idea behind the probabilistic diffusion model [2, pp. 2-4] is to model a specific given distribution from random noise. That means that generated samples from modelled distribution should be as close as possible to the original data samples. The diffusion model can be described as the Markov process and it includes a forward process, also called the diffusion process, in which input data is iteratively noised, and a reverse process (or reverse diffusion), in which noised sample is transformed back into a sample from the target distribution.

Supposing original data points are sampled from some real data distribution $x_0 \sim q(x)$. A forward diffusion process (1) is defined so a small amount of Gaussian noise $N(\cdot)$ is gradually added to the samples, resulting in a series of noisy generated samples x_1, \dots, x_T [3, p.3].

$$q(x_t | x_{t-1}) = N(x_t; \sqrt{1 - \beta_t}x_{t-1}, \beta_t I), \quad q(x_{1:T} | x_0) = \prod_{t=1}^T q(x_t | x_{t-1}), \quad (1)$$

where $\{\beta_t \in (0,1)\}_{t=1}^T$ - variance schedule, which controls step sizes of the process;
T - the total amount of iterations.

Given the forward process above, the reverse process [3, p.4] with learnable gaussian transitions parameterized by θ can be defined as (2):

$$\begin{aligned} p_{\theta}(x_{0:T}) &= p(x_T) \prod_{t=1}^T p_{\theta}(x_{t-1}, x_t) p_{\theta}(x_{t-1}|x_t) \\ &= N(x_{t-1}; \mu_{\theta}(x_t, t), \Sigma_{\theta}(x_t, t)) \end{aligned} \quad (2)$$

Diffusion model is trained using the reverse Markov transitions that maximise the probability of the training data. But, that model has a huge drawback - as T can be up to one or a few thousand steps, a single sample generation is very slow. So, nowadays a huge portion of research of diffusion models is focused on increasing their efficiency.

3. Latent diffusion model

To overcome the problem of the diffusion model requiring heavy computational resources, many different optimization approaches were introduced. One of the more prominent ways to deal with it has been the research of latent diffusion models (LDM), which recently got more attention from the research community. These models utilise the diffusion process in latent space instead of original space (for computer vision that would be pixel space), thus reducing training complexity and speeding up the generation process.

In particular, using LDMs has made possible faster high-resolution image synthesis [4, p.2]. To work with such high dimensional data efficiently, an autoencoder E is used to map them into a learnt smaller 2D latent feature space $z = E(x) \in \mathbb{R}^{h \times w \times c}$, compressing input data before the diffusion process. To reconstruct a sample from latent space, a decoder D is also trained, $\hat{x} = D(z)$. Another advantage of this approach is that both encoder E and decoder D could be pre-trained and used with different diffusion models in latent space.

Applying LDMs has led to achieving state-of-the-art results in computer vision for tasks of text-to-image translation, class-conditioned image generation, style transferring, image inpainting and single-image super-resolution [4, pp. 6-8]. But, while doing the diffusion process in latent space significantly decreases computational requirements compared to pixel-based approaches, it is still slower than image generation of GANs or flow models. Another problem may be the use of an autoencoder for mapping data to latent space, as the reconstruction capability of the decoder D could become a bottleneck for higher fidelity tasks.

4. References

- [1] C. LASSANCE, V. GRIPON, A. ORTEGA: Representing Deep Neural Networks Latent Space Geometries with Graphs // arXiv. 2020. URL: <https://arxiv.org/pdf/2011.07343.pdf>, (дата звернення: 11.01.2023)

- [2] J. HO, A. JAIN, P. ABBEEL: Denoising diffusion probabilistic models // Advances in Neural Information Processing Systems, vol. 33, 2020
- [3] ULHAQ A., AKHTAR N., POGREBNA G.: Efficient Diffusion Models for Vision: A Survey // arXiv. 2022. URL: <https://arxiv.org/pdf/2210.09292.pdf>, (дата звернення: 11.01.2023)
- [4] ROMBACH R., BLATTMANN A., LORENZ D., ESSER P., OMMER B.: High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models // arXiv. 2022. URL: <https://arxiv.org/pdf/2112.10752.pdf>, (дата звернення: 11.01.2023)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ ТА КІБЕРБЕЗПЕКИ НА ПОЛІ БОЮ

Козубцова Л.М.¹

Козубцов І.М.²

Тульчинська Д.М.³

¹Канд.техн.наук, завідувач кафедри математики та фізики Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна.

²Доктор пед. наук, канд. техн. наук, старший науковий співробітник, професор кафедри бойового застосування підрозділів зв'язку Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна.

³Викладач кафедри математики та фізики Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна.

Abstract

The paper suggests the use of intelligent technologies for analyzing the technical condition of military communications equipment and cybersecurity on the battlefield. The technological revolution that has been taking place in recent years is causing drastic changes not only in society, but primarily in the Armed Forces of Ukraine.

Key words

Intelligent analysis technologies, technical condition, military communications equipment, cybersecurity.

Анотація

В роботі запропоновано застосування інтелектуальних технологій для аналізу технічного стану військової техніки зв'язку та кібербезпеки на полі бою. Технологічна революція, що відбувається протягом останніх років, зумовлює кардинальні зміни не лише в суспільстві але в першу чергу в збройних силах України.

Ключові слова

Інтелектуальні технології аналізу, технічний стан, військова техніка зв'язку, кібербезпека.

1. Вступ

Технологічна революція, що відбувається протягом останніх років, зумовлює кардинальні зміни в суспільстві: зароджуються нові культурні та економічні тенденції, нове виробництво, нові види соціальних комунікацій. Така сфера життя суспільства, як безпека та оборона, не могла залишитися поза впливом фактору розвитку новітніх технологій. Саме розвиток новітніх технологій, а також рівень знань про навколишній світ завжди йшли пліч-о-пліч з війною і безпосередньо

впливали на її вигляд. Прискорення технічного прогресу ставило на службу війні все нові відкриття та винаходи [1].

Станом на сьогоднішній день, збройний конфлікт не може бути успішно вирішений без використання новітніх видів озброєння, сучасних систем розвідки, передачі даних, управління та ураження, які хоча б частково не містили складову зі “штучним інтелектом”.

Використання “штучного інтелекту”, який є сукупністю технологій, що об’єднують дані, алгоритми та обчислювальні потужності є одним з досить чутливих питань під час війни.

Війна Росії проти України показала потребу у застосуванні концепцій інтелектуального збору інформації про технічний стан військової техніки зв’язку (ВТЗ) та рівень кібербезпеки.

Сформулюємо практичну задачу збору інформації про технічний стан військової техніки зв’язку та кібербезпеки.

Сучасна апаратна облаштована спеціальними датчиками збору інформації про технічний стан військової техніки зв’язку (ВТЗ) та рівень кібербезпеки (кіберзахисності), яка накопичується на сервері.

Для прикладу ми розглянемо лише температурний режим телекомунікаційної апаратури. За легендою, що 3 години над апаратною пролітає безпілотний апарат (БПЛА) та за допомогою концепції бойового IoT (Internet of Battle Things, IoBT новітній тренд технології інтернету речей) здійснюється зчитування множини цієї інформації для подальшого її передачі на цент обробки [2].

Метою дослідження є огляд застосування інтелектуальної технології для аналізу технічного стану військової техніки зв’язку та кібербезпеки на полі бою.

2. Результат дослідження

Наразі вже відбуваються кардинальні впровадження у військовій сфері щодо підходів ведення бойових дій [3]. Театр військових дій вже щільно наповнений різними пристроями, що виконують величезний спектр основних і допоміжних бойових завдань [4]. Це прилади, датчики, мобільні пристрої, “розумна” зброя, транспорт, роботи тощо. Всі вони пов’язані між собою і солдатами, кожен у міру своєї “інтелектуальності” діє як джерело інформації, яка підлягає аналізу для вироблення правильного рішення та видачі команди чинним підрозділам або техніці [5].

Схема умовної реалізації концепції інтелектуального збору інформації про технічний стан та кібербезпеки з використанням БПЛА та IoBT подана на рис. 1.

У військовій практиці діагностика технічного стану та кібербезпеки ВТЗ є складним процесом, який оцінюється за комплексом параметрів фізичних (колір поверхні, вага та ін.), інструментальних (температура поверхні) та лабораторних (вимір в контрольних точках рівня напруги та струму тощо) параметрів [6, 7]. Ці технічні параметри є показниками станом на час t_0 вимірювання та відображають поточний технічний стан окремих компонентів ВТЗ. Вони можуть змінюватися в процесі експлуатації ВТЗ (спостереження) цілком закономірно або випадковим чином, або залишатися постійними. Якщо зміна технічного стану ВТЗ відбувається

цілком закономірно чи детерміновано, будь-який наступний чи попередній технічний стан однозначно визначимо.

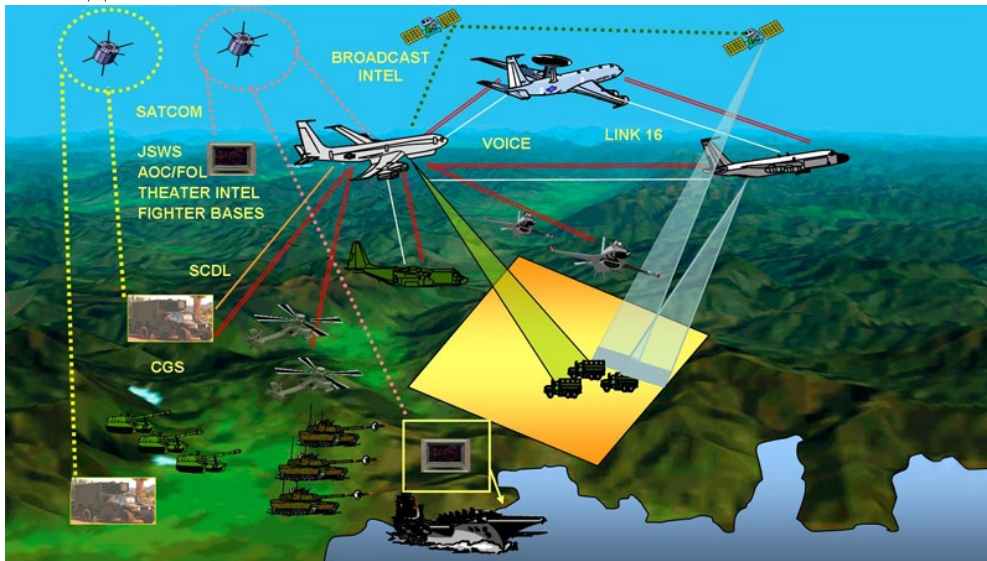


Рис. 1: Схема умовної реалізації концепції збору інформації про технічний стан та кібербезпеки з використанням БПЛА та IoT

3. Висновки

Таким чином, реальний технічний стан ВТЗ буде ймовірнісним. Тому випадковим чином змінюватимуться самі параметри. В результаті на підставі поточних індивідуальних визначень параметрів ВТЗ не можна однозначно сказати про можливий технічний стан компонентів у подальшому, тобто зробити прогноз. Ситуація ускладнюється у випадку використання групи однотипних зразків ВТЗ, у якій кожен окремий характеризується власними параметрами діагностики. Таким чином, параметри технічного стану є випадковими, ймовірнісними.

Ймовірнісний характер технічного стану ВТЗ може зумовлюватись різними причинами, оскільки неможливо врахувати всі фактори, що впливають на процес експлуатації ВТЗ, і тоді ці фактори виявляються у випадкових відхиленнях параметрів від нормальних (стандартних) значень, а неможливість обліку може диктуватися факторами, що заважають, зовсім іншого характеру або шумами. Цим виникають випадкові варіації технічного стану ВТЗ, як процесу.

Іншою причиною можуть бути систематичні відхилення від стандартного значення, що кваліфікуються як помилки (надійність) методу вимірювань, що спричиняють похибки. В результаті експерт знаходиться в умовах невизначеності, оскільки справжня (детермінована) тенденція зміна технічного стану ВТЗ виявляється випадковим чином за комплексом параметрів, але яка може проявитися в подальший час погіршенням технічного стану. У цьому відношенні технічний стан ВТЗ може бути уподібнений ймовірнісному або стохастичному процесу теорії ймовірностей. Такі процеси підпорядковуються теорії однорідних ланцюгів Маркова.

4. Література

- [1] Писаренко Т., Кваша Т., Гаврис Т. Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері: монографія. К.: УкрІНТЕІ, 2021. 110 с.

- [2] Козубцов І.М., Козубцова Л.М., Кіт Г.В., Ліщина В.О., Артемчук М.В. Бойовий ІоТ як новітній тренд технології інтернету речей: перспективи та нові проблеми забезпечення кібербезпеки. The 1st International Conference on *Emerging Technology Trends on the Smart Industry and the Internet of Things* «TTSIT» (January 19th 2022, Ukraine-Iraq-Poland). 2022. Pp. 46–48.
- [3] George I. Seffers. Defense Department Awakens to Internet of Things. Signal. 2015. 1, January. <https://www.afcea.org/content/defense-department-awakens-internet-things>.
- [4] Слипенченко В.И. Войны шестого поколения оружие и военное искусство будущего. М.: Вече, 2002. 382 с.
- [5] Kott A., Ananthram S., West B. The Internet of Battle Things. *Computer*. 2016. №49.12. Pp. 70–75.
- [6] Козубцова Л.М. Удосконалення методів моніторингу кіберстійкості інформаційної системи спеціального призначення : дисертація кандидата технічних наук: 05.13.05 – “Комп’ютерні системи та компоненти”: К.: Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», 2020. 222 с.
- [7] Козубцова Л.М., Гуда О.В., Крадинова Т.А., Палагута А.М., Козубцов І.Н. Показатели и математические критерии оценивания эффективности функционирования системы защиты информации и кибербезопасности объекта критической информационной инфраструктуры. *Scientific and Practical Cyber Security Journal (SPCSJ)*. 2022. Vol. 6(1). Pp. 64–71

ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН В ОСВІТНІЙ СФЕРІ

Козубцова Л.М.¹

Сновида В.Є.²

Зубко О.А.³

Огнева Л.Г.⁴

¹Канд.техн.наук, завідувач кафедри математики та фізики Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна.

²Старший викладач кафедри математики та фізики Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна

³Викладач кафедри математики та фізики Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна

⁴Викладач кафедри математики та фізики Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна

Abstract

The paper considers the main trends in the implementation of blockchain technology. The results confirm the innovation of blockchain technology, which can change most aspects of modern human life. It can provide a completely new level of trust in the transmission and storage of information, as it works with a complex encryption system. It is proposed as a new trend in the application of blockchain technology in the educational environment.

Key words

Blockchain, blockchain technology, education, educational environment.

Анотація

В роботі розглянуто основні тенденції впровадження технології блокчейн. Результати підтверджують інноваційність технології блокчейн, що спроможна змінити більшу частину аспектів сучасного життя людства. Вона може надати абсолютно новий рівень довіри щодо передачі, зберігання інформації, так як працює із складною системою шифрування. Запропоновано як нову тенденцію у застосуванні технології блокчейн в освітньому середовищі.

Ключові слова

Блокчейн, технологія блокчейн, освіта, освітнє середовище.

1. Вступ

Інформаційні технології проникають у всі сфери нашого життя. Вони є важливою складовою освітнього процесу. Сучасні діти зростають із гаджетами в руках. З дитинства вивчаючи не тільки світ природи, а й гаджетів. Тому перед всіма стоїть завдання зробити так, щоб технології навчали, а не розважали. Для цього активно створюються та впроваджуються проекти Інтернету речей. Наприклад безпека, так як використання камер відеоспостереження, датчиків диму і затоплення сьогодні є звичним явищем.

Ще починаючи зі школи вводять електронні щоденники та ID-картки. Окрім електронних документів і навчальних посібників, популярності набирає електронне тестування і анкетування. У 2020 року поширенню інформаційних технологій сприяла пандемія, а 24 лютого 2022 року взагалі стало днем, що змінило світогляд і звичне життя не тільки українців, а і всього світу. Багато компаній в різних сферах діяльності були змушені перейти на дистанційний формат. Освіта не стала винятком. Заняття, здача іспитів, контрольних робіт, заняття проводились онлайн. Це в свою чергу дозволило чітко визначити терміни здачі робіт, спростило процес перевірки, а також дало змогу частіше в онлайн-режимі відслідковувати успішність, підтримувати контакт з викладачами та обговорювати актуальні питання. А з іншого боку – необхідність розвитку системи безпеки в інтернеті, комунікації, тощо. В таких умовах особливої актуальності набула технологія блокчейн.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розробці і використання блокчейну у різних сферах присвятили вчені: Д. Аппелбаум, О. Балазюк, Л. Ватсон, Р. Ваттенгофер, Р. Гартінгер, К. Лахані, О. Мельниченко, Р. Немер, В. Олійник, В. Осмятченко, В. Пилявець, К. Редченко, Н. Рюкесгойзер, М. Сван, Ю. Стельмашук, Ю. Чернявський Н. Шишкова, Н. Ющенко та ін. Аналіз їх праць дозволив встановити прогалину у можливості застосування блокчейну у освітньому середовищі.

3. Метою дослідження

Є застосування технологія блокчейн в освітньому середовищі.

4. Результат дослідження

Технологія блокчейн – є інновацією, що спроможна змінити більшу частину аспектів сучасного життя людства. Вона може надати абсолютно новий рівень

довіри щодо передачі, зберігання інформації, так як працює із складною системою шифрування. [1].

Сфери використання технології блокчейн за даними [2] схематично зображено на рис.1.

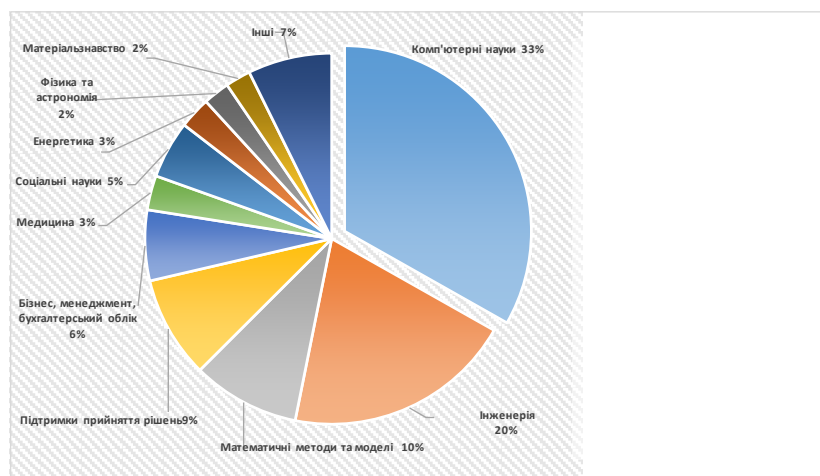


Рис. 1: Сфери використання технології блокчейн

Здійснений аналіз наукових публікацій, які входять до наукометричної бази Scopus засвідчив, що в період з 1992 року по 2012 рік було опубліковано тільки 8 наукових статей присвячених блокчейн-технології. Хоча за період з 1992 по 2022 рік – 27722 за даною тематикою 27722 публікації, а за січень – лютий 2022 року – 1122 праці. Це свідчить про науковий інтерес до даної тематики [3].

Блокчейн являє собою розподілену базу даних, яка зберігає інформація про кожну транзакції у вигляді ланцюжка блоків, а також є захищеною від змін криптографічними засобами. Кожний наступний блок пов'язаний з попереднім. Нова інформація додається тільки в кінець ланцюжка. Дані у блокчейні не можна підробити, оскільки кожний новий запис є підтвердженням в існуючому ланцюжку. Щоб змінити дані треба зробити зміни у всіх існуючих блоках. Оскільки система розподілена, то інформація про всі записи в системі зберігається та оновлюється одночасно у всіх учасників. Зазвичай на всіх комп'ютерах зберігається вся інформація усіх блоків, але є на комп'ютері зберігати тільки деякі окремі блоки даних.

Якщо використовувати блокчейн систему та Інтернет речей в освіті, то достовірність будь-яких даних можна підтвердити за допомогою ланцюжка блоків. Наприклад про пошуку роботи випускником, можна надати посилання на онлайн-запис про отриману освіту чи сертифікати здобуті в неформальній освіті. Такий підхід внесе кардинальні зміни між закладами освіти та стейхолдерами. Інформація про отримані знання зберігатиметься та легко піддаватиметься перевірці.

В блокчейн-мережі дають можливість об'єднуватися користувачі різних географічних регіонів та для них вміст блоків буде відкритим. Тобто, користувачі в будь-якому куточку світу можуть побачити вміст будь-якого блока, перевірити достовірність інформації чи додати нові дані. При такому підході зникає необхідність перевірки автентичності інформації іншими людьми. У блокчейн-системі на достовірність інформації не може ніхто вплинути. Основні переваги та недоліки блокчейну наведені в табл.1.

Таблиця 1

Переваги та недоліки блокчейну

Недоліки	Переваги
Велика масштабність	Децентралізація
Незворотність	Надійність
Атака	Прозорість
	Універсальність

Процес роботи блокчейна схематично зображено на рис. 2.



Рис.2:Процес роботи блокчейна

Прийнято розділяти існуючі та потенційні аспекти блокчейн на три категорії: блокчейн 1.0, блокчейн 2.0 та блокчейн 3.0 [2].

В Україні в освіті є приклади застосування технології блокчейн. Це система STUDYPASS, яка дає змогу студентам, що їдуть на навчання до України отримувати своєчасні та якісні інформаційні сервіси. Вона дозволяє стверджувати, що офіційне запрошення на навчання фактично було видано особі, яка його надала. Також технологія блокчен використовується в масових відкритих онлайн-курсах та електронних портфоліо для перевірки навичок і знань [4].

5. Висновки

Можна сказати, що блокчейн – це новий тип інформаційної технології, що за десяток років стала потужним інструментом в сучасному світі. В цілому сфера використання її досить широка. Зокрема, виділимо основні напрями, які варто досліджувати задля удосконалення в плані освіти:

- ✓ більш детально дослідити вплив та доцільність застосування блокчейну в освітній галузі;
- ✓ удосконалення законодавства щодо застосування даної технології;
- ✓ заходи кібербезпеки;
- ✓ удосконалення наявної технології з метою виявлення нових перспектив та напрямів застосування.

6. Література

- [1] Стельмашук Ю. Технологія блокчейн. Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів «Філософські виміри техніки» (PDT-2022). С. 116–118.
- [2] Мельниченко О., Гартінгер Р. Роль технології блокчейн у розвитку бухгалтерського обліку та аудиту. *European cooperation*. 2016. Т. 7(14). С. 9–19.
- [3] Чернявський Ю.С. Можливість застосування технологій блокчейн у сфері страхування. *Підприємництво та інновації*. 2022. Вип. 24. С. 118–122.
- [4] Балазюк О., Пилявець В. Технологія блокчейн: дослідження суті та аналіз сфер використання. *Економіка та суспільство*. 2022. Випуск 43. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-13>.

IOT BASED FUEL LEVEL MONITORING

Yevheniia SHABALA, PhD, associate professor¹

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture, PhD, associate professor Kyiv National University of Construction and Architecture, shabala.ieie@knuba.edu.ua.*

Abstract

The Internet of Things (IoT) is penetrating all new areas. More and more industrial enterprises are showing interest in IoT technologies and their possible application in their own business processes. Analysts even see that industry will become one of the growth drivers of this market in the next six months [1]. One of the industries most susceptible to the IoT revolution is retail. Functional capabilities of sensors and information provided by them allow solving the largest range of problems inherent in industries.

One of the industries where IoT is being implemented is the fuel industry, in particular gas stations. A gas station in the modern world is a provider of comprehensive services built around fuel. Moreover, the need to fill the tank often becomes an excuse to receive a wider set of services, and in this light, every aspect of the station takes on additional importance, and IoT helps to optimize them all. Unlike an existing system for Fuel Level Monitoring, it differs by monitoring the fuel level and provide the access to monitor the vehicle in any place with the use of (IOT). Automatically updates the information of Fuel entering inside the tank. [2] Fuel level monitoring solutions give accurate, real-time readings of fuel usage, alerting fleet managers if readings exceed normal limits, so that there is no shortage of fuel.

Key words

Gas station, fuel level sensor, fuel tank

1. The problem of uninterrupted filling of fuel tanks

IoT creates new opportunities for companies to expand the range of their services, strengthen their business ideas from accurate and timely data, improve business processes and differentiate their offers on the market. The oil products sector consists of many objects of various nature (gas stations, oil depots, transport and repair units, etc.), including networks of gas stations (gas stations). The problem is to increase the efficiency of the control system of gas stations in the conditions of a complex environment, an increase in vehicles, the instability of the system load level and fuel use. The network of gas stations is a set of service facilities (gas stations and Point-Of-Sales, POS, points of sale), channels of interaction and transport of goods, money and information between them, as well as auxiliary facilities (warehouses of fuel and lubricants and oil depots of various levels, means of transport, service structures, etc.). Also, the gas station system is connected with a large flow of customers around the clock, and any delay in servicing and providing services can affect the business as a whole. Therefore, there is a need to automate the processes of not only gas station customer service, but also the control of uninterrupted service provision as much as possible. One of the components in the chain of service provision is the supply of fuel from fuel tanks. Tanks can hold from 100 to 50,000 m³ of oil and oil products. For uninterrupted fuel supply, the fuel level in the tanks is monitored. Methods are usually used:

- With the help of level gauges installed in tanks with liquid petroleum products: diesel fuel or gasoline. This data must then be processed by a person or a system to make decisions about the need to refill the tank with a particular type of fuel.
- Using ultrasonic level meters. They measure the fuel level non-contact using ultrasound, are installed on the bottom of the tank (outside) and do not violate the structure and integrity of the tank, there is no intervention in the middle of the tank.

An ultrasonic wave transmitter is used in the ultrasonic sensor to send ultrasonic wave. Now after reflecting the reflected wave signal is received by the echo receiver of the ultrasonic sensor. If the ultrasonic sensor is placed at a height of 'H' from the fuel surface then the distance travelled by the ultrasonic wave from the transmitter to the receiver is = 2d. Now if the time to travel the distance is 't' sec then in S.I. unit.

$$2 * d = t * 340, \quad (1)$$

The speed of ultrasonic wave in air is 340 m/s.

Or, $d = (1/2) \times t \times 340$

- Now if the distance of ultrasonic sensor from the bottom surface of fuel container is 'H' then the level of fuel 'h' can be determined as,

▪

- $h = H - d$

- Now if the distance of ultrasonic sensor from the bottom surface of fuel container is 'H' then the level of fuel 'h' can be determined as,

▪

- $h = H - d$

- Now if the distance of ultrasonic sensor from the bottom surface of fuel container is 'H' then the level of fuel 'h' can be determined as,

▪

- $h = H - d$

Now if the distance of ultrasonic sensor from the bottom surface of fuel container is 'H' then the level of fuel 'h' can be determined as,

$$h = H - d, \quad (2)$$

This value of 'h' is continuously monitored by displaying it on a website.

Let at time 't1' and 't2' the level heights are 'h1' and 'h2' the rate of change in level can be given as

$$r = (h1 - h2)/(t1 - t2), \quad (3)$$

Now when the fuel is drained, the value of ' r ' is high than at any other time. So, a threshold value can be set if the value of ' r ' goes higher than that value a buzzer will be on and a message will be sent with the help of a GSM modem connected with the micro-controller.

In case of fuel track as the level never remains fixed due to motion of the track equation (iv) is become

$$r = |h1 - h2|/(t1 - t2), \quad (4)$$

While the track is to be emptied the system can be stopped manually [4].

In order to eliminate the untimely response of a gas station worker to a low fuel level, insufficient qualification of the worker and other human factors, it is proposed to use the IoT concept to automate the process of determining the fuel level in the tanks, processing the received data regarding the need to refill the fuel tank with one or another type of fuel, and submitting data to decision-making center.

2. Requirements for the fuel level control system in tanks

IoT solutions will combine a large number of functions, which include: sensors and controllers, a gateway device for collecting data and sending it to a server, a communication network for data transmission, data analysis tools and data visualization software, etc. [3].

The following requirements are put forward to the fuel level control system in the tanks:

1. The data collected from the sensors (sensors) of the Internet of Things system must be stored and processed on a remote powerful server (using cloud technologies), but before that undergo pre-processing to minimize the use of transmission system resources;
2. The raw data collected from the sensors must travel through the network as little as possible;
3. Data semantics and their semantic load should be controlled: data that do not carry new significant information, after undergoing their primary processing, should not be transmitted over the network in order to save its resources;
4. Irrelevant or erroneous data must be identified and destroyed. If necessary, repeated collection of correct data should be carried out.

The correct organization of the data processing process will allow the network to successfully cope with the significant load that will inevitably be produced by the Internet of Things systems [5].

3. Architecture of the fuel level control system in tanks

The fuel level control system is shown in Figure 3.



Fig. 1: Fuel level control system

Sensor level. IoT sensors are pieces of hardware that detect changes in the environment and collect data. The sensor itself is useless, but it plays an important role when we deploy it in the IoT ecosystem. IoT sensors are used to collect, communicate and share data with connected devices throughout the network. All this collected data allows devices to work autonomously, thus making the entire ecosystem "smarter" every day.

The main task of the sensor level is to record and read the characteristics of various physical phenomena of the environment with the help of appropriate devices, namely sensors. This level involves the use of several types of sensors. There can be a large number of different sensors in one network. Several sensors in the IoT network are integrated using a hub. The hub is the main point of connection of sensors. It receives information from sensors and sends it to the data processing unit. The hub uses several transport mechanisms (Serial Peripheral Interface and Inter-Integrated Circuit) to exchange information between transmitters and applications [6].

Network layer the network layer is a communication channel that transmits data collected by sensors to other connected devices. In IoT systems, the network layer is implemented using such technologies as Wi-Fi, ZWave, LoRa, Bluetooth, etc. This level implements two types of capabilities: – Ability to organize networks. Enables the use of network connection management functions such as access and transport resource management, mobility management, or authorization, authentication, and accounting. - Possibility of transportation. Allows you to connect devices and transport information to cloud storage, applications or databases.

Data processing level. This level is represented by the main information processing unit that receives data collected by donors, processes and analyzes them, and then makes decisions based on the results of the analysis. This decision is transmitted through the network layer to other connected devices or to the user interface.

Application tier. The application layer receives and outputs the results of the data processing layer through various IoT applications. This level is aimed at the user and must display the received data in a form understandable to the user. Such applications can be found in the form of applications of smart transport, smart houses, etc. [7].

Therefore, IoT is able to combine many functions of the enterprise into a single effective mechanism, where the control, measurement and analysis of the received data will be carried out by the sensor and control module. Fuel industry enterprises will be able to rapidly increase their competitiveness. All resources that are able to perform the task must be part of the same information network and be able to exchange information to perform this task.

4. References

- [1] THE INTERNET OF THINGS: HOW IT CAN BE USEFUL FOR BUSINESS. – Access mode: <https://metinvest.digital/ua/page/internet-veshchej-chem-on-mozhet-byt-polezen-dlya-biznesa>.
- [2] Sharik N., Deepak Chaitanya M., Design and Fabrication of Fuel Level Monitoring & Alert System using IoT / N. Sharik, M. Deepak Chaitanya // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 9, Issue 10, 2020, pp. 442-444.
- [3] 10 Ways Machine Learning Is Revolutionizing Manufacturing – Access mode: <http://www.forbes.com/sites/louiscolumnbus/2016/06/26/10-waysmachine-learning-is-revolutionizing-manufacturing/#57d0ec792d7f>
- [4] Dibyendu Sur, Jasmine Firdaus, Annasha Purohit, Raktima Dutta, Deblina Mitra, Kunal Majumder, “IoT based fuel level monitoring and fuel theft detection system”, Inter University Academic Meet, March 15, 2020, ISBN No. 978-93-5396-819- 9, DOI: 10.36375/prepare_u. a89, Peer Reviewed
- [5] V. V. Kurdecha, Method of data processing in the distributed network of the Internet of Things / V. V. Kurdecha, I. O. Ishchenko, A. G. Zakharchuk // Young scientist. - 2017. - № 10. - p. 75-81. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2017_10_20
- [6] Electronic library arxiv [Electronic resource] I Survey on Sensor-based Threats to Internet-of-Things (IoT) Devices and Applications. – Access mode: <https://arxiv.org/pdf/1802.02041.pdf>
- [7] Medium Corporation [Electronic resource] IoT Explained – How Does an IoT System Actually Work? – Access mode: <https://medium.com/iotforall/iot-explained-how-does-an-iot-system-actually-work-e90e2c435fe7>.

APPLICATION OF MODERN TEXT MINING ALGORITHMS IN PHD PROJECTS

Boris BANKOV, PhD, Chief Assist. Prof.¹

Ivan KUYUMDZHIEV, PhD, Assoc. Prof.²

¹*University of Economics – Varna, Bulgaria, Informatics department, boris.bankov@ue-varna.bg*

²*ivan_ognyanov@ue-varna.bg*

Abstract

The algorithm of discovering and learning contextual relationships between documents has produced new and unique approaches for text mining. Google's Transformer model concept has given life to interesting methodologies such as Bidirectional encoder representations from transformers, Generative pre-trained transformer and ChatGPT. The purpose of this paper is to present an overview of select text mining and natural language processing models in the context of computer-assisted resume generation for PhD dissertations. The idea stems from authors' work on a PhD project information web platform within the University of Economics - Varna academic environment.

Keywords

Text mining, natural language processing, computer assisted text generation

1. Introduction

Text mining continues to evolve alongside an increasing volume of digital knowledge being shared online. Techniques such as word2vec and doc2vec will soon be a decade old but their impact on word embedding approaches continues to hold its ground as the basis in natural language processing systems. With the help of recurrent neural networks and state-of-the-art data models researchers have shown promising results in a variety of NLP tasks. Document classification is a popular topic in scientific works. Some [5, p. 434] use doc2vec to classify product descriptions, while others [1, p. 178] build sentence-based vectors from word vectors to produce document summarization. Furthermore, research papers have also been used as input for applying text mining in recent publications [6, p. 300], [9, p. 648], [11, p. 155] where classification can show interesting tendencies.

Sentiment analysis is another topic that has benefited from new discoveries in NLP. On a small scale such as tweets [8, p. 265] SA has produced comparatively similar results using Support Vector Machines and Naïve Bayes, while modern approaches have pushed the accuracy rate into the 80th percentile [4, p. 9] using transformers. The Transformer model is designed to deal with sequence-to-sequence tasks. Studies [2, p. 2] have given remarkable results in NLP models using benchmarks such as General language understanding evaluation (GLUE), The Stanford Question Answering Dataset and The Situations With Adversarial Generations Dataset. The Bidirectional encoder representations from transformers or BERT model from [2, p. 9] has rapidly proven to succeed with improved scores and researchers in [4, p. 4] have seen the potential beyond sentence-level sentiment analysis and applied target-dependant sentiment classification. Generative Pre-trained Transformer 3 is another language model that shows promise in

text prediction albeit the semantic artefacts that it produces have brought more questions into the future of artificial intelligence [3, p. 682].

The process of converting traditional document ecosystems into web applications can be challenging but new and interesting possibilities for deep learning can be discovered. While online analytical processing is viable [7, p. 351], dynamic data streams are harder to evaluate. Summaries, resumes and annotations of larger documents are fascinating to analyse as they tend to represent multiple topics across a smaller array of words. The contextual bonds between sentences are stronger. The opposite is somewhat true in this case when it comes to machine interpretation – relations are subtle, if not non-existent. Our research attempts to produce output based on a triplet of features that include a numeric value, a title and a pair of sentences both in English and Bulgarian. The goal is to evaluate BERT's prediction capabilities on short summaries. The output resolves to whether the second sentence is sequential to the first. In this paper the discussion points are as follows: the first section presents the concept of encoder and decoder, attention, transformers and BERT; the second section deals with the extraction and pre-processing of data; the final section discusses the examples and results of the study.

2. The bert model

In recurrent neural networks an encoder generates numeric representations from text in the form of an input vector with a hidden state, weights and output vector. The decoder translates the vector into a sequence where each output vector is calculated based on the hidden state of the encoder. In language translation the encoder can consist of the original sentence, and the decoder is the translated result. In a question-answering problem the input is an array of words from the question, while the output sequence is an array of words from the predicted answer. One of the strong traits of this model is that different lengths input and output sequences can be matched. This is accomplished by using an attention mechanism [12, p. 2]. The attention mechanism improves the decoder's functions by giving access to all encoder hidden states, which can be looked at accordingly when producing the current output. In previous iterations of encoder-decoder models, the decoder would move sequentially. In a way attention appears similar to skip-grams where neighboring words sometimes refer to terms three or four positions earlier or later in the sentence. The attention function maps vectors to an output, that is a weighted sum of values. Adding such a mechanism to ML models has given life to a new architecture presented in [12, p. 2] as Transformer.

The Transformer is a sequence model omitting traditional recurrent layers in encoder-decoder architectures. It is meant to handle tasks where distant relations between terms are present. Transformers have been recognized as faster to build and more powerful models in NLP. The Bidirectional Encoder Representations from Transformers is a deep language model that can distinguish and display semantic and syntactic abstractions and allows for self-correction when extracting information from multiple layers [10, p. 2]. The BERT model is trained on a 3-billion-word English corpus from BooksCorpus and Wikipedia.

Compared to earlier GPT where left-to-right architecture is used, BERT looks both ways for context in all layers. BERT has been officially released alongside 24 smaller models for computational optimization, as well as multilingual version that support 104 languages, including Bulgarian, case sensitive and insensitive.

Currently as a part of a scientifically-applicable project in University of Economics – Varna we have built a PhD project platform and digitalized all information in an online environment to improve the document archival process for doctorate candidates and academic staff. While working on the software system we had the opportunity to improve the data flow and match the requirements in the National center for information and documentation (NACID). In our study we rely on BERT-base and BERT, Multilingual uncased to compare next sentence prediction in PhD summary text in English and Bulgarian.

3. Extraction and pre-processing

In the past decades, technological progress permitted storage and access to large amounts of data. The accelerated development of the Internet and the Web facilitated information sharing and exchange and shifted machine learning toward data-driven approaches.

Text mining and text analysis identifies textual patterns and trends within unstructured data through the use of machine learning, statistics, and linguistics. In order to automate decision-making processes machine learning builds models from input data. It is obvious that ML relies heavily on collecting large sets of data in various formats that provide the basis for future learning. For a better analytical process, we need to reach good quality of the data used and high diversity so we can add more dimensions to our analysis. It is a time-consuming task to ensure data consistency and then take actions to address concerns such as missing or having incorrect values. Taking this into consideration a suitable data extraction method is needed that will minimize the time needed for data preparation.

As part of a regulatory mechanism in Bulgaria, yearly universities submit data about PhD projects while they are ongoing. Furthermore, after successful doctorate defense an additional form is prepared and submitted in NACID. The information included is as follows: title; first page; table of contents; introduction; exposition; conclusion; resume with achieved results and declaration of originality; references and annotation (short summary) in Bulgarian and English. The annotation is not part of the original dissertation and it is written exclusively for the application form. NACID lists the aforementioned information alongside the scientific field and the university in which the dissertation is defended.

In order to conduct our study, we need a larger dataset of PhD annotations than the one available on University of Economics – Varna's PhD project platform. In Bulgaria information about dissertations can be retrieved from COBISS+, the National library's online platform. Similar systems have been developed by Sofia University and Bulgarian Academy of Sciences. They however do not provide full access to the desired data. The

richest source of data is NACID. To gather the necessary input arrays from the online platform, several approaches can be mentioned:

- manual data extraction – textual information exists in an unstructured or highly heterogeneous format. Manual data extraction is expensive, labor-intensive, and error prone.
- automated extraction with web crawler – the dynamic state of online resources promises a certain degree of risk in cases where automatic security systems prevent a flood of requests or the content is being updated.
- two-way sharing – requesting formal handshake and extracting data periodically between the PhD project platform and NACID. We utilize this method as it is the most cost and time effective.

University of Economics – Varna offers PhD education in several economic research areas as well as Mathematics and Informatics and Computer Science. From NACID we extracted data as follows (see Table 1):

Table 1.

Number of extracted data arrays for dissertations by research area

Research Area	Numeric Label	Number of Dissertations
Law	3.6	384
Administration and Management	3.7	319
Economics	3.8	1045
Tourism	3.9	49
Mathematics	4.5	69
Informatics and Computer Science	4.6	196

We can use the numeric label to improve on the contextual interpretation of the dissertation annotation. Our experiment uses dissertation titles, the numeric labels of the research field and the first two sentences in the annotation to try and predict if they are sequential. The average length of an annotation is 15.34 sentences with an average of 10.1 words in Bulgarian and 12.68 in English. The sample size is rather small, and we will use one additional layer on top of BERT to train the model with the help of the title and the numeric label. To increase the success rate, we omit annotation beginning sentences that are shorter than 5 words. From 2062 annotations only 17 starting sentences did not pass this rule and were removed to help the prediction.

4. Next sentence prediction

The study allowed to discern a notable and expected trend across both language experiments. Accuracy of predictions is tied to the sample size of the additional layer used in BERT. Both the length and language used in the annotations influence the computer assisted text generation.

Annotations generally present a large set of ideas in a very concise way. English words carry more contextual meaning than Bulgarian words, especially in scientific text and high

technology taxonomies. Annotations with longer titles and first sentences in English offer better possibility for correct next-sentence prediction. Bulgarian annotations are only slightly behind in accuracy. The success rate in prediction is above average: roughly one in three attempts does not give satisfactory output. Using BERT's native `get_next_sentence_output` function, consider the pair of sentences:

“A methodology for analysis and assessment of the state of e-learning has been developed in the thesis. A high-quality model of such a system having as its base that same methodology has been created as well.”

The word methodology appears in both sentences, while the rest of the semantically rich tokens are very distant. In the Bulgarian version, the second sentence is completely different and translates to “A method for revealing the essence of the term "added value", related to the educational process, is proposed.”

The English pair can be evaluated in the 70th percentile for the second sentence to appear after the first, while in the Bulgarian version it is in the 50th percentile. The overall results are shown in Table 2.

Table2.

Next sentence prediction accuracy by language and research area

Research Area	English	Bulgarian
Law	80.07	76.88
Administration and Management	80.29	78.40
Economics	83.12	77.27
Tourism	76.20	70.62
Mathematics	75.58	68.74
Informatics and Computer Science	79.25	64.80

5. Conclusion

Computer-assisted text manipulation tasks are being studied with tremendous fervor. Transformers have given many researchers powerful tools in the form of pre-trained models that aim to solve multiple NLP problems. Static word embeddings are being replaced as the basis for NLP systems. BERT and GPT are state-of-the art models that boost artificial intelligence work.

Short and concise resumes and summaries have very informative nature and strong contextual bonds between sentences. Predicting accurately if pairs of sentences can occur in sequence can be used as an analytical tool to test proper translation from Bulgarian to English or vice-versa. The results suggest that even though the original annotation appears in Bulgarian, due to a larger corpus of English words, the success rate favors the translated summary.

6. References

- [1] AL-SABAHI, K., ZUPING: Z. Document summarization using sentence-level semantic based on word embeddings. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 29(02), 2019, pp. 177-196.
- [2] DEVLIN, J., CHANG, M., LEE, K., TOUTANOVA, K: Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint arXiv:1810.04805*, 2018.
- [3] FLORIDI, L., CHIRIATTI, M. GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences. *Minds and Machines*, 30(4), 2020, pp. 681-694.
- [4] GAO, Z., FENG, A., SONG, X., WU, X: Target-dependent sentiment classification with BERT. *IEEE Access*, 7, 2019, pp. 154290-154299.
- [5] LEE, H., YOON, Y: Engineering doc2vec for automatic classification of product descriptions on O2O applications. *Electronic Commerce Research*, 18(3), 2018, pp. 433-456.
- [6] NACHEVA, R: Emotions Mining Research Framework: Higher Education in the Pandemic Context. *Advances in Econometrics, Operational Research, Data Science and Actuarial Studies: Techniques and Theories*, Cham : Springer Publ., 2022, 299-310.
- [7] RAMONA, S., POMPILIU, C., STOYANOVA, M: Data Mining Algorithms for Knowledge Extraction. In *Griffiths School of Management and IT Annual Conference on Business, Entrepreneurship and Ethics*. Springer, Cham. 2019, pp. 349-357.
- [8] SULOVA, S., BANKOV, B: Approach for social media content-based analysis for vacation resorts. *Journal of Communications Software and Systems*, 15(3), 2019, pp. 262-271.
- [9] SULOVA, S., TODORANOVA, L., PENCHEV, B., NACHEVA, R: Using text mining to classify research papers. In *Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference*, 17, 2017, pp. 647-654.
- [10] TENNEY, I., DAS, D., PAVLICK, E: BERT rediscovers the classical NLP pipeline. *arXiv preprint arXiv:1905.05950*, 2020.
- [11] VASILEV, J., MARINOVA, N. Text mining of articles in an issue of the journal „Economics and Computer Science" dedicated on the DIMBI project. *Ekonomiczne Problemy Usług*, 126, 2017, pp. 153-159.
- [12] VASWANI, A., SHAZEER, N., PARMAR, N., USZKOREIT, J., JONES, L., GOMEZ, A., KAISER, L., POLOSUKHIN, I.: Attention is all you need. *arXiv preprint arXiv:1706.03762*, 2017.

A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR INNOVATIVE DIGITAL DATA PROCESSING IN THE CONSTRUCTION BUSINESS

Snezhana SULOVA¹

¹Professor of Informatics in University of Economics, Varna, Bulgaria

Abstract

An ever-increasing number of construction companies are utilizing increasingly more complex software systems and innovative technologies on their building projects. This has created the conditions for the generation and accumulation of large volumes of data. In order for this data to be relevant for such businesses, those businesses need to develop new policies for the exploitation of it. In this regard, the main goal of this report is to propose a conceptual framework, based on the identification of changes due to digitalization as well as to give guidelines for construction businesses for working with new data and modifying existing data.

The proposed framework allows the use of advanced approaches for the organization, storage and management of data of a diverse structure and origin.

Keywords

Construction business, conceptual framework, data, big data, IoT

1. Introduction

For companies in the construction business to be successful in the digital world, they must be continuously perfecting their ICT infrastructure. The widespread use of software applications that support the different activities happening at various stages on construction projects leads to the ever-increasing generation of diverse types of data. Many new types of data are also being collected from the use of robots, CPS and sensor wireless devices, industrial computers, programmable logic controllers, etc.

Data generated from the use of various technological solutions is often divided into two main types: structured and unstructured. Structured data is data which is suitably organized for computer processing [1]. It is data created using a predefined schema. This data is usually stored in a database and in tables, which can be easily processed by systems. Information systems used in construction are a source for various types of structured data, which can be organized with a Database Management System (DBMS). The gradual improvement of construction software systems creates the conditions for the need to build and maintain a Data Warehouse (DW). Integration between software applications also contributes to a change in the data model. Application of the concept of Building Information Modeling (BIM) contributes to a more effective use of data throughout the whole life cycle of buildings - in the processes of planning, design, implementation, documentation, operation, and maintenance [2].

The specific activities of this field lead to the generation of a large quantity of unstructured data, which do not have a clear structure e.g., books, videos, printed documents, text files, printed letters and emails, presentations, drawings, blueprints, schemes, fingerprints, pictures, music clips, contracts and others. The work of construction

companies is accompanied by a significant volume of documents[3]. Unstructured data is considered to comprise approximately 80% of all the information resources of an organization [4]. This creates a series of challenges and necessitates the need to change the models of data storage and data processing. Therefore, the main goal of this report is to offer a conceptual framework for the modernization and creation of new models for data organization and storage for companies in the construction business.

2. Innovative digital models for data processing in construction

Several scientists are researching different aspects related to the generation of new data in construction. Innovative digital processing based on the concept of BIM is a prerequisite for the effective utilization of collected data from the construction industry. Application of the BIM concept and its integration with other technologies with the goal to use data more effectively throughout the whole life cycle of building is increasingly becoming a focus of research. Zhu and Wu are studying the possibilities of integrating BIM and Geographic Information Systems (GIS). They have shown that BIM can be used as a source for construction information in combination with the new geospatial information and analytical capabilities of GIS [5]. Other researchers propose a blockchain-based BIM model to support information exchange in construction projects [6, 7]. This digital innovation allows for a more effective management of large volumes of data and constant control over the development of projects [8].

Large volumes of data between supply chains during the whole lifecycle of projects has led a group of scientists in Great Britain to create a model for the management and utilization of cloud-based storage for data from BIM [9]. The development of the model was based on numerous consultations with the business and a prototype was constructed with the assistance of the open system, CometCloud. The use of cloud-based technology in the development of information security for construction companies allows for network access to different shared resources such as: internet networks, servers, data storage and software applications. In the architecture, engineering and construction sectors, cloud-based BIM is considered to be in the second generation of its development. Even though cloud-based services aim to provide a number of benefits, some scientists express doubts concerning the data management capabilities of cloud-based BIM [10]. Another research project suggests that team members need to be trained in order to overcome the obstacles in using cloud-based and mobile technologies of BIM, and it also encourages the use of open standard files with a centralized database server [11]. The benefits of the application of cloud-based technology is emphasized in other studies [12, 13] as they argue that this allows for greater interoperability between project participants.

Traditionally, it has been a challenge to control construction sites. The need to report and control erodes the collection and exchange of data in real-time. The embedding of electronic elements, software and the use of internet connectivity allows for the reporting, collection and exchange of data. Concepts for connecting and sharing data through the Internet of devices, kitchen appliances, automobiles, etc. and the sharing of such data is

known as the Internet of Things (IoT). The benefits of data collection and reporting in the construction industry are explored by many authors [14-16]. The application of IoT leads to the generation of new data, which allows for monitoring, streamlining of operations and decision making to be done in real-time.

Developments exist for the extracting and processing of unstructured data. One of the tendencies connected with working with unstructured data is the processing of various text documents used in construction and generating new knowledge based on this. Word processing is used to discover tendencies and identify risky situations during project work; the grouping of documents and faster discovery of content in them; identifying the mood and forecasting the development of the project, etc. [17, 18]. Several scientists are studying the coming changes in the construction sector in relation to the appearance of new types of data and methods of data processing. Digitalization necessitates a change in the way data is collected and stored. Some authors connect the creation of new data with the increase in socialization and the ever-increasing use of social networks such as Facebook, Twitter, Pinterest, Instagram as well as the advancement of cloud-based computing and the ability to access and store data through the internet [19].

The appearance of new types of data, the growing volume of data and the speed of their generation has led to the creation and application of the concept of Big Data. In-depth research and summarization of articles about the application of the concept of Big Data in construction, which has been published in world-renowned scientific databases Emerald, Science Direct, IEEE, Xplore Digital Library and SpringerLink, was completed by researchers from Malaysia [20]. A summary of the sources of big data in the construction business was done by the Stoyanova [21] and it provides the construction industry a quick and easy-to-use way to accurately analyze and interpret large sets of data.

3. Conceptual framework for improving models for data storage and processing in construction

A brief overview of the digital transformation of construction and its impact on the generation and storage of data provides the opportunity to point out that modern working conditions have led to the generation of a large volume of varied data. The main trends exhibiting that there is a need to create new data structures as well as the modification of existing data structures are the following: the increase in the range and volume of the data; generation and maintenance of unified databases, which accompany the entire life-cycle of the projects; the use of cloud-based data storage; storage and processing of new types of data generated from sensors and various devices with internet access.

These new working conditions in a digital environment as well as the various types of data demand that a concept be created which defines how they are to be used (Table 1).

Table 1.

A conceptual framework for working with new data and modifying existing data in the construction businesses

Stages/Guidelines for Implementation
<p>Stage 1. Defining the principles and criteria for selection of sources and types of data from innovative digital environments</p> <p>Guidelines:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Storing only data, which is useful to a relevant business or related to the dynamics of business rules based upon work in innovative digital environments. 2. Storing quality data from reliable sources, which possess the qualities of accuracy and precision. 3. Storing both current data and historical data as both types of data have different implications for business processes. 4. Using flexible schemes for receiving new data, thanks to the system integration and application of new ways of processing. 5. Storing and forming of a set of metadata, which is useful for data management providing the ability to quickly access the required data.
<p>Stage 2. Identification of sources and types of data for innovative digital processing</p> <p>Guidelines:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Detailed description of structured data of organizations, which is generated by users of the software systems: BIM, CAD, project management systems. 2. Detailed description of data generated by sensor devices: for monitoring the operating characteristics of machines and vehicles; for working conditions; for the consumption of fuel; for the level of lighting; for humidity, carbon dioxide, light, water flow, noise; for climate conditions, air quality, etc. 3. Detailed description of data, which can be found in files of various formats: text documents, graphic files. 4. Detailed description of data from Internet sources: log files, webpages; social networks.
<p>Stage 3. Ability to use and modify existing data to form the data for innovative digital processing</p> <p>Guidelines:</p> <p>Extraction and loading of data in a central data repository. Using the extract load transform (ELT) method to transfer the data in a “raw” form to the data repository.</p>
<p>Stage 4. Generation and collection of new data for innovative digital processing</p> <p>Guidelines:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Extraction of data from devices using IoT. 2. Extraction of data from email messages. 3. Extraction of data from server log files. 4. Extraction of data from web applications: web-based BIM; web-based project management systems; web applications for client services; social platforms.

The proposed conceptual framework gives guidance to companies from the construction business on how to work in the conditions of a need for innovative digital processing of existing and emerging new types of data.

4. Conclusion

The era of digitalization has created the challenge of managing an ever-increasing volume of heterogeneous data. The proposed conceptual framework will enable companies in the construction sector to compete effectively in the conditions of digital business transformation by using flexible storage strategies and extract real value from their data.

5. Acknowledgments

This research work is conducted as part of the project “Digitalization of Economy in a Big Data Environment” (DEBDE), project No BG05M2OP001-1.002-0002.

6. References

- [1] Sharda, R., Delen, D. and Turban, E. Business Intelligence, Analytics, and Data Science. A Managerial Perspective. 4th Edition. London: Pearson, 2018.
- [2] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Second edition, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [3] Ivanova, M. Digital document circulation management in construction companies. Journal “HR & Technologies”, Creative Space Association, 2021, 1, pp. 110 – 123.
- [4] Grimes, S. Unstructured data and the 80 percent rule. 2008, Available online: <https://breakthroughanalysis.com/2008/08/01/unstructured-data-and-the-80-percent-rule/> (accessed on 14.01.2023).
- [5] Zhu, J. Wu, P. BIM/GIS data integration from the perspective of information flow, Automation in Construction, Vol. 136, 2022, 104166, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104166>.
- [6] Celik, Y., Petri, I. Barati, M. Blockchain supported BIM data provenance for construction projects, Computers in Industry, Vol. 144, 2023, 103768, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103768>.
- [7] Hijazi, A. A., Perera, S., Calheiros, R. N., Alashwal, A. A data model for integrating BIM and blockchain to enable a single source of truth for the construction supply chain data delivery, 2022, Available online: <https://www.emerald.com/insight/0969-9988.htm>, (accessed on 14.01.2023).
- [8] Stoyanova, M. Applicability of blockchain technology for digital transformation of construction. In Construction Entrepreneurship and Real Property. Proceedings of the 37-th International Scientific and Practical Conference in November 2022, pp. 137-144.
- [9] Beach, T., Rana, O. F., Rezgui, Y., Parashar, M., Cloud computing for the architecture, engineering & construction sector: requirements, prototype & experience. Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications, 2(8), 2013, pp. 1-16.
- [10] Wong, J. et al. A Review of Cloud-based BIM Technology in the Construction Sector. 2014, Available online: https://www.itcon.org/papers/2014_16.content.06672.pdf, (accessed on 14.01.2023).
- [11] Abanda, F. H., Mzyece, D., Oti, A. H. & Manjia, M. B. A Study of the Potential of Cloud/Mobile BIM for the Management of Construction Projects. Applied system innovation, 2018, 1(9), pp. 1-19.
- [12] Beach, T. H., Rezgui, Y. & Rana, O. F. CLOUDBIM: Management of BIM Data in a Cloud Computing Environment. 2011, Available online: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2011-Paper-159.pdf>, (accessed on 14.01.2023).
- [13] Matthews, J. et al. Real time progress management: Re-engineering processes for cloud-based BIM in construction. Automation in Construction, 2015, Vol. 58, pp. 38-47.

- [14] Dave, B., Buda, A., Nurminen, A., Främling, K. A framework for integrating BIM and IoT through open standards. *Automation in Construction*, 2018, Vol. 95, pp. 35-45.
- [15] Louis, J. and Dunston, P. Integrating IoT into operational workflows for real-time and automated decision-making in repetitive construction operations. *Automation in Construction*, 2018, Vol. 94, pp. 317-327.
- [16] Parusheva S., Aleksandrova, Y., Digital Technologies and Tools – Drivers of Digitalization in Construction, *Izvestia Journal of the Union of Scientists – Varna. Economic Sciences Series*, 2021, vol. 10(1), pp. 63-71.
- [17] Tang, L., Zhang, Y., Yoon, Y., Song, Y. Sentiment Analysis for the Construction Industry: A Case Study of Weibo in China. *Computing in Civil Engineering*, 2017, pp. 270-281.
- [18] Marzouk, M. and Enaba, M. Text analytics to analyze and monitor construction project contract and correspondence. *Automation in Construction*, 2019, Vol. 98, pp. 265-274.
- [19] Kim, J. and Kim, B. Analysis of Fire-Accident Factors Using Big-Data Analysis Method for Construction Areas. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 2018, Vol. 22, p. 1535–1543.
- [20] Ismail, S. A., Bandi, S., Zafira, N. An Appraisal into the Potential Application of Big Data in the Construction Industry. *International journal of built environment and sustainability*, 2018, 5(2), pp. 145-154.
- [21] Stoyanova, M. An approach to big data analytics in construction industry, *Varna: Knowledge and Business*, 8, 2022, 2, pp. 6-18.

PROTECTING OF AGGREGATE DATA IN IOT SYSTEMS

Олександр СТРАХ, кандидат фіз.-мат. наук, старший викладач¹

¹*Sumy State University, Faculty of Electronics and Information Technologies, Department of Cyber Security, e-mail: o.strakh@dcs.sumdu.edu.ua*

Анотація

У даній роботі запропоновано новий підхід щодо побудови схеми захисту зведених даних, який базується на використанні криптографії з гіпереліптичними кривими. Така модель безпеки забезпечує суттєвий захист від підробки запитів автентифікації та відповідей на них. Порівняно з іншими схемами, запропонована схема має найнижчі витрати на обчислення та зв'язок.

Abstract

In this work, a new approach for the construction of aggregate data protection scheme is proposed. It is based on the use of cryptography with hyperelliptic curves. This security model provides substantial protection against forgery of authentication requests and responses. Compared with other schemes, the proposed scheme has the lowest computational and connection costs.

1. Вступ

Сьогодні Інтернет речей (IoT) привернув значну увагу в різних академічних і реальних дослідницьких областях. Через свою природу IoT має використовувати зведені дані – дані наступних рівнів обробки, які отримані шляхом об'єднання даних початкових рівнів (дані сенсорів, маршрутизаторів тощо). Зведені дані в основному використовуються для оцінки основних критеріїв взаємодії пристроїв Інтернету речей, розпізнавання відповідних тенденцій і моделей процесів, отримання

відповідної інформації та оцінки поточних заходів стратегічного планування. Але, очевидно, процес агрегації даних в IoT системах є достатньо складним: метою механізмів агрегації даних є досягнення високої якості послуг, включаючи оптимальну затримку передачі даних, надійність та енергоспоживання. Дані, зібрані через бездротові датчики системи IoT, також є вразливі до різноманітних внутрішніх і зовнішніх атак. Відтак, однією з вирішальних задач є шифрування чи підпис зведених даних для забезпечення їх конфіденційності та цілісності.

2. Огляд попередніх результатів

В роботі [1] запропоновано безпечну схему агрегації даних для бездротових датчиків тіла IoT у медичній галузі, яка базується на використанні так званого криптографічного накопичувача з автентифікованим адитивним гомоморфним шифруванням даних. У статті [2] запропоновано метод кластерного захисту агрегації даних на основі підпорядкованого розподілу ключів шифрування та протоколу автентифікації. Зазначені роботи є важливими розробками захисту зведених даних, але вони все ж обмежуються використанням у вузьких типах IoT-систем. У даній роботі запропоновано новий підхід щодо побудови схеми захисту зведених даних, який базується на використанні криптографії з гіпереліптичними кривими – розширеному варіанті еліптичних кривих з меншим параметром та меншим розміром ключа.

Криптографія з гіпереліптичними кривими [3], яка є вдосконаленою версією криптографії з еліптичними кривими, вимагає використання параметра та ключа, розміром лише у 80 біт. Перевагою гіпереліптичної кривої є те, що вона забезпечує такий же рівень надійності безпеки, як і криптографія з еліптичними кривими.

3. Основний результат

Для захисту цілісності зведених даних в системі Інтернету речей слід розглядати два можливих типи злоумисників:

1. зовнішні злоумисники, метою яких є підробка підписів агрегованих даних; вони не мають доступу до секретних ключів центру сертифікації;
2. внутрішні злоумисники — це злоумисні центри сертифікації, завданням яких є підробка самих підписів; тож вони мають доступ до секретних ключів центру сертифікації, але не можуть виконувати заміну відкритого ключа та запити сертифікатів.

Далі оцінюється відкритий канал запропонованої схеми, за якою ці два типи злоумисників змогли б виконати процедуру підробки. Побудова схеми передбачає виконання таких кроків:

1. Налаштування: для параметрів безпеки m^k сертифікатори публікують дані $\Phi = \{D, F^n, Z\ell, h_0, h_1, h_2, S\}$, де D є дільником, F^n – скінченним полем, $Z\ell$ –

параметром гіпереліптичної кривої, (h_0, h_1, h_2) – трьома необоротними криптографічними геш-функціями, а S визначає відкритий ключ сертифікаторів. Крім того, сертифікатори встановлюють закритий ключ η , тобто $S = \eta \cdot D$.

2. Генерація ключа: кожен користувач (U_i) обчислює значення $s_i = \varphi_i \cdot D$, де φ_i – вибраний випадковим чином користувачем закритий ключ із групи $Z\ell$.

3. Генерація сертифіката: для кожного користувача (U_i) сертифікатори випадковим чином вибирають із групи $Z\ell$ значення x_i та обчислюють

$\omega_i = x_i \cdot D$, $d_i = x_i + \eta h_0(\omega_i, s_i)$, і встановлюють сертифікат $S_i = (\omega_i, d_i)$. Коли користувач бажає перевірити цей сертифікат, він має скористатися таким рівнянням: $d_i \cdot D = \omega_i + S h_0(\omega_i, s_i)$.

4. Генерація підпису на основі сертифіката: для відповідного генератора підпису обчислюються значення $\alpha_i = l_i \cdot D$, $r_i = h_1(\omega_i, s_i, \alpha_i)$, $R_i = h_2(\omega_i, s_i, \alpha_i)$, $p_i = d_i + \varphi_i r_i + l_i R_i$, де l_i вибирається випадковим чином із групи $Z\ell$, і встановлюється цифровий підпис $g_i = (\alpha_i, \omega_i, p_i)$.

5. Перевірка підпису на основі сертифіката: верифікатор може виконати такі обчислювальні кроки: він обчислює $r_i = h_1(\omega_i, s_i, \alpha_i)$, $R_i = h_2(\omega_i, s_i, \alpha_i)$, $l_i = h_0(\omega_i, s_i)$ та перевіряє чи виконується рівність $p_i \cdot D = \omega_i + l_i \cdot S + r_i \cdot s_i + R_i \cdot \alpha_i$, а потім приймає підпис.

6. Агрегації підписів на основі сертифікатів: після отримання $g_i = (\alpha_i, \omega_i, p_i)$ агрегатор може обчислити суму $p = \sum_{i=0}^n p_i$; це і означає, що p є цифровим підписом усіх отриманих даних після їх зведення, або зведеним підписом даних.

7. Перевірки зведених підписів на основі сертифікатів: верифікатор може виконати такі обчислювальні кроки: він обчислює $\sum_{i=0}^n r_i = \sum_{i=0}^n h_1(\omega_i, s_i, \alpha_i)$, $\sum_{i=0}^n R_i = \sum_{i=0}^n h_2(\omega_i, s_i, \alpha_i)$, $\sum_{i=0}^n l_i = \sum_{i=0}^n h_0(\omega_i, s_i)$ і перевіряє, чи виконується рівність $p \cdot D = \sum_{i=0}^n \omega_i + (\sum_{i=0}^n l_i) \cdot S + (\sum_{i=0}^n r_i) \cdot s_i + (\sum_{i=0}^n R_i) \cdot \alpha_i$, а потім приймає p .

Аналіз безпеки показує, що запропонована схема забезпечує суттєвий захист від зловмисників, метою яких є підrobка запиту автентифікації або підrobка відповіді на нього. Також було виявлено, що запропонована схема має найнижчі витрати на обчислення та зв'язок. Це вказує на те, що запропонована схема є ефективною моделлю захисту цілісності агрегованих даних.

4. Література

- [1] REZAEIBAGHAF., MUY., HUANGK., CHEN L.: Secure and efficient data aggregation for IoT monitoring systems. IEEE Internet of Things Journal, 8(2021)10, 8056-8063.

- [2] NEZHADM.A., BARATIH., BARATI A.: An authentication-based secure data aggregation method in Internet of Things. J. Grid Computing, 20(2022) Article number 29.
- [3] VERMAG.K., SINGHB.B., KUMARN., KAIWARTYAO., OBAIDATM.S.: PFCBAS: pairing free and provable certificate-based aggregates signatures scheme for health care monitoring system, IEEE Systems Journal, 14(2020)2, 1704-1715.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ КОМПАНІЇ

Ольга ІЗМАЙЛОВА¹
Ганна КРАСОВСЬКА²
Катерина КРАСОВСЬКА³

¹Канд.техн. наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії Київського національного університету будівництва і архітектури, Київ, Україна, olga.v.izmailova@gmail.com

²Канд.техн. наук, доцент, доцент кафедри інтелектуальних технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, annavkrasovska@gmail.com

³Докт. філософії (PhD), бізнес-аналітик компанії SoftServe Poland, Warsaw, katerina.krasovska@gmail.com

Анотація

Досліджено підхід до побудови системи підтримки прийняття рішень оцінки ризиків інформаційної безпеки компанії при реалізації загрози на інформаційному активі функціонуючих інформаційних систем. Метою дослідження авторів є пошук та аналіз шляхів розв'язання компромісної задачі, що потребує, з одного боку, забезпечити системність оцінювання з врахуванням різноаспектних вимог до міри формалізації процесів та удосконалення математичного апарату реалізації, підвищення рівня достовірності та доступності реалізації та, з іншого боку, врахування незбіжності реальних умов неструктурованої проблеми прийняття рішень та концептуальної невизначеності.

Ключові слова: ризики інформаційної безпеки, система підтримки прийняття рішень, база моделей, база знань, інформаційний актив, вразливість інформаційного активу, очікувані рівні збитку, багатокритеріальний підхід, експертне оцінювання.

1. Вступ

Головна задача системи управління ризиками пошук та оптимізація компромісу між двома пріоритетними потребами компанії: прозорість та доступність даних для користувачів, з одного боку, і гарантія захищеності даних та надійний рівень інформаційної та кібернетичної безпеки, з іншого боку. Накопичений досвід широкого успішного застосування сучасних систем управління ризиками [1-6] визначив актуальність подальшого розвитку та удосконалення людино-машинного інструментарію реалізації процесів управління ризиками. Мета цього дослідження аналіз підходу до створення в якості такого інструментарію

інтерактивної інформаційної системи підтримки прийняття рішень (СППР) по оцінці ризиків інформаційної безпеки.

2. Постановка завдання

Для вдалого використання можливостей побудови сучасних СППР [7,8] як системи оцінки ризиків пропонується базуватися на наступних принципах:

1. СППР повинна стати інструментарії оцінювання ризиків на основі таких понять як актив, вразливість, загроза і збиток інформаційних активів, що дає користувачу допомогу у процесі аналізу та прийняття рішень і забезпечувати інформаційну та логічну підтримку у всьому процесі оцінювання. Думка спеціалістів та інформація, що генерується та оброблюється в ЕОМ повинна представляти собою єдине ціле для прийняття рішень.
2. Передбачити наступні типи користувачів СППР:
 - особа, що приймає рішення (ОПР) – відповідальний співробітник або підрозділ компанії, що приймає рішення про вибір варіанту оцінювання, організацію і оцінку їх наслідків;
 - експерт – це спеціаліст в галузі інформаційної безпеки, в створенні та експлуатації захищених інформаційних галузевих систем, що володіє інформацією про ситуацією, що розглядається, але не несе прямої відповідальності за результати її розв'язання;
 - аналітик (консультант, дослідник) – спеціаліст в галузі інформаційних безпеки, що приймав участь в розробці чи впровадженню системи та займається її супроводженням.
3. СППР повинна забезпечити на кожному етапі технології зручний інтерфейс роботи спеціаліста з базами даних та знань для зручної роботи спеціаліста з документацією, протоколами нарад, стандартів, шкалами оцінювання, переліками загроз та вразливостей.
4. СППР повинна бути спрямована на підвищення ефективності оцінювання за рахунок раціонального компромісу в акцентах на аналітичні методи та методів збору та обробки оцінок експертів та прийняття рішень. Для цього СППР повинна бути побудована за принципом інтерактивного розв'язання задачі, при цьому користувач повинен мати можливість діалогу з системою в безперервному режимі.
5. Основою побудови інтерфейсу СППР є простота та комфортність роботи користувача, зручності пересування по системі без володіння глибокими знаннями в напрямі комп'ютеризації.
6. СППР орієнтована на гнучкість і адаптивність при проведенні процесів оцінювання до змін середовища та вимог до розв'язання задач на основі

генерування альтернативних сценаріїв оцінювання на основі інтеграцію моделей і методів із збереженням стандартного доступом до даних і вибіркою з них. Для надання допомоги при прийнятті рішень активується одна або декілька моделей відповідної бази моделей.

7. Вибір моделей для активізації та зведення їх застосування до єдиної технології оцінювання ризику визначаються на основі альтернативних сценаріїв реалізації. Побудова сценаріїв – інтерактивна процедура і повинна залежати від визначених ОПР факторів впливу.

3. Структурна модель процесів сппр оцінки ризиків

На рисунку 1 представлена структурна модель процесів оцінки ризиків інформаційної технології оцінки ризиків, на основі якою визначається склад процесів СППР та алгоритм їх реалізації.

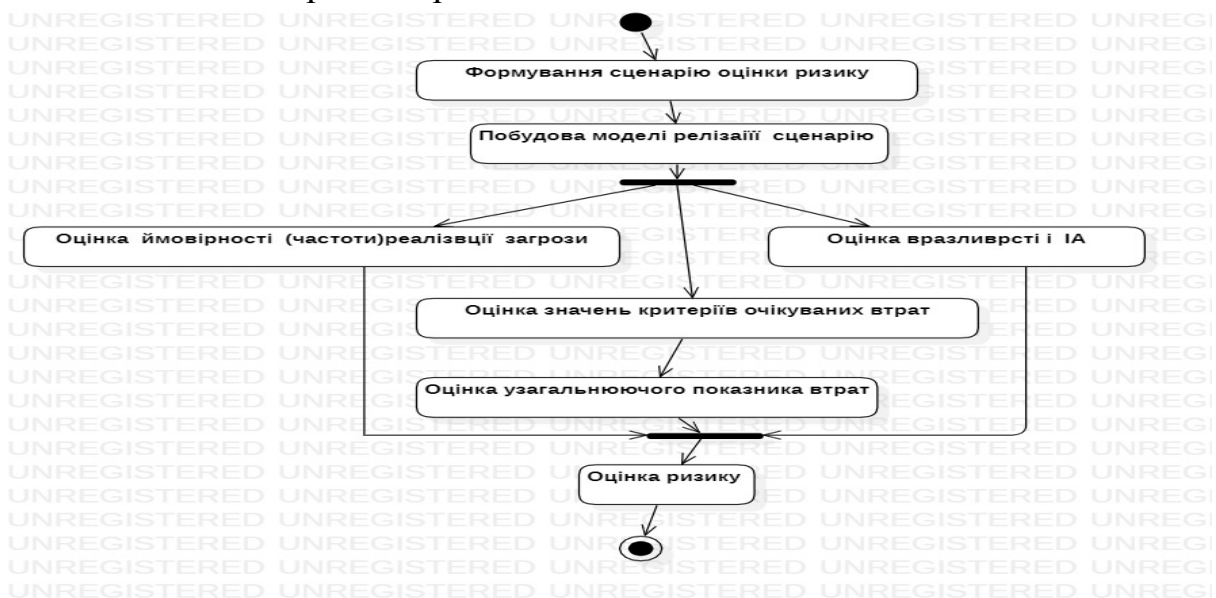


Рисунок 1: Структурна модель процесів СППР оцінки ризиків

Надамо коротку характеристику процесів:

- **Формування сценарію оцінки ризику.** На основі моделі морфологічного аналізу ОПР визначається структура процесів прийняття рішень, ознаки формування варіантів реалізації кожного процесу та моделі реалізації кожного варіанта. В результаті реалізації процесу ОПР встановлює сценарій реалізації, що включає композицію обраних ОПР варіантів реалізації кожного процесу.
- **Формування сценарію оцінки ризику.** На основі моделі морфологічного аналізу ОПР визначається структура процесів прийняття рішень, ознаки формування варіантів реалізації кожного процесу та моделі реалізації кожного варіанта. В результаті реалізації процесу ОПР встановлює сценарій реалізації, що включає композицію обраних ОПР варіантів реалізації кожного процесу.

- **Побудова моделі реалізації сценарію.** Модель будується на основних положеннях DFD-моделювання. На її основі визначені джерела та користувачі даних; склад процесів та яким чином кожний процес перетворює вхідні дані у вихідні, логічна послідовність їх реалізації, що визначає співвідношення між процесами; зв'язки процесів з базовими складовими СППР: базою даних, базою моделей та базою знань.
 - **Оцінка ймовірностей (частот) реалізації загрози.** На основі методів безпосереднього експертного оцінювання сформованою групою експертів проводиться оцінка ймовірності (частоти) реалізації загрози на визначеному інформаційному активі (ІА) компанії. Інформаційною основою реалізації цього процесу є дані бази знань, що мають рекомендаційний характер і включають характеристики відповідних шкал вимірювання рівнів ризику
 - **Оцінка вразливості інформаційного активу.** На основі методів безпосереднього експертного оцінювання сформованою групою експертів проводиться оцінка вразливості інформаційного активу. Інформаційною основою реалізації цього процесу дані бази знань, що мають рекомендаційний характер і включають характеристики відповідних шкал вимірювання рівнів вразливостей. Передбачені наступні альтернативні варіанти оцінки вразливостей: укрупнене оцінювання вразливості ІА; оцінювання вразливостей ІА в розбіжності впливу на конфіденційність, цілісність та доступність даних.
 - **Оцінка значень критеріїв очікуваних втрат.** Передбачається можливість одно та багатокритеріального оцінювання експертами очікуваних втрат при реалізації встановленої загрози на інформаційному активі. Передбачені наступні альтернативні варіанти оцінювання: укрупнене оцінювання втрат на основі одного критерію; укрупнене оцінювання витрат на основі трьох критеріїв - від порушення конфіденційності, цілісності, доступності; оцінювання втрат на основі множини встановлених критеріїв від порушення конфіденційності, цілісності, доступності з врахування ймовірності відбуття різних рівнів збитків. Інформаційною основою реалізації цього процесу є дані бази знань, що мають рекомендаційний характер і включають характеристики відповідних шкал вимірювання рівнів збитку по кожному критерію оцінювання.
 - **Оцінка узагальненого показника втрат.** Передбачені наступні варіанти оцінки узагальненого показника втрат: оцінка узагальнюючого показника втрат на основі врахування укрупненого показника; укрупнене оцінювання витрат на основі трьох критеріїв: від порушення конфіденційності, цілісності, доступності; комплексне оцінювання втрат на основі встановленої множини критеріїв.
 - **Оцінка ризику.** Передбачаються два варіанти оцінки ризику RR_{isl} .
- Варіант1.** Оцінка ризику на основі укрупнених показників оцінки загроз, вразливостей та втрат (ф.1):

$$RR_{isl} = R_{isl} \times V_{isl} \times KN_{isl}, \quad (1)$$

де R_{isl} – ймовірність (частота) реалізації 1-тої загрози s-тому активі i-тої інформаційної системи;

V_{isl} - вразливість s-того активу i-тої інформаційної системи при реалізації 1-тої загрози

KN_{isl} – очікувані втрати реалізації 1-тої загрози s-тому активі i-тої інформаційної системи.

Варіант 2. Оцінка ризику RR_{isl} на основі укрупненого показника оцінки загроз та показників оцінки вразливостей та втрат з врахуванням впливу на конфіденційність, цілісність та доступність даних (ф.2):

$$RR_{isl} = \max_{\text{КЦД}}(RR_{islK}; RR_{islЦ}; RR_{islД}); \quad (2)$$

де ($RR_{islK}; RR_{islЦ}; RR_{islД}$ – оцінка ризику згідно з ф.1 при реалізації 1-тої загрози s-тому активі i-тої інформаційної системи з врахуванням впливу на конфіденційність, цілісність та доступність.

Інформаційною основою підведення ОНР підсумків оцінки ризиків є дані бази знань, що мають рекомендаційний характер і включають характеристику шкал вимірювання ризику.

4. Висновки

В роботі представлено підхід до побудови система підтримки прийняття рішень оцінки ризиків інформаційної безпеки компанії на рівні реалізації окремої загрози на визначеному інформаційному активі. Запропонована технологія функціонування системи, що побудована як людино-машинний інструментарій експертного оцінювання, визначає інформаційно-логічні зв'язки між різними процесами та алгоритм формування різних сценаріїв оцінювання. Запропонований підхід, моделі та методиспрямовані на підвищення вірогідності отриманих результатів. Користувачу надається можливість вибору найбільш доцільного та ефективного сценарію оцінювання. При цьому враховуються цілі та задачі оцінювання, доступність та міра визначеності базових даних, існуючі ресурсні, часові та інформаційні обмеження компанії при прийнятті рішень. Вибір варіанту обробки є прерогативою ОНР.

5. Література

- [1] «NIST Special Publication 800-37, Revision 2. Risk Management Framework for Information Systems and Organizations A System Life Cycle Approach for Security and Privacy, 2018.
- [2] Потій О.В., Горбенко Ю.І., Замула О.А., Ісірова К.В. Аналіз методів оцінки і управління ризиками кібер- і інформаційної безпеки. Радіотехніка. 2021. Вип. 206, с.5- 24. doi:10.30837/rt.2021.3.206.01

- [3] CRAMM user guide, Risk Analysis and Management Method, United Kingdom Central Computer and Telecommunication Agency (CCTA), UK, 2001
- [4] Методология OCTAVE для оценки информационных рисков [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.risk24.ru/octave.htm>.
- [5] MEHARI 2007: Concepts and Mechanisms, Club de la Sécurité de l'Information Français.
- [6] Magerit v2 2006: Book I: The method, Ministerio de Administraciones Publicas, Spain.
- [7] Yurii Khlaponin, Olha Izmailova, Nameer Hashim Qasim, Hanna Krasovska, Kateryna Krasovska. Management risks of dependence on key employees: identification of personnel. Workshop on "Cybersecurity Providing in Information and elecommunication Systems" (CPITS 2021) <http://sec.picst.org/> January 28, 2021 pp 295-308 <http://ceur-ws.org/Vol-2923/paper33.pdf>. Scopus
- [8] Izmailova, H. Krasovska, K. Krasovska & V. Zaslavskyi Assessing the Variety of Expected Losses upon the Materialisation of Threatsto Banking Information Systems. Information & Security: An International Journal, vol.45, p. 89-118, 2020.
- [9] Available: <https://isij.eu/article/assessing-variety-expected-losses-upon-materialisation-threats-banking-information-systems> Accessed on: 15.12.2020 <https://doi.org/10.11610/isij.4506>

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY USAGE IN THE BANKING INDUSTRY

Vladyslav LUTSENKO, Student¹

Volodymyr NAKONECHNYI, Doctor of Technical Sciences, Professor²

Serhii TOLIUPA, Doctor of Technical Sciences, Professor³

Volodymyr SAIKO, Doctor of Technical Sciences, Professor⁴

^{1,2,3,4}*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Information Technologies, cybersecurity:*
¹vladyslav.lutsenko99@gmail.com, ²nvc2006@i.ua, ³tolupa@i.ua, ⁴vgsaiko@gmail.com

Abstract

Financial innovation, the growth of the Internet, and lucrative and digital transformation are now affecting banks. A key technology with prospective applications in the banking industry is blockchain technology with cryptocurrencies. Therefore, the goal of this composition is to investigate how the Blockchain platform would affect banking assiduity. This exploration should use models and block armature to breakdown the technical functions in order to acquire this technology. The majority of research on blockchain technology uses agreement algorithms. This composition largely discusses how the banking industry handles this platform's benefits and drawbacks.

1. Introduction

In a nutshell, block-chain technology is a method for storing digital data in a shared public database. This technology became well-known mostly as a result of the launch of the original cryptocurrency, Bitcoin.

This technology is used by bitcoin to provide secure record-keeping. This article will first provide a broad overview of blockchain and demonstrate its operation. The discussion will next go on to some generic blockchain applications. In addition, you should conduct a

brief assessment of this technology generally and specifically as it relates to the banking sector. Similar to other industries and services that have undergone radical transformation as a result of "digitalization and technology," such as the movie and television business, navigation services, etc.

Because blockchain provides high levels of security, high levels of transaction transparency, a decentralized system, and can process transactions more quickly, it can radically disrupt and restructure the banking industry. The relationship between blockchain technology, financial technologies, and sustainability will also be covered. Finally, it will be examined how blockchain technology will change the financial sector and how difficult it will be to embrace and execute.

2. Possibilities of combining blockchain and banking systems

The current study is an attempt to determine if Blockchain technology in banking may be extremely important by giving security and transparency to transactions, which banks must carry out on a daily basis. A blockchain lacks centralized databases. It guarantees that no one person or entity within the system has the authority to change or tamper with the data. Additionally, it promotes transparency by doing away with the requirement for a third party or central authority to authenticate or handle peer-to-peer transactions.

Thanks to Blockchain, banking may finally have what it takes to make a real impact in our conventional financial sectors. The capabilities of blockchain frameworks can be used by financial organizations to significantly alter the way the economy runs by employing this new component in the monetary situation [1]. The development of blockchain technology has demonstrated the potential to fundamentally alter how commerce is conducted in virtually every sector of the global economy. Blockchain is enabling efforts to drive more notable straightforwardness, detect ability, and operational productivity for several transactions and agreements as the technology and its usage cases continue to improve. The area of accounts is Blockchain's primary use case after Bitcoin due to its cost-saving benefits.

Global banking has skyrocketed in price. There are a few middlemen and outsiders at each sizable bank who are responsible for ensuring the reliability and security of routine transactions. Sadly, devoted consumers sometimes pay the highest prices for these services. Banks are frequently criticized for being unreliable, expensive, and complicated. With their creative arrangements, neo-banks and Fintech firms like N26, Revolut, and PayPal are upending established financial systems. These studies have a solution provided by blockchain, which gives it an edge over the Fintech sector. The popularity of blockchain has greatly increased over time. Governments and national banks have recently begun investigating its possible applications. As several banks from around the world investigate Blockchain's possibilities, the future seems bright.

3. Description of technology operation and the possibility of implementation in the banking sector

Because a private blockchain is a permissioned kind, users must get some degree of prior authorisation from a centralized authority before engaging in any activity. It is not completely decentralized since the intermediary still has influence over it. Each transaction is authorized by a regulatory authority before being recorded. Private blockchain is speedier and less costly than public blockchain. For the most part, it is suitable for business structures and corporate governance. It has a great deal of potential to increase productivity and reduce operational costs. One potential private blockchain use case is online voting systems. Consortium blockchain is a subset of private blockchain that has the same functionality as private blockchain but is controlled by a group of businesses [2].

A blockchain that is hybrid incorporates features from both private and public ledgers. It promotes a decentralized atmosphere in a private company. It offers incredible flexibility and control over the data. Organizations with extraordinary levels of direction may often employ it. The blockchain that XinFin uses is an illustration of a hybrid blockchain since it combines Ethereum(public) and Quorum (private). It offers a remedy for the world's exchange, inventory, and account networks [3].

The first part of the paper introduces blockchain technology and discusses potential implications for financial organizations. The second half of the paper covers the systematic literature review methodologies, including the research setting, topic matter, and review approach. Throughout the process, the criteria for adding or eliminating research material are created and closely followed [4]. The qualitative synthesis and databases utilized in the review are selected and used in a precise, scientific way. For the systematic literature review, 22 papers that met our inclusion criteria were carefully chosen and are shown in tabular form. The conclusion is followed by a discussion on the path for more research.

The blockchain technology is currently upending the banking and finance sectors. It is a powerful piece of technology that enables the use of cryptocurrencies as well as privacy and security. Distributed ledgers have the potential to save banks billions of dollars by substantially reducing processing costs. The further adoption of blockchain technology is anticipated to increase banks' profitability and value. All of the major banks and financial organizations are now testing blockchain for use cases including recordkeeping, money transfers, and other back-end functions. The development of a decentralized database of digital assets using blockchain technology will have a big impact on the financial services sector [5].

According to a 2014 World Bank study, 2 billion people do not use the financial system. Twenty.6% of the world's population does not have a bank account. The square chain may be a key factor in the measurement of monetary inclusion, according to the authors of this study [6]. They said that FI might save costs, expedite settlement, and boost customer satisfaction by utilizing blockchain for internal and cross-line payments. They believed that controllers should lure people in, become involved early on, and guide progress. Once

the clients have agreed on the deal, it must be authorized before being added to a square in the chain. Consensus is used to decide whether to include an exchange on a public blockchain. The collection of rules governing how a blockchain network functions and authorizing the data in the squares is known as a "agreement." As a result, before the deal is published to the blockchain, it should be confirmed as substantial by the majority of hubs or PCs inside the business.

4. Advantages of implementing this technology

Blockchain echnology helps a firm to become more transparent, decentralized, efficient, and secure with lower costs and regulatory compliance. End-to-end encryption created by blockchain technology creates an unalterable record of transactions, decreasing or eliminating theft and other types of illicit behaviour. Traditional financial services have undergone tremendous change as a result of blockchain technology development. Despite this, real-time applications of blockchain still do not regularly leverage its potential features. Exploration of the advantages and strengths of blockchain applications is ongoing [7].

The widespread use of microtransactions in blockchain technology is a different problem. Basically, for any action to be incorporated and the following transaction to occur, the blockchain must validate the activity. It may cost consumers a lot of money on a blockchain like Ethereum, up to hundreds of dollars if the system is overcrowded. On certain platforms, like Tron, it may be almost free; but, to do so, users must have previously purchased the native token, TRX, stake it, and then spend the finite amount of energy that comes from staking it. As opposed to the Web2 system, this architecture does not require a blockchain to record every action the user does. The fact that Web2 consumers are not accustomed to microtransactions might make this disparity problematic [8].

Despite advancements in trade finance, many contractual obligations still require documentation (escrow), and/or processes still require documentation and verification (letter of credit). Much of this intricacy may be handled more effectively by a distributed ledger that connects all parties involved and assists in automating the process' subsequent phases. In this scenario, the blockchain offers significant potential for automation, transparency, and lower costs for both the bank and the client.

Settlements are anticipated to be one of the main applications. According to Masters, settlement times for items such as syndicated loans may be slashed from the 20-day average they currently have to only 10 minutes, reducing risk and freeing up funds.

The Blockchain provides confidence since 45% of financial intermediaries have a tendency for financial wrongdoing. Financial systems throughout the world are run using interconnected data sets. People are defenseless to genuine digital attacks because of their numerous indications of displeasure. Each of them is actually a programmer who needs access to the framework in order to degrade it. If such a penetration is not detected in a timely manner, misrepresentation is known to occur. There are two tradeable security

keys. Each use has access to a public key from among those keys, whereas the participants in a given transaction share the secret key [3].

Finally, blockchain has the ability to change financial reporting and compliance. Banks and other financial firms are obliged to submit tax returns, audits, and other financial reports on a regular basis. It is essential to fight fraud and anti-money laundering activities, thus every bank must submit the reports on time.

It takes time and effort to consistently prepare reports in line with the law. By automating reporting, blockchain technology has the potential to significantly save time and costs. Blockchain technology can remove all paper-based processes. The transactions could be updated and recorded automatically. The regulatory board's and banks' work would be made simpler as a result [9].

5. Conclusions

This research and discussion aims to clarify how the blockchain innovation has positively changed the financial system in a legal manner. The banking industry is presented with a variety of intriguing prospects by blockchain technology. Before there may be obvious effects, there are a few banking sector problems that must be overcome. In any event, be aware that in order to make advantage of this technology, the financial sector must adhere to new protection rules. Security laws must be enforced for the wellbeing of both persons and organizations. The vast amount of information is directly related to the financial sector. The pertinent professionals must supervise and direct the entire cycle in order to guarantee the security of this vast volume of data. As blockchain technology advances over time, a variety of new blockchain highlights have surfaced.

Currently, a collection of gigantic businesses that are atypical for the tech industry—where the big four of Amazon, Facebook, Google, and Apple rule—are dominating the market. In any case, nobody genuinely owns the blockchain's legal rights. Every new start-up may easily include the blockchain into their plan as a consequence. The blockchain has now been demonstrated to be quite possibly the most troublesome creation for the financial sector, despite the fact that it was originally meant to be a data storage platform for cryptographic forms of money. If the banking industry doesn't start implementing this concept effectively, they will undoubtedly become obsolete.

6. References

- [1] Theblockbox.io , Vuckovic N, 2020, [Source] - <https://theblockbox.io/services/>
- [2] Dragonchain. 2019. What different types of blockchains are there? Available: <https://dragonchain.com/blog/differences-between-public-private-blockchains/>
- [3] Blockchain Application in Banking System, Minhaj Uddin Chowdhury, Khairunnahar Suchana, Syed Md Eftekar Alam, Mohammad Monirujjaman Khan, 2021, Department of Electrical and Computer Engineering, North South University, Dhaka, Bangladesh

- [4] The Role Blockchain Technology Can Play in Accelerating Financial Inclusion, Charles, G., Jumamil, A., Aranyawat, P., 2017, Blockchain and Financial Inclusion, Georgetown University Press, Washington
- [5] Banks in a Blockchain Future. Crowd SourcingWeek, Hershkovitz, S., 2021, [Source] - <https://crowdsourcingweek.com/blog/banks-in-a-blockchain-future/>
- [6] Blockchain Application and Outlook in the Banking Industry, Guo, Y., Liang, C. , 2016, Financial Innovation, 2, Article No. 24, DOI: 10.1186/s40854-016-0034-9.
- [7] The Impact of FinTech and Blockchain Technologies on Banking and Financial Services, Anitha Kumari, N. Chitra Devi, 2022, Technology Innovation Management Review, Volume 12, Issue ½, DOI: 10.22215/timreview/1481
- [8] Blockchain as a Product Traceability Tool, Alexis Patin, 2022, [Source] - <https://coinspaidmedia.com/business/lets-dive-into-the-non-crypto-related-uses-of-blockchain>
- [9] The impact of blockchain and distributed ledger technology on financial services, Petrov, D., 2019, International Scientific Journal "Industry 4.0", Issue 2, ISSN 2534-997X

RECOMMENDATION RETRIEVAL ON DYNAMIC GRAPHS

Dmytro ANDROSOV, PhD, Student¹

¹*National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Institute for Applied System Analysis, Department of Artificial Intelligence, dmytro.androsov@lil.kpi.ua*

Abstract

Offering relevant items and goods has always been a core issue for consumer-centric business. In recent years the digitalization process gave such entities a significant push towards implementing computer-aided systems for solving recommendations generation problems via applying statistical learning methods on large scale datasets of user-item interactions. Since then, there were developed a variety of algorithms, based on neighborhood metrics, matrix factorization machines and deep neural networks, each of them having their application criteria and requirements on input data. The purpose of the following research is to investigate performance of graph neural networks recommender systems on two tasks – recommendation retrieval and next best offer prediction.

1. Introduction

Although the term “recommender engine” or “recommender system” is intuitive, it is necessary to present a formal definition for the following term. Regarding [1] “recommender system” means a chain of statistical models that takes as an input a set of user features, item features and user-item interactions to produce a small subset of known items.

For the purposes of generalization let's define such inputs as a special type of graph, called dynamic (or time-aware) graphs. Consider the following quadruple $\mathcal{G}(t) = \mathcal{G}(V^{(t)}, E^{(t)}, f^{(t)}, w^{(t)})$, where $V^{(t)} = \langle U^{(t)}, I^{(t)} \rangle$ is a set of users $U^{(t)}$ and items $I^{(t)}$, $E^{(t)}$ are edges of a graph, $w^{(t)} \in \mathbb{R}^{|E|}$ are weights of edges and $f^{(t)}: t, E^{(t)} \rightarrow w^{(t)}$ as a dynamic graph of user-item interaction.

Such way of input data interpretation is handy and natural, since user preferences tend to change in time [2] and one can use such graphs not only for recommendation retrieval task, but for purposes of user features design.

2. Graph neural networks for recommender systems

In order to cope with dynamic graph defined above, it was proposed to develop a deep graph neural network (GNN) built upon Attention mechanism, introduced in [3] and Deep Cross Network (DCN), that was defined in [4]. Via sampling neighbors of a node $\bar{v} \in V^{(t)}$ and feeding it to Attention block one can observe the embeddings of input features with respect to time and order of interaction. Given embedding then are fed into DCN in order to obtain a vector $\bar{v}^*(t) \in I^{(t)}$. The latter solution is then compared with embeddings $\bar{i}(t)$ and the most similar (by \mathbb{L}_2 metric) ones are chosen as recommendations of next best action for user. As an initial values for $\bar{v}^{(0)}$ embeddings, it was built a Node2Vec model, described in [5].

3. Estimation of the local error of numerical integration of the obtained hybrid method

For algorithm benchmarking it was decided to compare the proposed model called Dynamic Graph Embedding Deep Cross Network (DGE-DCN) to LSTM-based recommender system, Alternating Least Squares (ALS) [7] and Bayesian Personalized Ranking (BPR) [8] models, that are widely considered as de-facto standard in industry. The criteria set, that was used to measure model performance, is a set of default ranking metrics, i.e. mean average precision at k (MAP@k) and normalized discounted cumulative gain (NDCG@k), with k being set up to 1, 10 and 100.

For experiment data, anonymous dataset of on-line retailer sessions was used. It has the following structure, listed in the table 2.1

Table 2.1.

Dataset schema description

Field name	Field type	Description
user_id	uint32	User identifier
product_id	uint32	Item identifier
event_type	string	Interaction type (viewed, purchased, added to basket)
session_id	base64	Session identifier
category_id	uint8	Item category identifier

Hence ALS and BPR are used only for recommendation retrieval in general (i.e. not order and time-aware), there were two experiment setups: one for sequential recommendation, and the second one is for recommendation retrieval without time-awareness.

The results of benchmarking for the next best offer task are listed in table 2.2

Table 2.2.

Ranking metrics for next best offer problem

Model	MAP@1	MAP@10	MAP@100	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@100
DGE-DCN	0.1018	0.1794	0.1876	0.0876	0.2199	0.2635
LSTM	0.0383	0.0552	0.0601	0.0384	0.0701	0.0986

From the metrics above one can draw a conclusion that proposed model outperforms LSTM based model by all criteria.

The results of benchmarking for recommendation retrieval in general are shown in table 2.3.

Table 2.3.

Ranking metrics for recommendation retrieval

Model	MAP@1	MAP@10	MAP@100	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@100
ALS	0.0103	0.0144	0.0157	0.0799	0.0182	0.0253
BPR	0.0201	0.0236	0.0063	0.0662	0.0292	0.0095
DGE-DCN	0.1457	0.1750	0.1771	0.1459	0.1878	0.1995

Again, DGE-DCN model perform much better than both de-facto approaches.

As a result of this study, the Dynamic Graph Embedding Deep Cross Network was developed, and performance of this graph-based recommender system was investigated. Through experiment runs it was proven that DGE-DCN model is versatile in its application for solving both next best offer recommendation and for recommendation retrieval in general.

4. References

- [1] FALK K., Practical Recommender Systems, Manning Publications, New York, 432 p., 2019.
- [2] The great consumer shift: Ten charts that show how US shopping behavior is changing: <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-great-consumer-shift-ten-charts-that-show-how-us-shopping-behavior-is-changing>, 13.01.2023.
- [3] VASWANI A., SHAZEER N., PARMAR N., USZKOREIT J., JONES L., GOMEZ A. Attention Is All You Need, Advances in neural information processing systems, 30 (2017).

- [4] WANG R., FU B., FU G., WANG M., Deep & cross network for ad click prediction, Proceedings of the ADKDD'17. (2017), 1-7.
- [5] GROVER A., LESKOVEC J., node2vec: Scalable Feature Learning for Networks, Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. (2016), 855-864.

EVALUATION OF THE COMFORT OF AN APARTMENT BUILDING WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

Denys CHERNYSHEV, doctor of technical sciences, associate professor, merited worker of education of Ukraine¹

Nataliia KOSTYSHYNA, assistant of the department of information technologies²

Mykola TSIUTSIURA, doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department of Information technologies³

Andrii YERUKAIEV, candidate of technical sciences, associate professor of the department of Information technologies⁴

Nadiia RUSAN, PhD, associate professor of the department of Project Management⁵

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of engineering systems and ecology, Department of water supply and drainage, specialization: hydraulics and engineering hydrology, email*

^{2, 3, 4}*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of Automation*

and Information Technology, department of Information technologies, specialization: fuzzy sets, email

⁵*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of Automation*

and Information Technology, department of Project Management, specialization: project management, email

¹taqm@ukr.net, ²orlova_natasha@ukr.net, ³tsiutsiura.mi@knuba.edu.ua, ⁴alusion@ukr.net,

⁵pusan.ni@knuba.edu.ua

Abstract

Taking into account the nature of the network, the authors defined the following indicators for modeling: "review of the neighborhood", "review of the adjacent territory", "review of the house", "review of the apartment", "formation of the price", "fixation of the value". The description of the functioning of the network is carried out, which starts its work from the initial position P1, where the transition (t1) is used and ends the activation through the transition (t6) and the marking of the position P26.

1. The main part of the work:

Today, the development of modern information technologies has firmly entered the life of modern society, especially received a powerful push in various industries. Thanks to automated systems, most of today's applied problems are solved.

This article examines the subject area, which is one of the main problems that humanity has been solving quite in-depth for many years - this is providing one's own comfortable

living environment, to which the authors of this article attribute the following factors, namely:

- amenities of the neighborhood;
- comfort of the surrounding area;
- home comforts;
- comfort of the apartment.

In recent years, the information community has shown interest in the modeling of complex systems, which is even more effective when combined with intelligent management, the main directions of which are the application of fuzzy systems, which include:

1. Fuzzy sets.
2. Fuzzy logic.
3. Fuzzy modeling.

The concept of a hierarchical model is considered, which describes the assessment of the comfort of life in an apartment, and defines the main stages of species characteristics, the general view which is used by the authors as the primary basis for further fuzzy modeling [1, p. 45].

According to the data, the authors considered the characteristics that acquire designations for describing comfort using fuzzy sets, namely:

- a) dimensionality, which has a universal set in the interval [0-100] and a linguistic variable that has the following form:
 $\text{dimensions} = \{\text{small, medium, large}\}.$
- b) spatiality, which has a universal set in the interval [0-100] and a linguistic variable that has the following form:
 $\text{spaciousness} = \{\text{small, medium, large}\}.$
- c) a location that has a universal set in the interval [0-100] and a linguistic variable that has the following form:
 $\text{location} = \{\text{comfortable, poor, average}\}.$

Figure 3 presents a fuzzy Petri net in a simplified form without taking into account the subjective preferences of the buyer, which has a complex structure and makes it possible to model and display the relationships between the processes that are in the fuzzy system considered by the authors [2, p. 15].

The model presented in this article is built on the basis of such influencing factors as the assessment of existing buildings in an average settlement with a population of at least 1 million people, i.e. a densely populated city. During the construction of this model, the following stages were performed:

1. the construction of a Petri net based on the conducted system analysis, the methods of which process data with the involvement of models of the functional description of the research object, its location and the technical state of living comfort. A more complete description of the relevant data is carried out through the involvement of fuzzy systems.

2. the involvement of a genetic algorithm to determine the order of the stage of operation of the fuzzy Petri net for choosing an apartment in a new building for purchase.

3. application of the stage of fuzzification - defuzzification according to the Mamdani model to determine the price of the apartment that the buyer liked.

According to the research carried out, the Petri net makes it possible to investigate in more detail the hierarchy of influence of factors of different levels on comfortable living in an apartment [3, p. 50].

The main levels of comfort factors were selected for the fuzzy Petri net for managing the comfort of an apartment building, which consists of the following elements:

$P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_{24}\}$ is a finite set of positions.

$T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_8\}$ is a finite set of transitions.

P1 - Selected apartment; P2 - pedestrian accessibility of the neighborhood is "close"; P3 - the pedestrian accessibility of the neighborhood is "remote"; P4 - the pedestrian accessibility of the neighborhood is "far"; P5 - pedestrian accessibility of the residential area is "close"; P6 - pedestrian accessibility of the residential area is "remote"; P7 - pedestrian accessibility of the home territory is "far"; P8 - "comfortable" noise level P9 - "tolerable" noise level; P10 - the noise level is "unbearable"; P11 - the technical condition of the house is "perfect"; P12 - the technical condition of the building is "satisfactory"; P13 - the technical condition of the building is "poor"; P14 - the dimensions of the apartment are "large"; P15 - the dimensions of the apartment are "average"; P16 - the dimensions of the apartment are "small"; P17 - the location of the apartment is "convenient"; P18 - location of the apartment "average" P19 - location of the apartment "unsuccessful"; P20 - the convenience of the apartment is "good"; P21 - the convenience of the apartment is "average"; P22 - The convenience of the apartment is "bad"; P23 - the price for a "premium" apartment; P24 - price for a "comfort" apartment; P25 - price for an "economy" apartment; P26 - assessment completed.

T1 - Examination of the neighborhood; T2 - examination of the adjacent territory; T3 - review of the house; T4 - examination of the apartment T5 - formation of the price T6 - fixation of the value.

The operation of the fuzzy Petri net starts from the initial position P1, when the transition (t1) is completed, the neighborhood is considered. Then there is a transition to position (P2, P3, P4), where the decision maker (DPO) evaluates the distance that exists and records the given values [4, p. 78].

An excited transition (t2) occurs, where the home territory is considered. Then there is a transition to position (P5, P6, P7), where the OPR evaluates the distance that exists. After assessing the conditions for living, the transition to the next marking (P8, P9, P10) is performed, according to which the OPR assesses the noise level that exists and the data values are fixed [5, p. 25].

The transition (t3) is activated, where the comfort factors of an apartment building are considered. The following marking positions (P11, P12, P13) are being investigated by the OPR, where it evaluates the technical condition and fixes these values.

Next, the next transition (t4) is triggered, where the apartment is considered. The OPR first studies positions (P14, P15, P16), where it evaluates the dimensions of the existing apartment, then (P17, P18, P19), again evaluates the location, which is better. The last stage of this block is positions (P20, P21, P22), where the OPR evaluates the convenience of the apartment that exists and fixes these values.

The transition (t5) is activated, the price is formed according to comfort indicators. There is a transition to positions (P23, P24, P25), where the preliminary assessment of the apartment takes place based on the preliminary results of the selection of the OPR, and the data is recorded [6, p. 95].

The transition (t6) is activated, all values are fixed and the evaluation of the apartment by the fuzzy Petri net is completed.

The analysis of the extended fuzzy Petri net (Figure 4) was carried out, which includes the following stages:

1. P1, t1, P2, t2, P5, t2, P8, t3, P11, t4, P14, t4, P17, t4, P20, t5, P23, t6, P26

The client liked the apartment and according to his preferences, the assessment starts with the neighborhood, then the adjacent territory, then he examines the house and ends with the apartment itself, and based on this data, the preliminary formation of the price of the apartment is performed.

2. P1, t2, P5, t2, P8, t3, P11, t4, P14, t4, P17, t4, P20, t1, P2, t5, P23, t6, P26

The client liked the apartment and according to his preferences, the assessment starts with the adjacent territory (t2), then he considers the house (t3), then the apartment (t4) and ends with the neighborhood (t1) and based on these data, the preliminary formation of the price of the apartment is performed.

3. P1, t4, P14, t2, P8, t4, P20, t1, P2, t2, P5, t3, P11, t4, P17, t5, P23, t6, P26

The client liked the apartment and according to his liking, the evaluation begins with consideration of the apartment (t4), namely its dimensions (P14), then he considers the adjacent territory (t2), according to the noise level (P8), then again he is interested in the factors of the apartment (t4), namely convenience (P20), and then he is interested in the neighborhood (t1), then he is interested in the surrounding area (t2), namely walking accessibility (P5), then he considers the house (t3), then he is interested again in the apartment, namely location (P17) and preliminary price formation (t5) is performed based on these data [7, p. 80].

Since each client has his own subjective wishes, it is quite difficult to take into account all possible options, therefore, to simplify this task of the research carried out by the authors, it is proposed to consider the method of artificial intelligence, namely the genetic algorithm.

2. References

- [1] M.I. Tyutsyura The structure of information flows in the information system of a manufacturing enterprise [Text] / M.I. Tyutsyura, O.V. Kryvoruchko, T.M. Medinska // Management of the development of complex systems. – 2019. – No. 37. – P. 205 – 209, dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9783248.

- [2] Mykola Tsiutsiura, Nataliia Kostyshyna, Andrii Yerukaiev, Serhii Danylyshyn. Research of housing comfort using linguistic variables", in SIST 2022, 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies. International Conference on smart Information Systems and Technologies Nur-Sultan Kazakhstan, April 28-30, 2022
- [3] M.I. Tyutsyura Information technology for the formation of organizational competence in the management of the development of higher education institutions [Text] / M.I. Tsiucsyura, S.V. Tyutsyura., O.V. Kryvoruchko // Management of development of complex systems. – 2018. – No. 33. – P. 190 – 194.
- [4] M.I. Tyutsyura Application of optimal strategies for creating a target management system in the educational sphere [Text] / M.I. Tyutsyura, S.V. Tyutsyura, O.V. Kryvoruchko // Management of development of complex systems. – 2018. – No. 34. – P. 170 – 174.
- [5] S.V. Tyutsyura Methods of projecting object models onto data structures [Text] / S.V. Tyutsyura, E.V. Wart // Management of the development of complex systems. - 2014. - No. 20. - P. 92 - 98.
- [6] Shovba S.D. Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic [Electronic resource] / S.D. Barrel – Access mode: <http://matlab.exponenta.ru/iTizylogic/book1/>
- [7] 5. Rutkovskaya D. Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems [Text] / D. Rutkovskaya, M. Pylinsky, L. Rutkovsky - Moscow: Hot Line-Telecom, 2006. - 452 p.

INTEGRATION OF SMART TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION

Kateryna KYIVSKA, PhD, Associate Professor, Department of Information Technology¹
Svitlana TSIUTSIURA, Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of Information Technology²

Igor RUSAN, PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Construction Machinery³

Olexander TERENCEV, Doctor of Technical Science, Associate Professor, Department of Information Technology of Design and Applied Mathematics⁴

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of Automation and Information Technology, Department of Information Technology, kievkatya77@gmail.com*

²*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of Automation and Information Technology, Department of Information Technology, svtsutsura@gmail.com*

³*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of Automation and Information Technology, Department of Construction Machinery, 030211@ukr.net*

⁴*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of Automation and Information Technology, Department of Information Technology of Design and Applied Mathematics, terentyev79@ukr.net*

Abstract

The application of smart technologies in construction is considered. Despite the fact that the construction industry is going through a pandemic crisis, the volume of construction production in the world is increasing every year. The construction industry is undergoing significant stages of digitalization and automation, which is changing standard processes and enabling many modern features. The article discusses the processes of applying basic smart technologies in the construction industry. Significant attention is paid to such aspects as construction safety, construction cost optimization, procurement and logistics of construction materials. The study makes it possible to conclude that in the near future the implementation of smart technologies in the construction industry at different stages of the life cycle will only increase due to the use of more powerful and modern technologies.

The modern construction industry already operates with more than a dozen technologies that are most needed in construction. Let's take a look at the most progressive and necessary IT technologies and innovative materials in construction, which are increasingly integrated into the construction industry every year, realizing the boldest ideas of the future.

The growth of cities and population, as well as a new format of human communications in the BIG DATA era, economic growth and human well-being, has activated the construction industry to more dynamically integrate innovations and technological solutions. That is why new technologies in construction are actively promoted and used in the world.

Moreover, the very speed of technology development leads to large-scale digitization of the construction industry. And the use of IT technologies is already a matter of

competitiveness. Innovations in construction transform the construction site and increase profits, as well as help win project tenders.

It is innovations that bring economic benefits and increase the competitiveness of a particular construction company, and ultimately fulfill the client's request with maximum efficiency.

BIM technologies (Building information modeling) are becoming the basis of modern design and the main technology to be used for the construction of facilities [1]. BIM technology is not just a virtual modeling of a building, it is a comprehensive digital representation of the physical and functional characteristics of an object. BIM technology takes into account not just construction, but also equipment, management, operation of the facility, the prospect of repair or demolition, i.e. it covers the entire life cycle of the facility as a whole [2]. All components and nuances in the design that are relevant to the facility are necessarily taken into account and considered in a single project. When an element or addition is removed or replaced, the entire model is recalculated with these adjustments.

Thanks to BIM technologies, the created virtual model of the object allows specialists to: see all the problems and inconsistencies; approve the expected benefits of the object; provides an opportunity to use the model for all project participants; make adjustments; calculate estimates; control the work process; foresee the risks of the future construction; calculate resources.

In this way, BIM technologies reduce material costs, errors in projects, and the time required to complete construction work.

Implementing a BIM model involves connecting cloud services to exchange data and information in real time. Clouds can contain a wide variety of segmented information and tools, ranging from tools for architects to a project management system, which are available to any project participant at any time from any mobile device - the effect of cooperation is increased [3].

Cloud services provide the following advantages (Fig. 1): high mobility - all information is available from any device with an Internet connection; the amount of information stored in the cloud is not limited, as well as the computing power of the servers where the data is stored; scaling in accordance with the needs of the construction project - flexibly customizable to the needs that do not use unnecessary information, performance does not drop; affordable services - creating your own IT infrastructure is much more expensive than using a cloud service provider; instant access to information of all project participants and the entire team; simplification of communications and real-time collaboration; the ability to manage multiple construction sites without losing quality control - the cloud helps to synchronize construction information; the ability to reduce the cost of large offices - hosting on third-party servers, no need to maintain your own; maximum data protection.

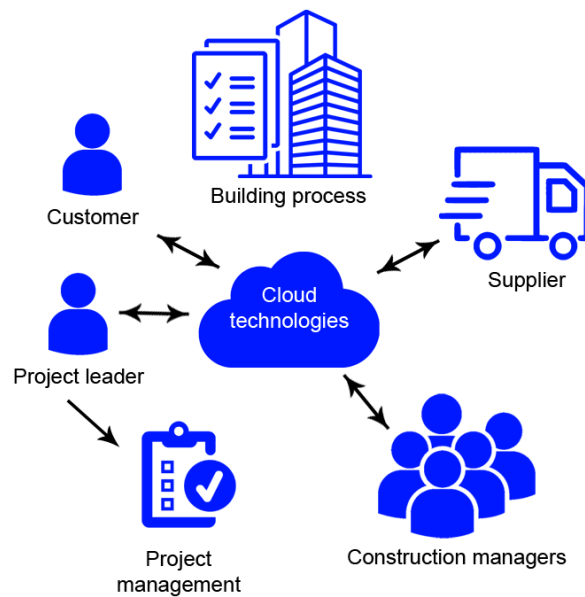


Figure 1: Cloud technologies in the construction process

Artificial intelligence (AI) is the "behavior" of a machine, a technology that imitates human cognitive functions: solving tasks and problems, recognizing images, objects, and learning [4]. There is also a special area of AI - machine learning, which is based on the collection of statistical data, which is used to draw conclusions and inferences. New construction technologies will not do without machine learning and AI. In fact, it is an invisible assistant that analyzes terabytes of data and finds problems. It can be either routine filtering of unnecessary information or, on the contrary, search for specific data.

Programs where AI is used are applied to:

1. Intelligent analytics for predicting security threats based on past data; recognizing important attributes and elements on a construction site; controlling the territory and the number of people on the site.
2. Project planning and design The collected and modeled data will help to avoid budget overruns; tracking and mitigating risks, setting priorities.
3. Robotization of mechanisms, automation of routine, simple but time-consuming construction operations, replacement of human labor; optimization of work where high productivity is required.

The advantages of using artificial intelligence in BIM technologies are as follows:

Most projects go over budget despite the use of the best project teams. Therefore, artificial neural networks are used in projects to predict cost overruns based on factors such as project size, contract type, and the level of competence of project managers [5].

Information modeling of construction projects is a process based on the creation of a three-dimensional model of a construction project that enables architects, designers and builders to effectively plan, design, construct and manage construction projects and infrastructure. To plan and design a construction project [6], 3D models must take into account the plans of architecture, engineering, mechanics, electrical, plumbing, and the

sequence of actions of the respective groups. The challenge is to ensure that different models at different stages do not conflict with each other. The industry is trying to use machine learning in the form of generative design to identify and mitigate conflicts between different models created by different teams during the planning and design phase [7].

Every construction project involves a certain amount of risk, which manifests itself in many forms, such as quality, safety, time, and cost risks. The larger the project, the greater the risk, as several subcontractors work on the job site in parallel. Today, there are artificial intelligence and machine learning solutions that general contractors use to monitor and prioritize risks on the job site, so the project team can focus their limited time and resources on the biggest risk factors. AI is used to automatically prioritize issues. Subcontractors are evaluated based on risk assessment, so construction managers can work closely with high-risk groups to reduce risk.

References

- [1] KYIVSKA K.I., TSIUTSIURA S.V., TSIUTSIURA M.I., KRYVORUCHKO O.V., YERUKAIEV A.V., HOTS V.V. A study of the concept of parametric modeling of construction objects. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 10 (2), 2019, PP. 636–646.
- [2] KYIVSKA K., TSIUTSIURA, S. Implementation of artificial intelligence in the construction industry and analysis of existing technologies. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (2 (58)), 2021, PP. 12–15.
- [3] ARUTIUNIAN I., POLTAVETS M., BONDAR O., ANIN V. and PAVLOV F. Structural Information Management of Production Systems in Construction, *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(4), 2020, pp. 4794 – 4797, <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/87942020>.
- [4] SACKS R., EASTMAN C., LEE G. and TEICHOLZ P. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*, 3rd ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2018, p. 688.
- [5] KYIVSKA K.I., TSYUTSYURA S.V., KULEBA M.B. Analysis of the use of artificial intelligence in BIM-technologies, *Management of complex systems*, 2020, Vol. 43, p. 97–103.
- [6] HUNN L.K., and FYHN H. Building and Sustaining a Culture with a Mindset for Disruptive Performance: A Case Study from Bispevika Norway, In: *Proc. 27-th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Pasquire C. and Hamzeh F.R. (ed.), Dublin, Ireland, 2019, pp. 369-378. DOI: <https://doi.org/10.24928/2019/0172>.
- [7] BELYAEV A.V. and ANTIPOV S.S. Life Cycle of Construction Objects at Information Simulation of Buildings and Structures, *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2019, no. 1, pp. 65–72.

MODELING OF TIME-DELAY DYNAMICAL SYSTEMS BY EXPLICIT HYBRID METHODS OF THE FIFTH ORDER OF CONVERGENCE

Vasiliy PECHUK, assistant¹

Nataliya BONDARENKO, PhD, associate professor, head of department²

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of Geoinformation Systems and Territorial Management, Department of Higher Mathematics, mathematics: bondarenko.nv@knuba.edu.ua*

²*Kyiv National University of Construction and Architecture, Faculty of Geoinformation Systems and Territorial Management, Department of Higher Mathematics, mathematics: pechuk.vd@knuba.edu.ua*

Abstract

The modeling of dynamic systems with a time delay, which are represented by a system of differential equations with a delay, is considered. Such dynamic systems are mathematical models of many technical processes with a delay in time. An explicit hybrid method of the fifth order of convergence is constructed for obtaining a numerical solution of a system of differential equations with a delay for a variable step of numerical integration. This algorithm is developed on the basis of the most used explicit Runge-Kutta methods of the fifth order of convergence for ordinary systems of differential equations and the construction of Newton polynomials for the history of the model and the Taylor formula. This algorithm allows the use of steps of numerical integration greater than the value of the delay or procedures for adjusting the size of the step depending on the calculation error. Such a problem of numerical integration of dynamic systems with a delay arises when the time interval is large enough compared to the delay. Implicit continuous Runge-Kutta methods were previously used for the numerical integration of such problems, which complicated the numerical algorithm, because at each step of the numerical integration, nonlinear systems of equations have to be solved. The explicit hybrid method built by us for systems of differential equations with a delay is convenient for programming, has a high speed of calculating the numerical solution, compared to implicit methods for such problem models. This method can be used to construct maps of dynamic models, in the study of regular and chaotic behavior of dynamic systems with a delay.

1. Introduction

The solution of systems of differential equations with a delay is usually found by numerical methods, and the numerical solution algorithm is programmed. The task of finding the best algorithm for programming and obtaining more accurate numerical solutions of such dynamic systems is always relevant. In the case when the value of the delay is greater than the step of numerical integration, finding the numerical solution of systems of differential equations with a delay does not cause difficulties. For this, interpolation of the history of the model and numerical methods for ordinary systems of differential equations, for example, explicit Runge-Kutta methods, are used. Applying the step method, a numerical solution is obtained for the required time interval. However, if the time interval over which the dynamic system is considered is large enough compared to the delay, then the number of steps increases. This slows down the process of numerical integration and leads to the accumulation of error. In the case of small delays, the

expansion in the Taylor series on the delay is applied and then the usual system of differential equations is solved by a numerical method, for example, the Runge-Kutta method. This approach has limitations on the magnitude of the delay and cannot be applied to many problem models. Therefore, it is often necessary to use a step of numerical integration larger than the value of the delay, and continuous implicit Runge-Kutta methods [1]. Then, at each step of numerical integration, systems of nonlinear equations have to be solved, which complicates the solution algorithm [2], [3]. The explicit second-order Runge-Kutta method for systems of differential equations with a delay, which is a modification of the second-order Runge-Kutta method for ordinary systems of differential equations, was obtained in [4].

2. Construction of the explicit hybrid method for systems of time-delay differential equations of the fifth order of convergence

Consider a system of delay differential equations of the following form:

$$\frac{dy^J(t)}{dt} = f^J(t, y^1(t), \dots, y^n(t), y^1(t-\tau), \dots, y^n(t-\tau)), \quad (1)$$

$$J = 1, \dots, n, \quad \tau = \text{const} > 0,$$

with initial conditions:

$$y^J(t) = \varphi^J(t), \quad t \in [t_0 - \tau, t_0], \quad J = 1, \dots, n. \quad (2)$$

Here y^J are unknown functions, f^J are some predefined functions, φ^J are the initial functions, t_0 is the initial value of time, τ is the delay of argument, $J = 1, \dots, n$.

Let $\varphi^J \in C^5[t_0 - \tau, t_0]$ exist and are continuous on $[t_0; T]$ all partial derivatives up to the fifth order including of the functions f^J , and also φ^J and f^J consistent to the fifth order derivatives inclusive, so that

$$y^{J(i)}(t_0 + 0) = \varphi^{J(i)}(t_0), \quad i = 0, \dots, 5, \quad J = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Then there is a single solution y^J such that [3]:

$$y^J \in C^5[t_0 - \tau, T], \quad J = 1, \dots, n. \quad (4)$$

If in the system (1) $\tau = 0$, than we have the system without delay to which the usual Runge-Kutta methods are applied [5].

If the step of numerical integration $h \leq \tau$, $h > 0$, than the numerical solution of the system (1) does not cause difficulties. Let the step of numerical integration $h > \tau$.

Since $\varphi^J \in C^5[t_0 - \tau, t_0]$, $J = 1, \dots, n$, we write the Taylor formula for the functions φ^J at the point $t_0 - \tau$:

$$\varphi^J(t) = \sum_{i=0}^4 \varphi_i^J(t - t_0 + \tau)^i + \frac{\varphi^{J(5)}(\eta)(t - t_0 + \tau)^5}{5!}, \quad (5)$$

where $\varphi_i^J = \frac{\varphi^{J(i)}(t_0 - \tau)}{i!}$, $i = 0, \dots, 4$, $\eta \in [t_0 - \tau, t_0]$, $J = 1, \dots, n$.

Since $y^J \in C^5[t_0 - \tau, t_0 + h - \tau]$, then $\tilde{y}^J(t_0 + ch - \tau) = \sum_{i=0}^4 \varphi_i^J(ch)^i$ is an approximation of the fourth order value of the function y^J at the point $t_0 + ch - \tau$, where $t_0 + h \leq T$, $0 \leq c \leq 1$.

From the statement 2 of [4], if s -stage Runge-Kutta method for systems of ordinary differential equations with coefficients a_{ij}, b_j [6] has an order of convergence of five, then the method

$$\begin{aligned} g_i^J &= \varphi^J(t_0) + \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij} h f^J(t_0 + c_j h, g_j^1, \dots, g_j^n, \tilde{y}_j^1, \dots, \tilde{y}_j^n), \\ y_1^J &= \varphi^J(t_0) + \sum_{j=1}^s b_j h f^J(t_0 + c_j h, g_j^1, \dots, g_j^n, \tilde{y}_j^1, \dots, \tilde{y}_j^n), \\ \tilde{y}_i^J &= \sum_{j=0}^4 \varphi_j^J(c_i h)^j, t_1 = t_0 + h, c_i = \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}, \quad \sum_{j=1}^s b_j = 1, \quad i = 1, \dots, s, J = 1, \dots, n, \end{aligned} \quad (6)$$

for delay systems (1) has an order of convergence of five on the first step $[t_0, t_1]$. Here y_1^J is the desired approximation of unknown functions y^J for one step of numerical integration h , $J = 1, \dots, n$.

Write down this method for some of the following steps of numerical integration $[t_k, t_k + h]$. To do this, similarly to [5] we obtain approximation of the fourth order \tilde{y}^J for the numerical integration step $[t_k, t_k + h]$, having the solution in the previous step $[t_{k-1}, t_k]$, $t_{k-1} \geq t_0$, $t_k = t_{k-1} + h$, $t_k + h \leq T$, $h > \tau$.

From the previous step of numerical integration $[t_{k-1}, t_k]$ we have the values of $y_{k-1}^J = y^J(t_{k-1})$, $y_{-\tau}^J = y^J(t_k - \tau)$, $y_k^J = y^J(t_k)$ and the values of the derivatives at the points t_{k-1} and t_k : $f_{k-1}^J = f^J(t_{k-1}, y_{k-1}, \tilde{y}(t_{k-1} - \tau))$, $f_k^J = f^J(t_k, y_k, y_{-\tau})$, $J = 1, \dots, n$.

Newton polynomials $N^J(t)$ by values y_{k-1}^J , $y_{-\tau}^J$, y_k^J , f_{k-1}^J , f_k^J at the points t_{k-1} , $t_k - \tau$, t_k are obtained in the work [5]. We write this polynomials by powers $(t - t_k + \tau)$: $N^J(t) = \sum_{i=0}^4 K_i^J(t - t_k + \tau)^i$, where coefficients K_i^J are obtained in [5].

Since Newton polynomials $N^J(t)$ are of the fourth order, then they have an order of approximation of four. Therefore, the polynomials $N^J(t)$ coincide with the decomposition

in the Taylor series of the function y^J at the point $t_k - \tau$ to the fourth order of smallness $o(h)$, $J = 1, \dots, n$.

So we have necessary for the numerical solution in the step $[t_k, t_k + h]$ approximation of the fourth order of the function y^J at the points $t_k + ch - \tau$, $0 \leq c \leq 1$:

$$\tilde{y}^J(t_k + ch - \tau) = \sum_{i=0}^4 K_i^J (ch)^i, \quad J = 1, \dots, n. \quad (7)$$

Then according to the proposition 2 of [4] hybrid method for delay systems (1)

$$\begin{aligned} g_i^J &= y_k^J + \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij} h f^J(t_k + c_j h, g_j^1, \dots, g_j^n, \tilde{y}_j^1, \dots, \tilde{y}_j^n), \\ y_{k+1}^J &= y_k^J + \sum_{j=1}^s b_j h f^J(t_k + c_j h, g_j^1, \dots, g_j^n, \tilde{y}_j^1, \dots, \tilde{y}_j^n), \\ \tilde{y}_i^J &= \sum_{j=0}^4 K_j^J (c_i h)^j, \quad t_{k+1} = t_k + h, \quad c_i = \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}, \quad \sum_{j=1}^s b_j = 1, \\ &\quad i = 1, \dots, s, \quad J = 1, \dots, n, \end{aligned} \quad (8)$$

has a fifth order of convergence. Here y_{k+1}^J is the desired approximation of unknown functions y^J at the point $t_k + h$, $J = 1, \dots, n$.

3. Estimation of the local error of numerical integration of the obtained hybrid method

$$\|y(t_0 + h) - y_1\| \leq \left(C + n \sum_{j=1}^s |b_j| L \frac{\|\mu\|}{5!} \right) h^6, \quad (9)$$

$$\|y(t_k + h) - y_{k+1}\| \leq \left(C + n \sum_{j=1}^s |b_j| L \frac{41 \|\mu\|}{16 \cdot 5!} \right) h^6, \quad (10)$$

were $C, \|\mu\|, L$ are some constants.

Formulas (4), (5) give an accurate estimate of the local error in the first and subsequent steps of numerical integration by this hybrid method and prove that we have an approximation of the 5th order of convergence.

4. References

- [1] SIREGAR.B.H., RANGKUTY.R, MANSYURA., Numerical Solution of Delayed SIR Model of Tuberculosis with Combination of Runge Kutta Method and Taylor Series Approach, Proceedings of The 5th Annual International Seminar on Trends in Science and Science Education, AISTSSE 2018, 18-19 October 2018, Medan, Indonesia.

2. Analysis of development

The introduction of opportunities provided by the Internet of Things has significantly transformed not only personal or social aspects of life, but also affected most areas of business and the economy as a whole. According to Ericsson Mobility Report , 75% of companies in the world implement technological solutions using IoT , in priority — electronics, transport, control systems, logistics, finance and the military sphere.

It should be noted that the introduction of even greater IoT capabilities will be facilitated by the long-awaited transition to the new 5G mobile communication standard. This will reduce connection delays between devices and at the same time support a huge number of connections, extend the service of "smart" devices for up to 10 years, as well as achieve incredible mobile data transfer speeds by today's standards.

PwC experts, the main factors that stimulate the active development of the Internet of Things are: a decrease in the cost of computing power and data transmission technologies, a rapid increase in the number of devices connected to the network, the development of cloud technologies and big data.

Cisco predicts that by 2023, 28 billion devices will be connected to the network. 66% of the world's population will become Internet users. Each will account for about 3.6 devices connected to the network.

By 2025, as stated in the IDC, the average annual figure of data generated by IoT devices will be about 79.4 zettabytes. In conversion, this is 79.4 billion terabytes, or 29.4 trillion gigabytes - a huge array of data.

At the same time, a significant part of the data will not be generated by ordinary users, but by business structures. That is, the industrial Internet of Things. According to the analytical portal Statista, in a five-year perspective, the market of the industrial Internet of Things will grow from \$77.3 billion to \$110.6 billion in 2025.

3. Using

The Internet of Things (IoT) is deeply rooted in all areas of people's lives today. Today, few people are surprised by the "smart house", in which household appliances and heating, water and electricity supply can be controlled with the help of an ordinary smartphone. For many, such things as remote car start, GPS navigators, Smart TV, fitness trackers and smart glasses have become almost commonplace. There are enough examples around us to understand the extent to which the Internet of Things has entered our everyday life and various sectors of the economy. Among the well-known capabilities of "smart" devices is monitoring of weather conditions, seismic hazards, the state of the atmosphere and water. The specified data can be used both in the civil and military spheres.

4. Areas of use of IoT

IoT is the most used technology nowadays. The Internet of Things allows objects to be connected to networks through built-in devices, be it a kitchen appliance or a security monitor. Now communication between processes, people and things is possible without any obstacles.

With less human intervention, physical objects can share and collect data through the cloud, mobile technology, analytics, big data, cloud computing, and more.

Examples of IoT:

- Smart home – The smart home is the best example of using IoT. For example, there are smart thermostats, air conditioners, speakers, even pet feeders and other everyday devices that perform common household functions;
- IoT devices in agriculture - among the best IoT devices in the field of agriculture (both in farming and in the field of animal breeding) we can note drones and various tools for checking the composition of the soil, forecasting climate changes, for checking the state of health in household's animals and tracking of sick animals;
- IoT in industry - there is a special term for the Internet of Things in industry - Industrial Internet of Things or IIoT. As an example of the use of IoT in industry, we can mention a variety of sensors, software systems and big data analysis for the development of futuristic designs and accurate calculations. Smart machines can improve productivity and correct human errors, which are related to quality control and sustainability;
- IoT in Retail – IoT in retail is quite useful as it allows you to fine-tune your advertising, improve the supply process and the process of analyzing the most popular products. Contactless payment and special applications for online shopping can also be attributed to the Internet of Things;
- Internet of Things in Healthcare - The use of IoT in healthcare is a real breakthrough. Since technology has advanced in recent years, medical drones are already ready to fly to you with the necessary medicines. With the help of the Internet of Things, it is possible to find an approach to each patient individually, analyze the state of his health and calculate an individual method of treatment. I am glad that the Internet of Things is actively developing in the medical field;
- Smart cars – People are already using artificial intelligence machines that are equipped with a bunch of touch buttons and automatically connect to the Internet. Also, examples of the use of IoT in the automotive industry include remote control of front doors or the temperature in the garage;
- Wearable devices are devices that are controlled by an application on a smartphone and worn by a person on the body. Examples can be fitness bracelets, smart implants, GPS belts, etc.;

- Smart city - the Internet of Things is not yet so actively used, but the prospects are quite far-sighted. City IoT technologies include smart parking, noise maps, smart lighting and roads;
- Internet of Things and Supply Chain – enable tracking of goods, tracking of deliveries and open exchange of information between key participants in supply chains. IoT reduces the number of jobs, which leads to lower costs and improved labor automation;
- IoT technologies in the energy sector – a smart power grid is able to automatically collect the necessary data and instantly analyze the voltage circulation. As a result, both customers and suppliers will be able to optimize the use of electricity;
- Internet of war items (Internet of Battle Things, IoBT) – are used to monitor the current situation at the battle site for various levels of military personnel, in logistical support of troops, medical supply, wide use in various educational and training programs for military personnel in the mode of virtual combat, IoBT devices, due to the specifics of the application, are exposed to more serious risks by participating in the confrontation between the warring parties. Using their vulnerabilities, it is possible to cause significant damage to the enemy, because, for example, modern tanks, missiles and other types of weapons already have access to the Internet.

5. Conclusion

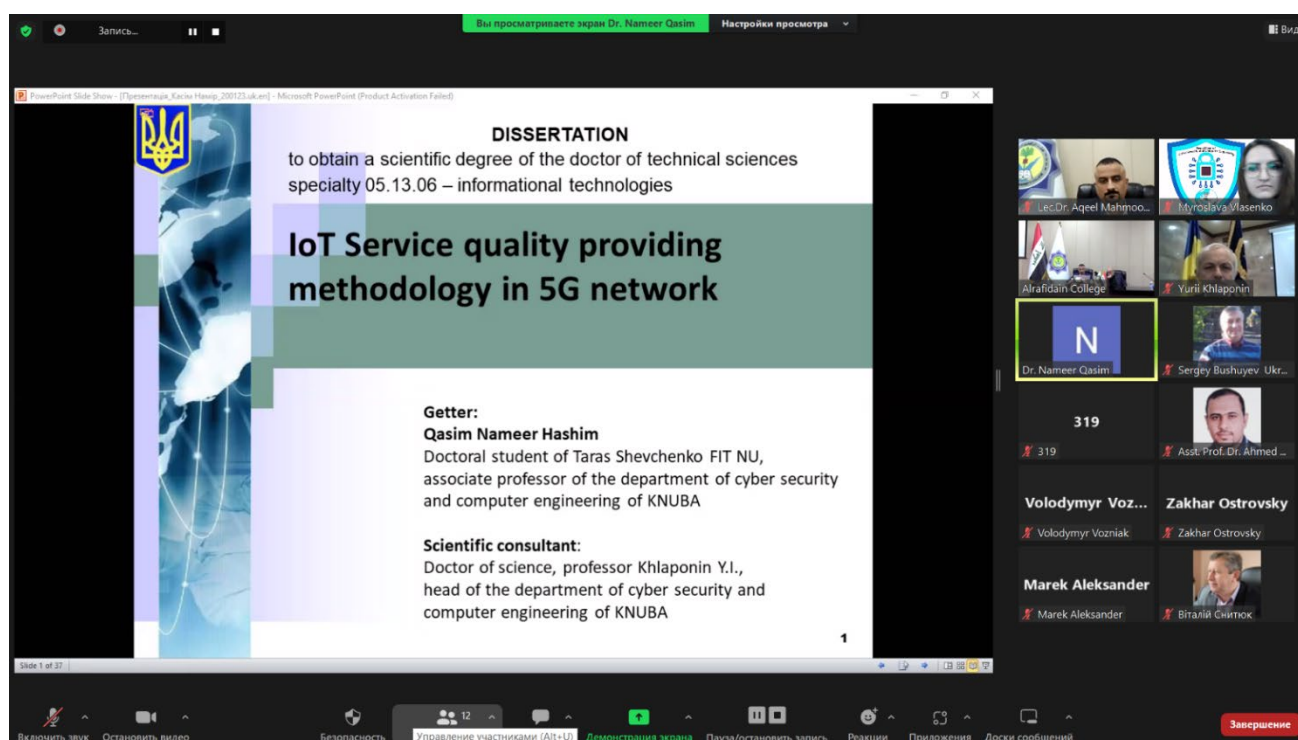
The Internet of Things is the things around us. Already last year, their number exceeded 50 billion pieces and it is growing every day. Their appearance is not a whim of development engineers, but an attempt to automate and facilitate everyday processes.

The advantages of IoT are the collection of a large amount of data, monitoring and tracking of indicators, lightening of the load through automation, better efficiency, and improving the way of life and work.

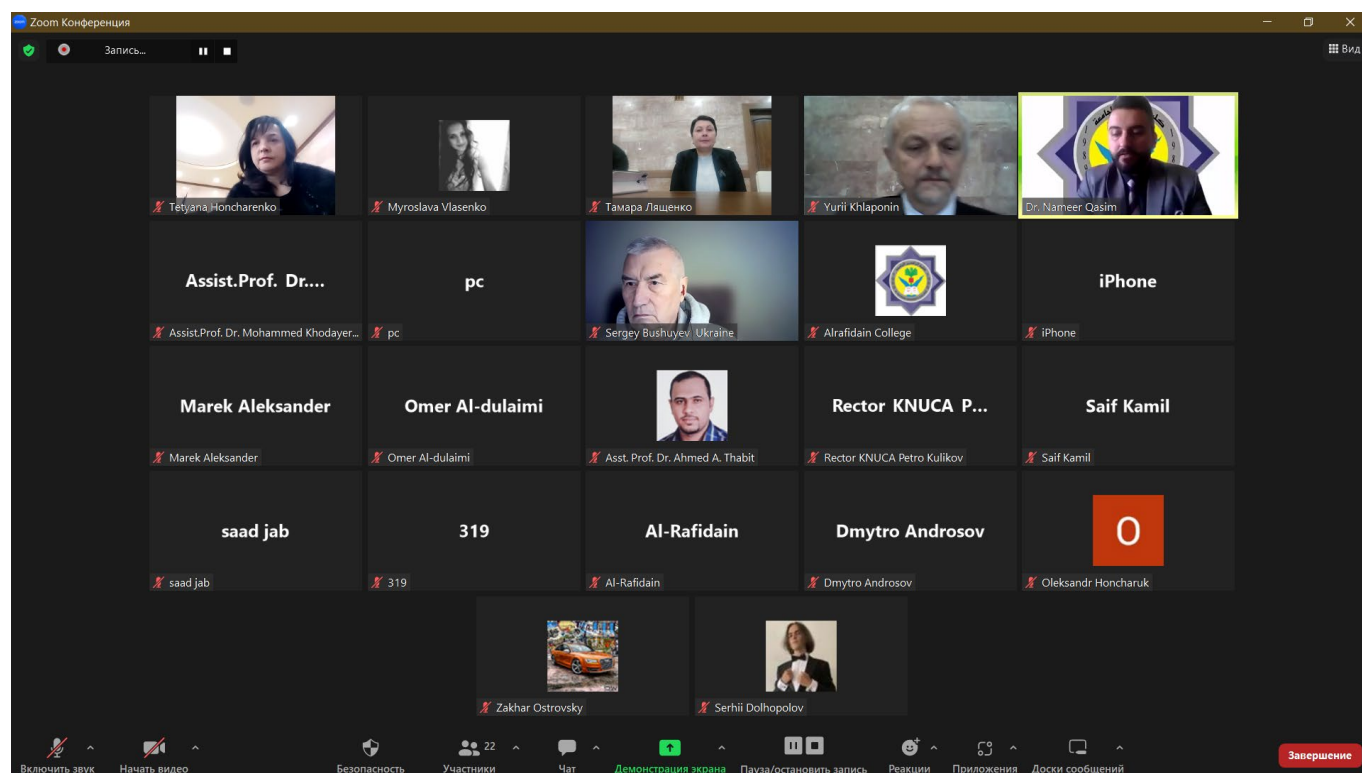
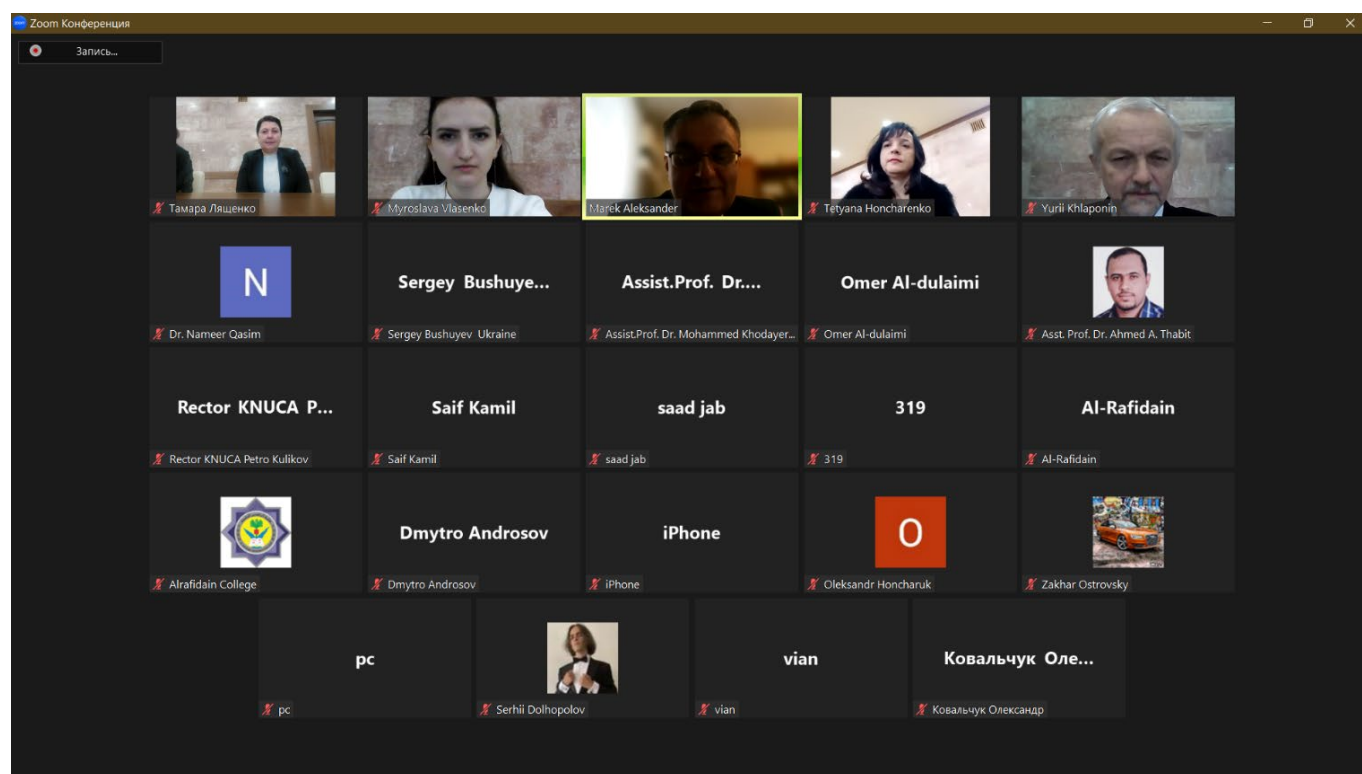
6. References

- [1] Vinogradsky O. The Internet of Things: Civil and Military application _ Defense Express. URL: <https://old.defence-ua.com/index.php/statti/4250-internet-rechey-tsyvilne-i-viyskove-zastosuvannya>.
- [2] Internet of things: what he can be useful for business Metinvest Digital. IT company - METINVEST. DIGITAL - Aiti services in Kyiv and Ukraine. URL: <https://metinvest.digital/ua/page/internet-veshchej-chem-on-mozhet-byt-polezen-dlya-biznesa>.
- [3] Internet of things: what it and where is it used? | CyberCalm. Cybercalm. URL: <https://cybercalm.org/novyny/internet-rechey-shho-tse-take-ta-de-zastosovuyut/>.
- [4] Internet of Things (IoT) in the system intelligent lighting _ Svitlotek. URL: <https://svitlotek.com/internet-rechey-iot-v-sistemi-rozumnogo-osvitlennja/>.
- [5] Jobs, Internet things and artificial intelligence are leading in digital transformations - techukraine.net. techukraine.net. URL: <https://techukraine.net/roboty-internet-rechey-ta-shtuchnyi-inte/>.
- [6] Blog Names. UA. 10 most popular areas of use internet of things Domains - verification and registration domains in Ukraine | Names. u.a. _ URL: <https://www.names.ua/blog/top-10-scope-iot/>.

ФОТО З КОНФЕРЕНЦІЇ



The 2st International Conference on Emerging Technology Trends on the Smart Industry and the Internet of Things
January 24-25th 2023



Наукове видання

II Міжнародна науково-практична конференція “Новітні технологічні тенденції інтелектуальної індустрії та Інтернету речей”

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ УЧАСНИКІВ

II Міжнародної науково-практичної конференції “Новітні технологічні
тенденції інтелектуальної індустрії та Інтернету речей”

24-25 СІЧНЯ 2023 РОКУ

Підписано до друку 01.02.2023. Формат 60x90/16

Ум. друк. арк. 2,5. Обл. вид. 0,9

Видавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31. Київ, Україна, 0380