

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

проф., д.т.н. Рудь В.Д. (м.Луцьк)

Заступники головного редактора:

доц., к.т.н. Мельник К.В. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Герасимчук О.О. (м.Луцьк)

Відповідальний секретар:

мол.наук.співробітник Свиридюк К.А. (м.Луцьк)

Члени редакційної колегії:

проф, PhD. Milosz Marek (Польща, м.Люблін)

проф, PhD. Alison McMillan (Великобританія)

проф, PhD. Дехтяр Ю.Д. (Литва, м.Рига)

проф., д.т.н. Мазур М.П. (м.Хмельницьк)

проф., д.т.н. Мороз Б.І. (м.Дніпро)

проф., д.т.н. Степанов М.М. (м.Київ)

проф., д.т.н. Тарасенко В.П. (м.Київ)

проф., д.ф-м.н. Пастернак Я.М. (м.Луцьк)

проф., д.т.н. Андрушак І.Є. (м.Луцьк)

проф., д.т.н. Делявський М.В. (м.Луцьк)

проф., д.е.н. Рудь Н.Т. (м.Луцьк)

проф., д.т.н. Пальчевський Б.О. (м.Луцьк)

проф., д.т.н. Мельник А.О. (м.Львів)

доц., к.т.н. Драган О.В. (м.Брест, Білорусія)

доц., к.т.н. Лотиш В.В. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Гуменюк Л.О. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Пех П.А. (м.Луцьк)

доц., к.пед.н. Потапюк Л.М. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Решетило О.М. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Повстяной О.Ю. (м.Луцьк)

Адреса редколегії:

Луцький національний технічний університет,
кафедра комп'ютерної інженерії.

вул.Львівська 75, ауд.141

м.Луцьк, 43018

тел. (0332) 74-61-15

E-mail: cit@lntu.edu.ua,

сайт журналу: ki.lutsk-ntu.com.ua

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ
ТЕХНОЛОГІЇ:
ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО

№35 2019р.

Журнал засновано у грудні 2010 р.
Свідоцтво про реєстрацію КВ № 16705–5277 Р.
Засновник: Луцький національний технічний університет

Рекомендовано до друку Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол №10 засідання від 28.05.2019)

Журнал рішенням МОН України
наказом №515 від 16.05.2016р,
включено в перелік наукових фахових видань.
Журнал має російський індекс наукового цитування
(РІНЦ)

Індексується в міжнародних базах даних:

Universal Impact Factor,
Open Academic Journals Index.

ISSN 2524-0560 (Online)

ISSN 2524-0552 (Print)

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ

Андрушак І.С., Кошелюк В.А., Ящук А.А., Потейчук М.І., Марценюк В.П.: Інформаційна безпека: ключові загрози та засоби запобігання. (<i>Andrushchak I.Ye., Koshelyuk V.A., Yashchuk A.A., Poteychuk M.I., Martsenyuk V.P. Information security: key threats and remedies.</i>)	5
Асєєв В.Д., Кулаковська І.В. Моделювання стратегій агентів в іграх з локальною взаємодією.	10
Верещага В.М., Лисенко К.Ю. Двопараметрична композиційна інтерполяція дискретно поданої поверхні.	16
Губаль Г. М. Аналіз взаємної синхронізації зв'язаних автоколивальних біологічних систем.	22
Каганюк О.К., Поліщук Т.О. Вимоги щодо якості управління вуглеводобувним комбайном в різних гірничо – геологічних умовах.	28
Костючко С., Головань М. Автоматична двохосова система стеження за сонцем. (<i>Kostiuchko S., Holovan M. Automatic bicosonic system surveillance of the sun.</i>)	33
Мамчич Т.І., Ройко Л.Л., Мамчич І.Я., Ройко О.О. Навчання методам прикладної математики за підтримки програми R.	37
Маркіна Л.М., Мельник Я.Ю. Моделювання робототехнічних систем.	42
Мороз Б. І., Антіпов О.А., Журавльов В. С. Автоматизована система доставки медикаментів за допомогою безпілотних літальних апаратів (мультікоптерів) за запитом споживача.	47
Мороз Б. І., Сироткіна О. І., Марочко А. М. Автоматизована система аналізу і досліджень ефективності торгової організації. (<i>B. Moroz, O. Syrotkina, A. Marochko. Automated system for analyzing and researching the effectiveness of business operations.</i>)	55
Поліщук М.М., Саварин П.В., Олещук Т.С., Марчук Б.І. Розробка програмно-апаратного забезпечення для створення GSM GPS- трекера	60
Саварин П.В., Ящук А.А., Поліщук М.М., Великий О.А. Перспективи сенсорної взаємодії людино-машинних інтерфейсів.	68
Сіваковська О. М., Ліщина В. О., Андрушак І. С., Сидорчук Л. Л., Тригуба А. М. До проблем управління конфігурацією проекту.	74
Степаненко А.В., Хлевний А.О. Використання алгоритму часових рядів Microsoft для прогнозування продажів.	79
Тулашвілі Ю.Й., Турбал Ю.В. Реалізація інтегрованого підходу до побудови рекомендаційної системи SMART туризму.	84
Філь Н.Ю., Біньковська А.Б. Метод визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах в умовах нечіткої інформації.	90
Чеб С. С. Деякі особливості програмного середовища розробки та створення педагогічних програмних засобів навчального призначення.	101
Ших Н.В., Шаклеїна І.О. Аналіз роботи фронтальних класифікаторів бібліотеки OpenCV.	107
Ялова К.М. Концептуальні положення автоматизації моніторингу стану зелених насаджень міста.	112
Яцюк С. М., Яцюк А. В., Федонюк А. А. Інформаційне забезпечення транспортно-логістичних систем.	117

ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

Гринюк С.В., Бортник К.Я., Міскевич О.І., Паливода Д.І. Огляд інструментальних засобів для створення ігор під ОС Android.	124
Журило А. Г., Сівак Є. М. Методика побудови аксонометрії без використання вторинних проекцій.	129
Кузьміна О.М., Яремко С.А. Застосування інтелектуальних інформаційних технологій для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень.	135
Лавренчук С., Костючко С., Возняк А., Булік А. Сучасні тенденції та методологія захисту персональних даних засобами RASPBERRY PI. (<i>Lavrenchuk S., Kostiuchko S., Vozniak A., Bulik A. Modern trends and methodology of personal data protection by RASPBERRY PI means.</i>)	141
Лавренчук С.В., Коцюба А.Ю., Шостак М.С. Сучасні тенденції в розвитку технологій QR-кодів та алгоритми їх генерування.	146
Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Багрій-Заяць О.А., Горкуненко А.Б., Остафійчук Д.І. Огляд кібер-фізичних систем.	152
Мельник К.В., Мельник В.М., Коптюк Ю.Ю. Дослідження методів розпізнавання зображень на основі нейронних мереж.	161
Пех П.А., Корець Р.С. Реалізація основної функції калькулятора – обчислення виразів – за допомогою Java-класів.	166

Пех П. А., Яковлюк С. М. Створення колоди карток з програмування мовою C++ засобами програми Anki.	172
Поліщук М.М., Гринюк С.В., Дацюк С.В. Порівняння методів оптимізації для навчання нейронних мереж.	177
Поліщук М.М., Повстяна Ю.С., Кулакевич О.Р. Використання мови програмування Swift для реалізації власного iOS проекту.	184
Сосновський В.А., Хлевний А.О. Аналіз та дослідження основних методів розпізнавання обличчя.	192
Терейковська Л.О., Іванченко Є.В., Погорелов В.В. Метод адаптації глибокої нейронної мережі до розпізнавання комп'ютерних вірусів.	198
Хрестинець Н.А., Сахнюк А.А., Свиридчук К.А., Міскевич О.І. Використання бем-блоків при створенні сайтів.	206
Яцюк С. М., Яцюк А.В. Дослідження штучного інтелекту на прикладі програми Excel.	211
Мельник В.М., Нагорнюк А.І. Використання DOCKER для створення відокремленого дослідницького середовища.	217
Підкова Ю. І. Методи та засоби дослідження надійності та захисту персональних даних при здійсненні інтернет-транзакцій.	222

УДК 004.05(075.8)

Луцький національний технічний університет¹⁾

Університет Бельсько-Бяли, Польща²⁾

Андрушак І.Є., Кошелюк В.А., Яшук А.А., Потейчук М.І.¹⁾, Марценюк В.П.²⁾

INFORMATION SECURITY: KEY THREATS AND REMEDIES.

Андрушак І.Є., Кошелюк В.А., Яшук А.А., Потейчук М.І., Марценюк В.П.: Інформаційна безпека: ключові загрози та засоби запобігання. В статті приведено обґрунтування проведення інформаційного аналізу тенденцій розвитку кібератак. Виділені фактори, що, найімовірніше, найбільше позначаються на коливаннях інтенсивності атак. Проведені аналіз факторів впливу на кількість кібератак на інформаційну безпеку web-ресурсів за останні кілька років. Зроблені висновки щодо отриманих результатів і обґрунтовані шляхи підвищення достовірності результатів у подальших дослідженнях.

Ключові слова: кібератака, web-технології, технології захисту, інформаційна безпека.

Андрушак И.Е., Кошелюк В.А., Яшук А.А., Потейчук М.И., Марценюк В.П.: Информационная безопасность: ключевые угрозы и средства защиты. В статье приведены обоснования проведения информационного анализа тенденций развития кибератак. Выделенные факторы, которые скорее всего, больше сказываются на колебаниях интенсивности атак. Проведенный анализ факторов влияния на количество кибератак на информационную безопасность web-ресурсов за последние несколько лет. Сделаны выводы о полученных результатах и обоснованы пути повышения достоверности результатов в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: кибератака, web-технологии, технологии защиты, информационная безопасность.

Andrushchak I.Ye., Koshelyuk V.A., Yashchuk A.A., Poteychuk M.I., Martsenyuk V.P. Information security: key threats and remedies. The article gives the justification for conducting an informational analysis of trends in the development of cyber attacks. Allocated factors that are most likely to be most affected by fluctuations in the intensity of attacks. The analysis of the factors influencing the number of cyber attacks on the information-free web-resources over the past few years has been carried out. The conclusions about the obtained results are made and the ways of increasing the reliability of the results in further research are substantiated.

Keywords: cyber-attack, web-teleology, technology of protection, information security.

Formulation of the problem. Modern society enjoys all the benefits of using information technology, which play a crucial role in virtually every human activity. It is obvious that under these conditions the value of cyber security for modern society is extremely high. To date, cybersecurity has ceased to be an issue that worries only specialists in this area. Incidents in the field of cybersecurity affect the lives of consumers of information and many other services, which are also currently well-known for viral attacks or cyber attacks targeted at various objects of electronic communications infrastructure or technology control.

Of great concern is the grave technical and economic consequences of cyberattacks and the tendency to increase their numbers and diversity, which is reflected in statistical reporting in cyber security surveys of world-known companies. Some of these cyber attacks target web resources, in particular the web resources of state-owned enterprises, since they have a political or economic basis.

The number of elements that make up the cyberspace, the large number of interconnections between them, the ability to use special techniques to control the actions of these elements in the form of botnets, for example, determine the potential for the development of threats that are present in the information space. At the same time, all the growing intensity of cyberattacks comes from the magnitude of world cyberspace. Complex attacks have a complex structure, various mechanisms of their implementation and rely on the possibility of using different directions of dissemination of information. Using methods of social engineering allows you to find the most productive methods of attack organization. In cyberspace, as predicted by the experts, increasingly dangerous and complex threats can develop, which makes the task of their comprehensive analysis and use of the results of its solution effective for counteracting existing and possible future cyber threats [1].

Analysis of research. The trends in the development of cyberattacks change year after year and at first glance are quite random. We can analyze them on reports of reputable companies in this area, such as Positive Technologies and Cisco, which are regularly published every quarter of the year. Reports and reviews on cyberattacks contain rather detailed statistics, but they do not make it possible to find a cause-and-effect relationship between the various factors, parameters and effects of cyber attacks only by looking at them.

In order to investigate the patterns of preparation and conduct of cyber attacks and to identify the relationship between them and the influence of various factors, in our view, a correlation and regression analysis of such data and specific factors characterizing cyber attacks should be conducted. These types of

analysis are an example of the most important and popular quantitative methods of mathematical modeling, whose purpose is to establish the existence or absence of a certain connection between random variables or processes and the identification of a functional connection, that is, the form of this dependence. In order to determine the main trends in the development of cyber attacks, it is necessary to check the correlation between the number of detected attacks and factors, which likely to affect fluctuations in the intensity of attacks [2].

Presentation of the main material and the justification of the results. So what is information security? Usually, it is understood as the security of information and the entire company from deliberate or accidental actions, resulting in damage to its owners or users. Ensuring information security should be aimed primarily at preventing risks, and not at eliminating their consequences. It is the taking of precautionary measures to ensure confidentiality, integrity, and accessibility of information that is the most correct approach in creating an information security system. Any leakage of information can lead to serious problems for the company - from significant financial losses to complete liquidation. Of course, the problem of leaks did not appear today; industrial espionage and the enticement of qualified specialists existed even before the era of computerization. But it was with the advent of the PC and the Internet that new methods of illegally obtaining information appeared. If earlier it was necessary to steal and take out whole bales of paper documents from a company, now huge amounts of important information can be easily merged onto a flash drive placed in a purse, sent over the network, using the family of rootkits, Trojans, backdoors, keyloggers and botnets, or simply destroy through viruses, sabotage.

The development of network technologies is causing an increase in the number of hacker cyber attacks. About 97% of companies were subjected to hacker attacks related to hacking network security tools. Modern firewalls are capable of repelling most intrusions, but some attackers find loopholes due to excellent preparation and carefully planned actions. Tactics of hackers may differ, but in most cases they contain the following steps.

The first step in any cyber attack is intelligence, during which an attacker collects as much information as possible about a company that has become a target for hacking. The information found is necessary to identify vulnerabilities, the hacker performs an analysis of the company's website and its information systems, and also considers ways to interact with other organizations. Once the vulnerability is found, the selection of tools for hacking and preparation for their use begins. For example, one of the ways malware is spread is sending phishing emails.

Once a weak spot has been found in the perimeter of the protection of the target company, which will allow access, the scanning stage begins. For this purpose, publicly available Internet scanning tools are used to detect open ports, software vulnerabilities, equipment configuration errors and other "holes". This stage can last for months, because the search must be accurate and not provoke the security service to enhance protection. Once a weak spot has been found in the perimeter of the protection of the target company, which will allow access, the scanning stage begins. For this purpose, publicly available Internet scanning tools are used to detect open ports, software vulnerabilities, equipment configuration errors and other "holes". This stage can last for months, because the search must be accurate and not provoke the security service to enhance protection.

Once a vulnerability has been found and the system has been hacked, it is necessary to guarantee access support for the time required to perform criminal tasks. The company's security service is qualified to detect an attack, so sooner or later the penetration will be revealed. No matter how the hacker tries to hide his presence, it can be issued by operations for moving data within the network or to external resources, disruption of communication between the data processing center and the company's network, establishing connections through non-standard ports, abnormal server or network operations. Network monitoring and traffic analysis (MTA) systems can detect such activity and take measures to prevent it (Pic. 1).

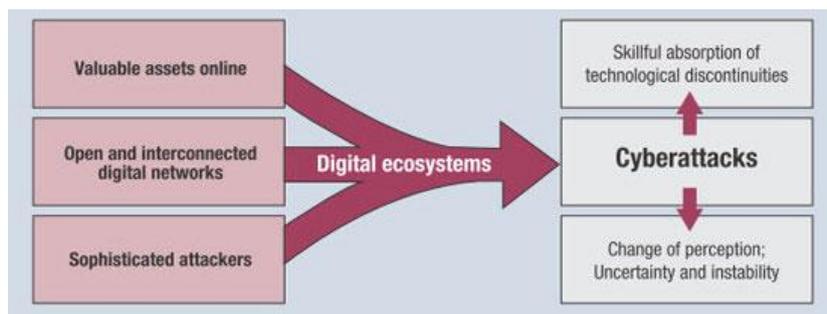


Fig 1. Value realization of a cyberattack

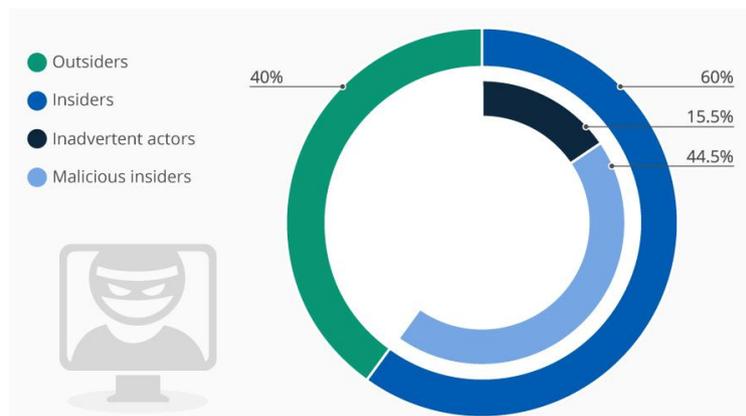
The purpose of an attack in most cases is to gain access to protected resources of the company, such as financial documents or confidential data. Such tools, the rainbow table, allow an attacker to gain administrator access and log on to any information system with elevated privileges, and then gain complete control over the network [3-4].

Not every cyber attack contains this stage. In some cases, the attacker only copies the data for resale, for example. However, at this stage, the hacker already fully controls the network and information systems of the company, and therefore is capable of disabling equipment, erasing databases, shutting down working services and thereby causing enormous material damage and damage to reputation. After an attack is made, it seems reasonable to delete all information about your presence, but in practice this is not always the case. Often, hackers leave signs of hacking as an autograph on their crime, but there is a more practical goal - to confuse the tracks. There are many ways to put experts who are investigating a crime on the wrong path: cleaning and replacing journal entries, creating zombie accounts, using Trojan commands, and others.

At the present stage, a cyber attack should be qualified not only as a crime against information resources, but also as a modern form of committing an act of aggression. By carrying out this type of attack, information constituting state secrets can be stolen, the state's life-support system is disrupted, and such a serious sabotage as the destruction of the anti-missile defense system can be committed, which is a threat to the security of the state and is a violation of generally accepted principles international law. Identifying the perpetrators of such attacks is problematic. However, it is necessary to further develop the existing regulatory framework in this area for the development of international acts, enshrining the rules of responsibility for this crime. Knowledge of the strategy of intruders will detect it at any stage and prevent it in time. Telecom operators should not only rely on their experience in building secure networks, but also use special equipment to monitor and prevent intrusions [5].

One of the most popular cyber attacks is "denial of service" (DDoS), which recently not only causes damage to the attacked company, but also becomes financially motivated. According to a Corero study, 62% of respondents related to network security admit the possibility of transferring money to hackers to stop a DDoS attack on company resources. If earlier such attacks were carried out in order to damage the reputation of the company or to steal data, then now they have become a business, like extortionists for personal computers. Corero also found that almost three-quarters of respondents (73%) expect increased security measures from Internet service providers and believe that they do not protect their customers from DDoS threats.

At the present stage, for the commission of such a serious international crime as aggression, there are various types of weapons, starting with firearms and ending with nuclear weapons. However, it is also necessary to consider this type of attack, as a result of which the life support system of an entire state can be violated and even the work of the antimissile defense system is undermined, which is a violation of state sovereignty and an act of aggression. This type of attack is a cyber attack. As French author D. Ventre points out in his scientific work, "a cyber attack is a modern form of aggression perpetrated by individuals or a whole group of individuals whose goal is to undermine the security information system, undermine the work of any infrastructure, computer network and / or undermine the work personal computers and other devices produced by any means. Cyber attacks are carried out anonymously by attackers, which does not exempt the perpetrators from responsibility; Cyber attacks are illegal entry into someone else's computer system, which can cause a national security system to be undermined. Accordingly, it is problematic to determine the circle of persons guilty of this crime (Pic 2).

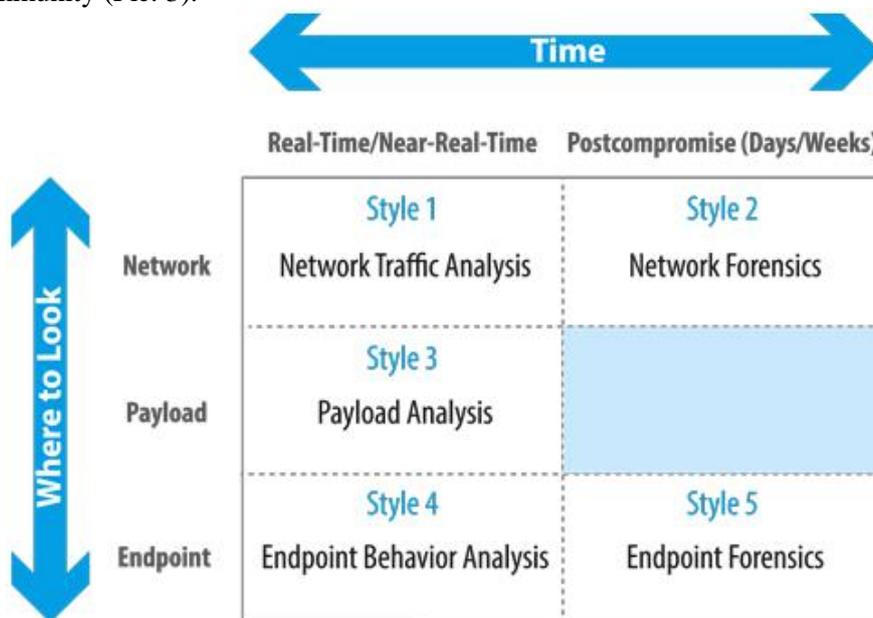


Pic 2. Most Cyber attacks are an inside job

Cyber attacks come in many forms, but they are all a great threat. One of the common types is cyber espionage. In his scientific work, Professor Brenner notes that under cyber espionage, one should qualify activities aimed at obtaining secret service information from the personal data of individuals, groups, or hacking into the system of government service for military purposes, economic or political, using illegal methods of operating the Internet, computer networks or software. As a result of such a cyber attack, secret information, unreliably processed, can be intercepted and even changed, which makes cyber espionage from anywhere in the world feasible. This secret information, falling into the hands of a potential aggressor, can be used in illegal activities against other states, undermining their state and social system, which is a direct manifestation of aggression and a violation of international principles of law. It should also be noted that in recent times, the security services of Ukraine have identified an attempt to commit cyber espionage in order to “infect” the information resources of state authorities and authorities, scientific and military institutions, defense industry enterprises and other objects of critical parts of the country's infrastructure [6].

Another type of cyber attack, which poses even greater threat to the state, is sabotage - undermining the operation of a computer system or satellite systems that perform tasks to maintain the national security of states. In the case of cyber-booting, satellite and computer security systems and life support of the whole state can be endangered: power plants, water supply system, fuel system, transport infrastructure - everything can be at risk. Professor Brenner points out that the civilian sector is also under threat, since criminal activities to undermine security systems have already gone beyond the simple theft of credit card numbers, and a potential target could also be electrical networks, trains, or the stock market. Besides the civilian sphere, the work of the Armed Forces support system can be undermined in order to entail the “disarming” of the whole state [7].

International legal activity aimed at combating cyber-attacks has many obstacles due to the insufficiently developed legislative framework in this area. It should be noted that there is no universally accepted international act on cyber security, and many international lawyers believe that it is urgent to adopt an international treaty in the field of combating cyber attacks. They believe that the international community should consider the issue of cybersecurity as one of the main ones, since this is a global threat for the entire international community (Pic. 3).



Pic 3. Realization of a cyberattack

For example, in his article I.M. Rassolov notes that “among the many problems of judicial practice in these cases, two key issues can be distinguished:

- 1) the difficulty of determining the circle of persons brought to legal responsibility;
- 2) fixation (collection, presentation of evidence, their admissibility and reliability).

The main problem in the development of a unified act on the prohibition of cyber attacks is the fact that regardless of the type of attack, it is almost impossible to find out exactly who is the organizer of this attack: single hackers, organized hacker groups or government structures. In view of the high degree of threat to the security of states, which is a cyber attack comparable in level to the consequences of an armed attack, the Tallinn Guide of the second version deals with the norms of international law applicable to such

cyber operations, as well as the conditions under which the general principles of international law will apply as sovereignty, jurisdiction and prohibition of interference in the internal affairs of a state in the context of cybersecurity [8-9].

The number and sophistication of information security threats is growing every year. Despite the fact that the information security services industry is developing, attackers sometimes still manage to be one step ahead. And this happens not because there are no effective remedies or qualified consultants capable of solving the problem. Rather, it comes from the fact that company leaders do not fully understand the need to protect information resources. It is not enough just to install antivirus programs and restrict access to certain data. To ensure maximum confidentiality of information, it is necessary to create a multi-level system for its protection, and not always the company's own IT department can cope with this task. In this case, specialized companies that professionally deal with the protection of information resources come to the rescue.

It is believed that in the modern world it is extremely difficult to protect oneself from cyber attacks. At the same time, cyberattacks always point to vulnerabilities in the system. Due to the research conducted, we were convinced that the weaknesses of the organization of automated accounting at domestic enterprises, in this context, are both normative and software, as well as the entities that they develop and provide support they use (accountants, financiers, etc.). The problem is also the inability of process participants to unauthorized interruptions in their computer networks, lack of knowledge on how to respond adequately to avoid this force majeure and reduce costs of an enterprise in the event that an attack has occurred or is such a threat in the future. Therefore, further efforts need to be focused on a detailed study of the structure of such expenditures in order to minimize their magnitude, as well as the effectiveness of the implementation of preventive costs, in order to avoid those that cause cyberattacks. Thus, it should be concluded that a cyber attack poses a clear threat not only for individual computer networks of any corporations or individuals, but also for computer security systems of an entire state and must be qualified as a modern form of committing an act of aggression, since the consequences of such attacks can be comparable to an armed attack [10].

At the moment there is no single international treaty prohibiting a cyber attack. However, there is a constant work of specialists, legal scholars, whose scientific activities are related to cybercrime, developing recommendatory acts aimed at developing the norms of international law in the field of preventing cyber attacks and establishing responsibility for this crime. It should also be noted the important role of Ukraine, whose international activities are aimed at preserving international peace and security, including in cyberspace. This may mean that developed countries, in contrast to developing countries, have provided themselves with sufficient protection, or this may indicate a change in the political and social causes of cyberattacks. This, unfortunately, suggests an increase in danger for developing countries. However, these conclusions are not clear, since they depend on the correctness of the input data for the analysis.

In general, the results of the information analysis of the factors characterizing the development of cyber attacks can be clarified by expanding and ensuring the adequacy of incoming statistical data. They can also be used to predict the development of cyber attacks and to develop methods and means to counter them.

1. Alders, R. IT Outsourcing: A Practical Guide / R. Alders; trans. with English. - M.: Alpina Business Books, 2003. - 300 p.
2. Agapov V., Yakovlev S., Pratushevich V. Review and assessment of the prospects for the development of the world and Russian information technology markets [Electronic resource] // URL: <http://www.moex.com/n8686/?nt=106>.
3. Buryachok, V. L. Information and cyber security: the socio-technical aspect: a textbook / [V. L. Buryachok, V. B. Tolubko, V. O. Khoroshko, S. V. Tolyuta]; Per unit edit V. B. Tolubka. - K.: DUT, 2015. - 288 p.
4. Brenner S. Cyber Threats: The Emerging Fault Lines of the Nation State. oxford University Press, 2009. □
5. Janczewski L., Colarik A. Cyber Warfare and Cyber Terrorism. Hershey, N.Y.: Information Science Reference, 2008.
6. The Law of Ukraine "On the Basic Principles for the Cybersecurity of Ukraine" - Information from the Verkhovna Rada (VVR), 2017, No. 45, item 403.
7. Heywood, J. Bryan Outsourcing: In Search of Competitive Advantages / J. Bryan Heywood; trans. with English. - M.: Publishing house "Williams", 2004. - 176 p.
8. Tyutina M.V. Analysis and prospects for the development of the information technology market [Text] // Innovative economics: materials IV Intern. sci. Conf. (Kazan, October 2017). - Kazan: Beech, 2017. - P. 9-13.
9. Rid Th. Cyber War Will Not Take Place // Journal of Strategic Studies. 2011.
10. Owens L.L. Justice and Warfare in Cyberspace // Boston Review. A Political and Literature Forum. [Electronic resource] URL: <http://bostonreview.net/us/lisa-lucile-owens-cyber-warfare-national-security>.

УДК 004.94, 004.852

Асеев Владислав Дмитрович, аспірант, Кулаковська Інесса Василівна, к. ф-мат. н,
Чорноморський національний університет імені Петра Могили,**МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЙ АГЕНТІВ В ІГРАХ З ЛОКАЛЬНОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ**

Асеев В.Д., Кулаковська І.В. Моделювання стратегій агентів в іграх з локальною взаємодією. У даній роботі розглянуто актуальну тему оптимальних стратегій в іграх з локальною взаємодією, розглянуто стимулююче навчання багатоагентних систем у ігровій постановці. Метою даної роботи є розгляд методу побудови системи з локальною взаємодією агентів на основі завдання «синхронізації» за допомогою марковської моделі стохастичної гри. Метод дослідження - комп'ютерна програма для моделювання завдання з використанням Q-методу навчання.

Ключові слова: мультиагентна система, стохастична гра, адаптивний ігровий метод, Q-метод.

Асеев В. Д., Кулаковская И. В. Моделирование стратегий агентов в играх с локальным взаимодействием. В данной статье рассматривается актуальная тема оптимальных стратегий в играх с локальным взаимодействием, рассматривается стимулирующее обучение многоагентных систем в разработке игр. Целью данной работы является рассмотрение метода построения системы с локальным взаимодействием агентов на основе задачи «синхронизации» с использованием марковской модели стохастической игры. Метод исследования - компьютерная программа для моделирования задачи с использованием Q-метода обучения.

Ключевые слова: многоагентная система, стохастическая игра, метод адаптивных игр, Q-метод.

Asieiev V.D., Kulakovska I.V. Modeling agents strategies in players with local interaction. In this paper, the current topic of optimal strategies in games with local interaction is considered, the incentive training of multiagent systems in game formulation is considered. The purpose of this work is to consider the method of constructing a system with local interaction of agents based on the task of "synchronization" using the Markov model of the stochastic game. The research method is a computer program for modeling a task using the Q-method of training.

Key words: multiagent system, stochastic game, adaptive gaming method, Q-method.

Постановка наукової проблеми. Порівняно з одноагентними системами структура, функціонування та дослідження методів багатоагентного Q-навчання значно ускладнюються. За рахунок колективної взаємодії агентів стаціонарне середовище переводиться у клас нестаціонарних. Зміна станів середовища та значення виграшів кожного агента залежать від дій інших агентів. У загальному випадку у МАС агент не може досягти максимального виграшу, який дорівнює його виграшу в одноагентній системі. Оптимальні виграші агентів повинні бути збалансованими і відповідати критеріям вигодих, справедливості, рівноваги. Так, замість критерію скалярної максимізації виграшів одноагентної системи, вводяться критерії векторної максимізації виграшів МАС, наприклад, рівноваги за Нешем, оптимальності за Парето або ін.

За умови використання методів Q-навчання МАС відбувається ітераційна побудова системи характеристичних Q-функцій у просторі стан-дій, причому приріст елементів цих функцій здійснюється у напрямку досягнення їх колективної рівноваги [1].

Для побудови МАС необхідно виконати попередні дослідження на основі адекватних математичних моделей, які дають змогу вивчити динаміку системи в умовах невизначеності, побудувати стратегії поведінки агентів, які забезпечують оптимальні техніко-економічні параметри функціонування системи [10]. Враховуючи особливості предметної області, а саме багатоагентність, невизначеність середовища прийняття рішень, антагонізм або конкурентність цілей, комунікативність, координація дій, адаптивність стратегій поведінки агентів, для побудови моделей МАС використовуємо математичний апарат теорії стохастичних ігор [2,3]. Розв'язування стохастичної гри полягає у пошуку таких стратегій агентів, які максимізують їх виграші так, щоб забезпечити певний колективний баланс інтересів усіх гравців [9]. Шукати оптимальні стратегії гравців в умовах невизначеності будемо за методом заохочувального навчання.

Метою роботи є побудова ігрової моделі самоорганізації мультиагентних систем для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності. Ця мета досягається розв'язуванням таких задач: розроблення математичної моделі мультиагентної стохастичної гри; розроблення самонавчального методу та алгоритму розв'язування стохастичної гри; розроблення програмних засобів моделювання стохастичної гри; аналіз отриманих результатів та вироблення рекомендацій для їх практичного застосування. Методом дослідження є комп'ютерна програма для моделювання задачі.

Аналіз досліджень. Функціонування МАС [4,5], як правило, здійснюється в умовах апріорної невизначеності інформації про стани середовища прийняття рішень та дії інших агентів. У зв'язку з цим стратегії поведінки агентів повинні бути адаптивними за рахунок здатності агентів до самонавчання [6]. Серед методів навчання в умовах невизначеності практичної привабливості набули методи, які ґрунтуються на заохоченнях [7,8], оскільки вони не вимагають математичної моделі середовища та забезпечують можливість приймати рішення безпосередньо в процесі навчання. В основу заохочувального навчання покладено механізми рефлекторної поведінки живих організмів з розвинутою нервовою системою. Ефективним методом заохочувального навчання є марківське Q-навчання [1], яке здійснює числову ідентифікацію характеристичної функції динамічної системи у просторі "стан-дія". Як характеристичну функцію переважно використовують функцію сумарної очікуваної винагороди агента.

Використано ідеї статі П.О.Кравця [9] «Ігрова модель самоорганізації мультиагентних систем», яка розглядає основні властивості МАС та зв'язок задачі "імітувати синхронізоване ритмічне світіння колонії комах-світлячків" з МАС. Метою моделювання є визначення умов та механізмів локальної координації агентів, для самоорганізації МАС. Для цього необхідно розв'язати такі задачі: побудувати модель гри, розробити метод та алгоритм для розв'язування та виконати програмне комп'ютерне моделювання для виявлення координації та самоорганізації МАС.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Для виконання експериментів використовуємо обґрунтоване комунікаційне середовище, яке складається з n агентів і l станів, що населяють двовимірний світ з безперервним простором і дискретним часом. Агенти можуть здійснювати фізичні дії в середовищі та комунікаційні дії, які передаються іншим агентам. Вважаємо, що агенти не мають ідентичний простір для дій і спостережень, а обмежені, але вони діють за однією і тією ж стратегією π . Розглядаємо ігри, які є кооперативними (всі агенти повинні максимізувати спільний результат) і конкурентні (агенти мають протилежні цілі). Деякі середовища вимагають явного зв'язку між агентами для досягнення найкращої винагороди, тоді як в інших середовищах агенти можуть виконувати тільки фізичні дії. Інформація про кожне середовище приведена нижче.

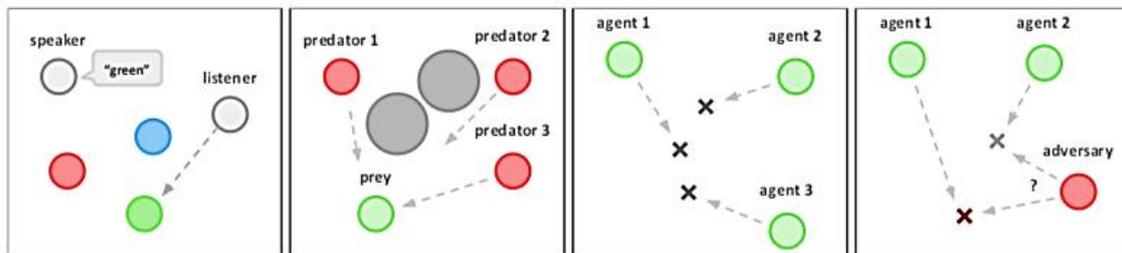


Рис. 1. Ілюстрації експериментального середовища і деякі розглянуті завдання, в тому числі: а) кооперативна комунікація, б) хижак-жертва, в) кооперативна навігація, г) фізичний обман.

Для побудови МАС необхідно виконати попередні дослідження на основі адекватних математичних моделей, які дають змогу вивчити динаміку системи в умовах невизначеності, побудувати стратегії поведінки агентів, які забезпечують оптимальні техніко-економічні параметри функціонування системи. Враховуючи особливості предметної області, а саме багатоагентність, невизначеність середовища прийняття рішень, антагонізм або конкурентність цілей, комунікативність, координація дій, адаптивність стратегій поведінки агентів, для побудови моделей МАС використаємо математичний апарат теорії стохастичних ігор. Розв'язування стохастичної гри полягає у пошуку таких стратегій агентів, які максимізують їх виграші так, щоб забезпечити певний колективний баланс інтересів усіх гравців. Шукати оптимальні стратегії гравців в умовах невизначеності будемо за методом заохочувального навчання.

Математична модель стохастичної гри. Середні програші агентів

$$\theta_n^i(\{\tau, u_n^{Di}\}) = \frac{1}{n} \sum_t^n \xi_t^i, \forall i \in D \quad (1)$$

характеризують якість проведення гри у момент часу n .

Метою кожного агента є мінімізація власної функції середніх програшів:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \theta_n^i \rightarrow \min_{\{u_n^i\}} \forall i \in D. \quad (2)$$

Задача стохастичної гри полягає в тому, що агенти на основі спостереження поточних програвів $\{\xi_n^i\}$ повинні навчитися вибирати чисті стратегії $\{u_n^i\}$ так, щоб з ходом часу $n = 1, 2, \dots$ забезпечити виконання системи критеріїв (2).

Для розв'язування задачі (2) необхідно визначити спосіб формування послідовностей чистих стратегій $\{u_n^i\}$ у часі, які забезпечують виконання умови (4) внаслідок асимптотичної адекватності функцій середніх вигравів (3).

Значення функції θ_n^i середніх програвів гравців наближаються до значень функції V^i середніх програвів відповідної матричної гри:

$$\forall i \in D \lim_{n \rightarrow \infty} n^k M \left\{ \left[\theta_n^i - V^i(p^{D_i}) \right]^2 \right\} < \infty. \quad (3)$$

Умова доповняльної нежорсткості, зважена елементами векторів змішаних стратегій, описує розв'язки гри як у змішаних, так і у чистих стратегіях:

$$\text{diag}(p_i) \left(\nabla_{p_i} V_i(p) - e^{N_i} V_i(p) \right) = 0, \forall i \in D, \quad (4)$$

де $\text{diag}(p_i)$ – квадратна діагональна матриця порядку N_i , побудована з елементів вектора p_i .

Поточні програві агентів визначимо як штраф за порушення просторової та часової координації стратегій:

$$\xi_n^i = \lambda \sum_{s \in D} \frac{|u_n^i - u_n^s|}{L_i} + (1 - \lambda) |u_n^i - u_{n-1}^i| + \mu_n, \quad (5)$$

де $\xi_n^i \in \mathbb{R}^1$; $\lambda \in [0; 1]$ – ваговий коефіцієнт; D_i – множина сусідніх агентів, що відповідає зображенням на рис.2 зв'язкам; $L_i = |D_i|$ – кількість сусідніх агентів; u_n^i – чиста стратегія з бінарним значенням; \bar{u}_n^i – інверсне значення чистої стратегії; $\mu_n \sim \text{Normal}(0, d)$ – білий гауссівський шум, нормально розподілена випадкова величина з нульовим математичним сподіванням та дисперсією $d > 0$.

Перша складова виразу (5) визначає штраф за порушення просторової (взаємної) координації стратегій гравців у межах підмножини D_i , друга складова – штраф за порушення часової координації у два послідовні моменти часу, а третя складова визначає дію випадкових завод у вигляді білого шуму.

Враховуючи величину періоду $\tau = N_i$ динамічної самоорганізації МАС, формування послідовностей чистих стратегій $\{u_n^i\}$ з потрібними властивостями виконаємо на основі матриць імовірностей переходів між чистими стратегіями агентів:

$$p_n^i = \begin{pmatrix} p_n^i(1,1) & \dots & p_n^i(1, N_i) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_n^i(N_i, 1) & \dots & p_n^i(N_i, N_i) \end{pmatrix}, \forall i \in D. \quad (6)$$

Рядки матриці p_n^i є змішаними стратегіями i -го гравця, якщо він вибрав чисту стратегію $u_n^i \in U^i$. Елементи $p_n^i(j, k)$ рядків є умовними імовірностями вибору чистих стратегій залежно від поточного варіанта дії u_n^i та отриманого програву ξ_n^i . Вважатимемо, що вибрані чисті стратегії відповідають станам агента. Тоді p_n^i (6) є матрицею імовірностей зміни станів агента.

Гра розпочинається з ненавчених змішаних стратегій $p_n^i(j, k) = \frac{1}{N_i}$, $j, k = 1 \dots N_i$. Для адаптивного формування розподілу випадкових стратегій, який мінімізує функції середніх програвів (1) усіх гравців, імовірність вибору стратегій з меншими програвшими повинна зростати у часі $n = 1, 2, \dots$.

Враховуючи (4), отримаємо такий рекурентний метод зміни векторів змішаних стратегій:

$$p_{n+1}^i = \pi_{\varepsilon_{n+1}} \left\{ p_n^i(u_n) - \gamma_n \xi_n^i [e(u_n^i) - p_n^i(u_n)] \right\}, \forall i \in D, \quad (7)$$

де $p_n^i(u_n)$ – змішана стратегія i -го гравця у стані $u_n \in U^i$; $\pi_{\varepsilon_{n+1}}$ – оператор проектування на одиничний ε -симплекс $S_\varepsilon^{N_i} \subseteq S^{N_i}$ [11], який є підмножиною одиничного симплексу S^{N_i} ; $\gamma_n > 0$ – монотонно спадна послідовність додатних величин, яка регулює величину кроку методу; $\varepsilon_n > 0$ – монотонно спадна послідовність додатних величин, яка регулює швидкість розширення ε -симплексу.

Дослідження збіжності методу (11) виконаємо у класі монотонних послідовностей $\{\gamma_n\}$ та $\{\varepsilon_n\}$ виду

$$\gamma_n = \gamma(n + \alpha)^{-\alpha}; \alpha > 0; \varepsilon_n = \varepsilon(n + \beta)^{-\beta}; \beta > 0. \quad (8)$$

Збіжність методу (11) спостерігається:

- 1) з ймовірністю 1, якщо $\alpha \in (0.5; 1]$; $\beta > 0$;
- 2) у середньоквадратичному, якщо $\alpha \in (0, 1]$; $\beta > 0$.

Метод (7) забезпечує адаптивний вибір агентами чистих стратегій завдяки динамічній перебудові змішаних стратегій на основі опрацювання поточних програшів.

На підставі поточного розподілу імовірностей $p_n^i(u_n^i)$ агент здійснює випадковий вибір чистої стратегії $\forall i \in D$.

$$u_n^i = \left\{ \frac{u^{i(l)}}{l} = \arg \min_l \sum_{k=1}^l p_n^i(j, k) > \omega(j, l = 1..N_i) \right\}, \quad (9)$$

де $w \in [0, 1]$ – випадкова величина з рівномірним розподілом.

Отже, якщо в момент часу n агент перебуває у стані i_n на основі змішаної стратегії $p_n^i(u_n^i)$ він вибирає чисту стратегію u_n^i згідно з (3), за що до моменту часу $n + 1$ отримує поточний програш ξ_n^i який використовує для обчислення змішаної стратегії $p_{n+1}^i(u_n^i)$ згідно з (7), після чого переходить у новий стан $u_{n+1}^i = u_n^i$

Оцінювання ефективності ігрової самоорганізації МАС виконаємо за такими показниками:

1) функція середніх втрат або ціна гри:

$$\theta_n = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \theta_n^i, \quad \text{де } L = |D| - \text{кількість гравців};$$

2) коефіцієнт просторової координації стратегій гравців:

$$K_n = \frac{1}{nL} \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^L \chi(\sum_{s \in D_i} |u_t^i - u_t^s| = 0), \quad \text{де } \chi \in \{0, 1\} - \text{індикаторна функція події};$$

Моделювання прикладу. Для прикладу розглянемо стохастичну ігрову модель самоорганізації комах-світлячків (fireflies) із родини Lampyridae, які ведуть нічний спосіб життя у тропічних регіонах світу. Самці цих комах для приваблювання самок запускають механізм люмінесцентного випромінювання свого черевця. Самоорганізація проявляється у виникненні явища ритмічного синхронізованого світіння усієї колонії самців.

Моделювання поведінки світлячків виконаємо за допомогою стохастичної гри агентів, кожен з яких може перебувати в одному із двох станів $u_n^i \in \{0, 1\}$, де 0 позначає відсутність, а 1 – наявність світіння.

Виконаємо розв'язування стохастичної гри двох агентів з двома чистими стратегіями у середовищі з двома станами. Матриці середніх вигрів такої гри подано у таблиці.

Таблиця 1. Матриці вигрів гравців

стани	стратегії	1 агент		2 агент	
s ₁	-	$\pi_2(s_1, u_2[0])$	$\pi_2(s_1, u_2[1])$	$\pi_2(s_1, u_2[0])$	$\pi_2(s_1, u_2[1])$
	$\pi_1(s_1, u_1[0])$	0.5	0.2	0.4	0.1
	$\pi_1(s_1, u_1[1])$	0.6	0.7	0.1	0.9
s ₂	-	$\pi_2(s_2, u_2[0])$	$\pi_2(s_2, u_2[1])$	$\pi_2(s_2, u_2[0])$	$\pi_2(s_2, u_2[1])$
	$\pi_1(s_2, u_1[0])$	0.9	0.2	0.4	0.6
	$\pi_1(s_2, u_1[1])$	0.2	0.9	0.6	0.8

Кожен агент може спостерігати стани сусідніх агентів та змінювати власний стан так, щоб у діях бути максимально подібним на своїх сусідів. Структура зв'язків між агентами зображена на рис. 2.

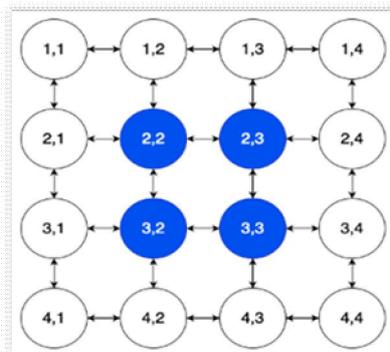


Рис. 2. Модель стохастичної гри "Світлячки"

Регулярна структура гри задається кількістю агентів $L=t*m$, $m \geq 2$, підмножинами сусідніх агентів D_i та кількістю чистих стратегій $N_i=N=2$, $i=1..L$.

Динаміка процесу самоорганізації складається з просторової та часової координації стратегій агентів. Просторова координація полягає у дотриманні співвідношення стратегій агентів у локально визначених областях D_i , N_i так, як це зображено на рис. 2. Часова координація визначається дотриманням співвідношення стратегій агентів на проміжку часу $\tau=2$.

В ігровій термінології просторова координація полягатиме у виборі однакових значень чистих стратегій гравців у фіксовані моменти часу (агенти намагаються повторювати дії один одного), а часова координація – у зміні бінарних стратегій на протилежні значення у два послідовні моменти часу. Результатом самоорганізації агентів є інверсна зміна матриць бінарних чистих стратегій $[0]_{m*m}-[1]_{m*m}-[0]_{m*m}-[1]_{m*m}$ - у часі, що моделює ритмічне світіння колонії світлячків.

Така зміна забезпечується матрицями навчених змішаних стратегій $p^i(u_n^i) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ агентів з однаковими початковими станами.

Алгоритм розв'язування стохастичної гри.

1. Задати початкові значення параметрів:

- $n = 0$ – початковий момент часу;
- $L = |D|$ – кількість гравців;
- N – кількість чистих стратегій гравців;
- $U^i = (u^i[1], u^i[2], \dots, u^i[N])$, $i=1..L$ – вектори чистих стратегій гравців;
- $p_0^i = (1/N, \dots, 1/N)$, $i=1..L$ – початкові змішані стратегії гравців;
- $\gamma > 0$ – параметр кроку навчання;
- $\alpha \in (0, 1]$ – порядок кроку навчання;
- ε – параметр ε -симплекса;
- $\beta > 0$ – порядок швидкості розширення ε -симплекса;
- $d > 0$ – дисперсія завад;
- $max\ n$ – максимальна кількість кроків методу.

2. Вибрати варіанти дій $u_n^i \in U^i$, $i=1..L$ згідно з (9).

3. Отримати значення поточних програшів ξ_n^i , $i=1..L$ згідно з (5). Поточні значення гауссівського білого шуму обчислюють за формулою:

де $\omega \in [0, 1]$ – дійсне випадкове число з рівномірним законом розподілу.

4. Обчислити значення параметрів γ_n , ε_n згідно з (8).

5. Обчислити елементи векторів змішаних стратегій p_n^i , $i=1..L$ згідно з (7).

6. Обчислити характеристики якості прийняття рішень Z_n (10), K_n (11).

7. Задати наступний момент часу $n := n + 1$.

8. Якщо $n < n_{max}$, то перейти на крок 2, інакше – кінець.

Завдяки локальній координації стратегії агентів даний розв'язок забезпечує самоорганізацію МАС „світляків”. Кожен гравець спостерігає дії сусідніх і отримує власні програші через не співпадіння, що заставляє його динамічно обирати стратегії з меншими штрафами. Динамічне обирання стратегій перетворює локально скоординовані дії гравців на глобальну координацію гри, коли колектив гравців поводяться як цілісний організм, дивись рис.3.

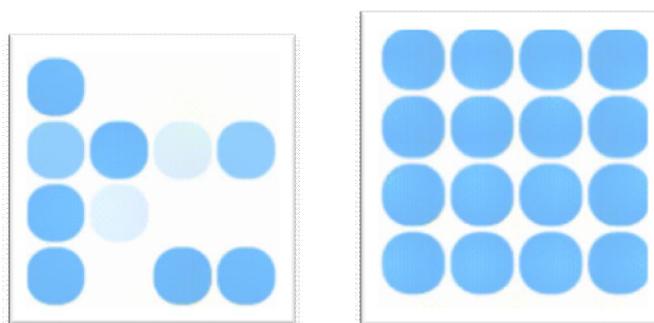


Рис. 3. а) в процесі навчання, б)самоорганізовані агенти

Висновки дослідження. Розроблена ігрова модель забезпечує динамічну самоорганізацію МАС, яка проявляється у ритмічній зміні чистих стратегій агентів, що імітує світлові ефекти колонії комах-світлячків. Характерною особливістю розглянутої ігрової самоорганізації є локально обумовлений збір інформації про стратегії поведінки сусідніх агентів, який у результаті навчання приводить до глобальної координації стратегій усіх агентів.

Генерування послідовностей чистих стратегій з потрібними властивостями забезпечується випадковим розподілом, побудованим на динамічних змішаних стратегіях гравців. Обчислення змішаних стратегій здійснюється за адаптивним рекурентним методом, отриманим на основі стохастичної апроксимації умови доповняльної нежорсткості, яка описує колективні розв'язки гри, що задовольняють умову рівноваги за Нешем.

Ефективність ігрової самоорганізації стратегій МАС вивчали за допомогою функцій середніх програвшів, коефіцієнтів координації та норми відхилення динамічних змішаних стратегій від оптимальних значень. Спадання функції середніх програвшів і функції відхилення змішаних стратегій, зростання коефіцієнтів координації свідчать про збіжність ігрового методу та входження МАС у режим самоорганізації. Повторення значень характеристик гри у різних експериментах з унікальними послідовностями випадкових величин підтверджує достовірність отриманих результатів.

1. Watkins, C.J.C.H. Q-Learning / C.J.C.H. Watkins, P. Dayan // Machine Learning. – Kluwer Academic Publishers, Boston. – 1992. – No. 8. – PP. 279–292.
2. Fudenberg, D. The Theory of Learning in Games / D. Fudenberg, D.K. Levine. – Cambridge, MA: MIT Press, 1998. – 292 pp.
3. Hu, J. Nash Q-learning for general-sum stochastic games / J. Hu, M. P. Wellman // Machine Learning Research. – 2003. – No. 4. – PP. 1039 – 1069.
4. Wooldridge M. An Introduction to Multiagent Systems / M. Wooldridge. – John Wiley & Sons, 2002. – 366 pp.
5. Weiss, G. Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence / G. Weiss, editor. – Springer Verlag, Berlin, 1996. – 643 pp.
6. Назин А.В. Адаптивный выбор вариантов: Рекуррентные алгоритмы / А.В. Назин, А.С. Позняк. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
7. Kaelbling, Leslie. Reinforcement learning: A survey / Leslie Kaelbling, Michael L. Littman, Andrew W. Moore. Journal of Artificial Intelligence Research. – 1996. – No. 4. – PP. 237–285.
8. Sutton, R. S. Reinforcement Learning: An Introduction / Richard S. Sutton, Andrew G. Barto. – MIT Press, 1998. – 322 pp.
9. Кравець П. О. Ігрова модель самоорганізації мультиагентних систем / П. О. Кравець // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Інформаційні системи та мережі : збірник наукових праць. – 2015. – № 829. – С. 161–176.
10. Musiyenko M., Zhuravska I., Kulakovska I., Kulakovska A. Simulation the behavior of robot sub swarm in spatial corridors. 2016 IEEE 36th ELNANO. April 19-21, 2016. Kyiv, Ukraine. Page(s) 382-387. DOI: 10.1109/ELNANO.2016.7493090 <http://ieeexplore.ieee.org/document/7493090/>

УДК 514.18

Верещага В.М., д.т.н., Лисенко К.Ю., аспірантка

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

ДВОПАРАМЕТРИЧНА КОМПОЗИЦІЙНА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ ДИСКРЕТНО ПОДАНОЇ ПОВЕРХНІ

Верещага В.М., Лисенко К.Ю. Двопараметрична композиційна інтерполяція дискретно поданої поверхні.

Геометрична фігура дискретно поданої поверхні визначається рядами точок у кожному з двох напрямків. Вихідні точки приймаються як базисні, відносно яких виконується композиційна інтерполяція, у якій будь-яка поточна точка визначається як композиція часток усіх базисних точок безвідносно до вихідної системи координат. Розмір частки, що визначає участь у формуванні поточної точки, для кожної з базисних точок, дорівнює значенню відповідних координат Балюби-Найдиша.

Ключові слова. Композиційна інтерполяція, дискретно подана поверхня, базисні точки, координати Балюби-Найдиша, уніфікація геометричної фігури.

Верещага В.М., Лисенко К.Ю. Двухпараметрическая композиционная интерполяция дискретно представленной поверхности. Геометрическая фигура дискретно представленной поверхности определяется рядами точек в каждом из двух направлений. Исходные точки принимаются как базовые, относительно которых выполняется композиционная интерполяция, в которой любая текущая точка определяется как композиция долей всех базисных точек безотносительно к исходной системе координат. Размер доли, которая определяет участие в формировании текущей точки, для каждой из базисных точек, равен значению соответствующих координат Балюбы-Найдыша.

Ключевые слова. Композиционная интерполяция, дискретно представлена поверхность, базисные точки, координаты Балюбы-Найдыша, унификация геометрической фигуры.

Vereshchaga V., Lysenko K. Two-parameter composite interpolation of a discrete surface. The geometric figure of the discrete surface is determined by the rows of points in each of the two directions. Output points are taken as basic, for which a composite interpolation is performed, in which any current point is defined as the composition of the particles of all base points irrespective of the origin of the coordinate system. The particle size, which determines the participation in the formation of the current point, for each of the basis points, is equal to the value of the corresponding coordinates of the Balyuba-Naidysh.

Keywords. Composite interpolation, discretely subjected surface, base points, Balyuby-Naidysh's coordinates, unification of a geometric figure.

Постановка наукової проблеми. Як правило, застосування високотехнологічного обладнання є ефективним, коли суб'єкти господарювання мають систему керування цим обладнанням. Функціонування такого обладнання визначається достатньо великою кількістю факторів технологічних процесів, які постійно змінюються і які необхідно враховувати щодня для прийняття управлінських рішень, застосовуючи, при цьому, комп'ютери поширеної комплектації. При цьому, особа, що приймає рішення (ОПР) не повинна мати спеціальної математичної підготовки. Математичні методи для ОПР мають бути «чорною скринькою» і, у той же час, у системі керування технологічними процесами підмоделі мають бути побудованими на засадах одного способу. Створювана модель має бути розрахованою на щоденне використання з метою аналізу і розв'язання багатфакторних задач, які враховують сотні факторів і якісний аналіз яких підвищує ефективність функціонування об'єкту.

Створення методу моделювання, здатного враховувати вимоги, що наведені вгорі, є проблемою.

Результати дослідження, що наводяться у цій статті, будуть наближати розв'язання сформульованої вище проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розвиток точкового числення Балюби-Найдиша (БН-числення) [8, 9] створив засади для розвинення подальшої геометричної формалізації записів у вигляді композиційних матриць [12], подальший розвиток теорії яких відбувався у роботах [2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11].

У відповідності до [12] надано визначення композиційних матриць.

Композиційна матриця (КМ) – це таблиця чисел або символів, що мають форму (абрис), які відповідають формам сегментів вихідних геометричних фігур, для яких вона складається. Елементи КМ не є довільно обраними, а корелюються певними вихідними умовами і розташовані таким же самим чином як і відповідні їм точки на сегменті вихідної геометричної фігури.

У роботі [12] запропоновано позначати КМ:

$$A_T = ((A_{ij})); i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} - \text{КМ точкова, індекс «T»};$$

$A_{II} = ((a_{ij})); i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ – КМ параметрична, індекс «II»;

$A(K) = ((A_{ij}(K))); i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ – КМ координатна, де K – номер відповідної координати.

У роботах [7, 12] розроблено операції над КМ, вкажемо на деякі з них.

Добуток КМ параметричної на КМ точкову є КМ геометричної фігури (ГФ) A_{Φ} , елементами якої є добуток відповідних (з однаковими подвійними індексами) елементів КМ співмножників.

$$A_{\Phi} = A_{II} \cdot A_T = ((a_{ij})) \cdot ((A_{ij})) = ((a_{ij} \cdot A_{ij})) \text{ для } i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \quad (1)$$

Добутком двох КМ параметричних A_{II} та B_{II} є КМ параметрична C_{II} , елементами якої є добуток відповідних (з однаковими подвійними індексами) елементів КМ співмножників:

$$C_{II} = A_{II} \cdot B_{II} = ((a_{ij})) \cdot ((b_{ij})) = ((a_{ij} \cdot b_{ij})) = ((c_{ij})) \text{ для } i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \quad (2)$$

Операції, аналогічні (1), виконуються над КМ координатними, за якими виконуються розрахунки щодо розв'язку.

Покажемо, у відповідності до [13], записи координатних КМ для фігури Балюби (Б-фігури) з (3):

$$A_B = ((a_{ij} \cdot A_{ij})), i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

тоді розрахункові координатні КМ для K -координат ($K = \overline{1, k}$) матимуть вигляд:

$$A_B(K) = ((a_{ij} \cdot A_{ij}(K))) \text{ для } i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; K = \overline{1, k} \quad (4)$$

У відповідності до [12, 13], під Б-фігурами треба розуміти такі ГФ, положення поточної точки на яких визначається відносно її базисних точок. Базисними точками є полюси інтерполяції.

Як вказується у роботі [13], для застосування композиційної інтерполяції необхідно вихідну ГФ поділити на дві складові: параметричну та геометричну. Процес поділення названо уніфікацією ГФ, а результат – уніфікованою ГФ.

Параметрична складова уніфікованої ГФ представляється КМ параметричною. Геометрична складова уніфікованої ГФ представляється КМ точковою.

КМ параметрична є моделлю уніфікованої ГФ і не змінюється для сталої кількості точок вихідної ГФ.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У роботах [7, 12, 13] було доведено і розроблялась двопараметрична композиційна інтерполяція, коли у напрямку U для усіх ребер сегменту поверхні застосовувалася одна модель у вигляді КМ параметричної $((P_{1j}))$, для $j = \overline{1, n}$. У трансверсальному напрямку V для усіх ребер сегменту поверхні застосовується така сама як і у напрямку U або інша, але також одна, для усіх ребер, модель у вигляді КМ параметричної $((P_{i1}))$, для $i = \overline{1, m}$.

Композиційна двопараметрична інтерполяція з різними моделями ребер, у кожному з напрямків U та V , виявилася проблемою, яку розв'язано у цій статті.

Формулювання мети дослідження. Розробити методику двопараметричної композиційної інтерполяції з різними моделями ребер сегменту поверхні. У кожному з двох напрямків і для кожного з ребер окремо.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо методику на прикладі, коли ребра визначаються трьома точками в обох напрямках.

Нехай дев'ять базисних точок A_{ij} , для $i = \overline{1, 3}; j = \overline{1, 3}$; дискретно подають поверхню (ДПП) (рис. 1). Як бачимо, на рис. 1 базисні точки A_{1j} , $j = \overline{1, 3}$ дискретно подають перше ребро у напрямку U ;

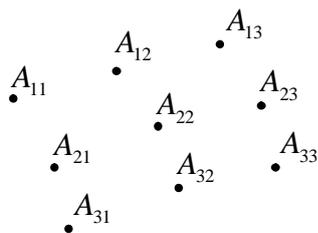


Рис. 1. Схема сегменту Б-поверхні.

Точки $A_{2j}, j = \overline{1,3}$ утворюють ДПК для другого ребра у напрямку U ;

Точки $A_{3j}, j = \overline{1,3}$ утворюють ДПК для третього ребра у напрямку U .

Аналогічно і для напрямку V : $A_{i1}; A_{i2}; A_{i3} (i = \overline{1,3})$.

Дискретно поданий шістьма ребрами сегмент поверхні (рис. 2) дістанемо після побудови точкових рівнянь цих ребер.

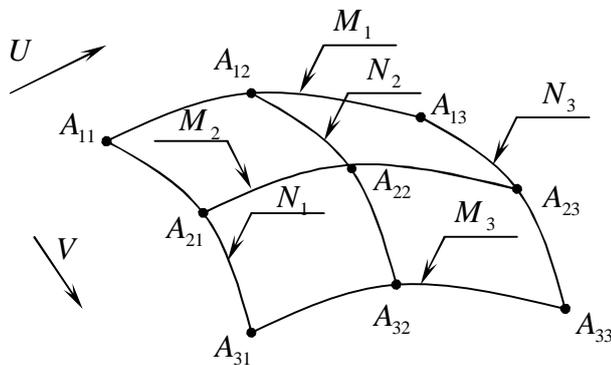


Рис. 2. Схема сегменту Б-поверхні.

Тоді у напрямку U точкові рівняння (рис. 2) для M запишемо:

$$M_1 = \sum_{j=1}^3 A_{1j} \cdot p_{1j}; \text{ де } \sum_{j=1}^3 p_{1j} = 1;$$

$$M_2 = \sum_{j=1}^3 A_{2j} \cdot p_{2j}; \text{ де } \sum_{j=1}^3 p_{2j} = 1; \tag{5}$$

$$M_3 = \sum_{j=1}^3 A_{3j} \cdot p_{3j}; \text{ де } \sum_{j=1}^3 p_{3j} = 1.$$

Уніфіковане подання яких у вигляді КМ точкової та КМ параметричної матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} & ((A_{ij})), \text{ для } i = \overline{1,3}; j = \overline{1,3}; \\ & ((p_{ij})), \text{ для } i = \overline{1,3}; j = \overline{1,3}. \end{aligned} \tag{6}$$

У напрямку V точкові рівняння (рис. 2) для N_j матимуть вигляд:

$$N_1 = \sum_{i=1}^3 A_{i1} \cdot q_{i1}; \text{ де } \sum_{i=1}^3 q_{i1} = 1;$$

$$N_2 = \sum_{i=1}^3 A_{i2} \cdot q_{i2}; \text{ де } \sum_{i=1}^3 q_{i2} = 1; \tag{7}$$

$$N_3 = \sum_{i=1}^3 A_{i3} \cdot q_{i3}; \text{ де } \sum_{i=1}^3 q_{i3} = 1.$$

Для (7) уніфіковане подання у вигляді КМ точкової таке, як і у (6), а КМ параметрична матиме вигляд:

$$\left((q_{ij}) \right), \text{ для } i = \overline{1,3}; j = \overline{1,3}. \quad (8)$$

У сукупностях точкових рівнянь (5) та (7) параметри p_{ij} та q_{ij} є характеристичними функціями, тобто такими, що приймають значення 1 або 0, у базисних точках, техніку формування яких було розроблено у роботах [14, 15].

Вказана сукупність (5), (7) являє собою шість окремих сегментів Б-ліній, від яких необхідно перейти до рівняння сегменту Б-поверхні. Як було доведено у [7, 12, 13], необхідно знайти добуток з (6) та (8) у відповідності до (2):

$$\left((p_{ij}) \right) \cdot \left((q_{ij}) \right) = \left((p_{ij} \cdot q_{ij}) \right), \text{ для } i : j = \overline{1,3} \quad (9)$$

КМ параметрична (9) не є моделлю сегмента Б-поверхні через те, що сума її елементів не дорівнює одиниці.

Для переходу від моделі (9) параметричної поверхні до моделі Б-поверхні, знайдемо суму δ усіх елементів КМ параметричної (9):

$$\delta = \sum_{i,j=1}^3 p_{ij} \cdot q_{ij}. \quad (10)$$

Потім кожний з доданків (10) необхідно поділити на δ , дістанемо модель Б-поверхні у вигляді КМ параметричної:

$$\left(\left(\begin{array}{ccc} \frac{p_{11} \cdot q_{11}}{\delta} & \frac{p_{12} \cdot q_{12}}{\delta} & \frac{p_{13} \cdot q_{13}}{\delta} \\ \frac{p_{21} \cdot q_{21}}{\delta} & \frac{p_{22} \cdot q_{22}}{\delta} & \frac{p_{23} \cdot q_{23}}{\delta} \\ \frac{p_{31} \cdot q_{31}}{\delta} & \frac{p_{32} \cdot q_{32}}{\delta} & \frac{p_{33} \cdot q_{33}}{\delta} \end{array} \right) \right) = \left((a_{ij}) \right) = A_{\Pi}, \text{ де } \quad (11)$$

$a_{ij} = \frac{p_{ij} \cdot q_{ij}}{\delta}$ – усі ці елементи єсть БН-координатами, а КМ (11) єсть моделлю Б-поверхні.

Враховуючи (6) та (11), та спираючись на (1), створимо КМ Б-поверхні A_B :

$$A_B = A_T \cdot A_{\Pi} = \left((A_{ij}) \right) \cdot \left((a_{ij}) \right) = \left((A_{ij} \cdot a_{ij}) \right) \text{ для } i : j = \overline{1,3}. \quad (12)$$

Розкриємо КМ для Б-поверхні з (12):

$$A_B = \left(\left(\begin{array}{ccc} A_{11} \cdot a_{11} & A_{12} \cdot a_{12} & A_{13} \cdot a_{13} \\ A_{21} \cdot a_{21} & A_{22} \cdot a_{22} & A_{23} \cdot a_{23} \\ A_{31} \cdot a_{31} & A_{32} \cdot a_{32} & A_{33} \cdot a_{33} \end{array} \right) \right) \quad (13)$$

Оскільки КМ є для Б-поверхні, то параметри a_{ij} являють собою БН-координати, а це означає, що їх сума дорівнює одиниці:

$$\sum_{i,j=1}^3 a_{ij} = 1 \quad (14)$$

Точкове рівняння M сегменту Б-поверхні визначається як сума елементів КМ A_B з (13)

$$M = \sum_{i,j=1}^3 A_{ij} \cdot a_{ij} \quad (15)$$

У відповідності до (4), запишемо координатні рівняння для (15), які відображають проекцію Б-кривої на кожну з K осей:

$$M(1) = \sum_{i,j=1}^3 A_{ij}(1) \cdot a_{ij}; M(2) = \sum_{i,j=1}^3 A_{ij}(2) \cdot a_{ij}; \dots; M(k) = \sum_{i,j=1}^3 A_{ij}(k) \cdot a_{ij} \quad (16)$$

Оскільки між усіма проєкціями $M(K)$, $K = \overline{1, k}$ існує параметричний зв'язок, то, враховуючи результати [7, 12], можемо будувати проєкції на площини проєкцій, об'єднуючи по дві проєкції на осях; на 3-простори, об'єднуючи по три проєкції на осях; на 4-простори, об'єднуючи по чотири проєкції на осях і так далі.

Наприклад, використовуючи (16), визначимо проєкцію на площині проєкцій, яку утворюють перша та K -та осі, створивши наступну систему точкових рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} M(1) &= \sum_{i,j=1}^3 A_{ij}(1) \cdot a_{ij} \\ M(k) &= \sum_{i,j=1}^3 A_{ij}(k) \cdot a_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

У відповідності до [16] таких варіантів існує C_k^2 , тобто $C_k^2 = \frac{k!}{2!(k-2)!}$.

Висновки. Розроблений, у наведеній статті, метод двопараметричної композиційної інтерполяції дискретно поданої поверхні через побудову Б-поверхні з різними точковими рівняннями її ребер, являє собою наукову новизну. Застосування цього методу дозволить підвищити варіативність розв'язків оптимізаційних задач, збільшити кількість вихідних факторів. Збільшення кількості вихідних факторів, що будуть враховані у моделюванні, підвищить адекватність побудованої моделі.

Перспективи подальших досліджень. На нашу думку, подальші дослідження слід розвивати у бік збільшення кількості базисних точок, що визначають ребра ДПК в обох параметричних напрямках; у бік з'ясування причин та запобігання появи неконтрольованих точок перегину на лініях ДПК.

1. Адоньєв Є.О., Верещага В.М., Найдиш А.В. Застосування геометричних матриць для утворення точкових рівнянь Б-поверхонь / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага, А.В. Найдиш // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2018. - Вип. 8, Т.1. - С. 153-160.

2. Адоньєв Є.О., Верещага В.М. Концептуальні засади використання композиційного методу геометричного моделювання при формуванні оптимального портфелю проєктів з енергозбереження в навчальних закладах. / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького; гол. ред. кол. А.В. Найдиш. - Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. - Вип. 9. - С. 3-10.

3. Адоньєв Є.О., Верещага В.М. Один із способів геометричної формалізації ситуацій окремого фактору / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького; гол. ред. кол. А.В. Найдиш. - Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. - Вип. 10. - С. 5-16.

4. Адоньєв Є.О. Композиційний метод геометричного моделювання: Монографія / Є.О. Адоньєв. - Мелітополь: ФОП Одрог Т.В., 2017. - 98 с.

5. Адоньєв Є.О., Верещага В.М. Особливості Б-ліній, Б-поверхонь, визначення, переваги та можливості застосування у композиційному методі геометричного моделювання / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага // Вісник Херсонського національного технічного університету. - Херсон: ХНТУ, 2017. - Вип. 3(62). Т.2. - С. 249-255.

6. Адоньєв Є.О., Верещага В.М. Розробка та дослідження властивостей геометричних матриць / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага // Вісник НТУ «ХП». 2017. №33(1255) - С. 13 - 17.

7. Адоньєв Є.О. Композиційний метод геометричного моделювання багатofакторних систем: дис. докт. техн. наук. - К.: КНУБА, 2018. - 512 с.

8. Балюба И.Г. Конструктивная геометрия многообразий на основе точного исчисления. Автореф. дисс. докт. техн. наук. - К.: КГТУСА, 1995.-36 с.

9. Балюба И.Г. Точечное исчисление [учебное пособие] / И.Г. Балюба, В.М. Найдыш; под ред. Верещаги В.М. // Мелітополь: Изд-во МГПУ ім. Б.Хмельницького. - 2015. - 234 с.

10. Верещага В.М. Геометрична формалізація у моделюванні процесів термореновації будівель / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага, А.В. Найдиш, В.О. Лебедев, Д.В. Спірінцев // The development of technical sciences: problems and solutions: Conference Proceedings. - April 27-28, 2018. - Vno: Baltija Publishing. - Pages 132-134.

11. Верещага В.М., Адоньєв Є.О. Монофакторний принцип побудови моделі багатofакторних задач термореновації будівель / В.М. Верещага, Є.О. Адоньєв // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького; гол. ред. кол. А.В. Найдиш. - Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. - Вип. 7. - С. 24-31.

12. Верещага В.М. Композиційне геометричне моделювання: Монографія / В.М. Верещага. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В. – 2017. – 108 с.
13. Лисенко К.Ю. Особливості композиційного геометричного моделювання / К.Ю. Лисенко, А.В. Найдиш, І.Г. Балюба, В.М. Верещага // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К., 2019. – Вип. 95. – с. 131-137.
14. Лисенко К.Ю. Розробка узагальненої техніки алгебраїчного формування Б-функцій для трьох точок / К.Ю. Лисенко, Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2016. – №50.
15. Лисенко К.Ю. Розробка узагальненої техніки алгебраїчного формування Б-функцій для чотирьох точок / К.Ю. Лисенко, Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – №16.
16. Семендяев К.А., Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. инд. перераб. [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1980, - 996с.

UDC 517.938

H.M. Hubal

Lutsk National Technical University

ANALYSIS OF MUTUAL SYNCHRONIZATION OF COUPLED SELF-OSCILLATING BIOLOGICAL SYSTEMS

Губаль Г. М. Аналіз взаємної синхронізації зв'язаних автоколебальних біологічних систем. У статті досліджено зв'язані автоколебальні біологічні системи і проаналізовано їхню взаємну синхронізацію. Наведено приклади таких систем.

Ключові слова: синхронізація, автоколебальна система, клітина, біологічна система.

Літ. 3.

Губаль Г. Н. Анализ взаимной синхронизации связанных автоколебательных биологических систем. В статье исследованы связанные автоколебательные биологические системы и проанализировано их взаимную синхронизацию. Приведены примеры таких систем.

Ключевые слова: синхронизация, автоколебательная система, клетка, биологическая система.

Лит. 3.

Hubal H. M. Analysis of mutual synchronization of coupled self-oscillating biological systems. In the article, coupled self-oscillating biological systems are studied and their mutual synchronization is analyzed. Examples of such systems are given.

Keywords: synchronization, self-oscillating system, cell, biological system.

Bibl. 3.

Introduction. There are auto-oscillations and the mutual synchronization of these oscillations in the life of individual cells and cell groups. Various cell organelles such that the nucleus, ribosomes, mitochondria oscillate changing their shape and volume [1-3].

For example, periodic changes in the size of cell nuclei (oscillations of cell nuclei) were observed in the suspension of ascid cell carcinoma of Ehrlich (a special type of cancer cells). The period of reproduction, that is the time from one division to the other for this type of cells is about one day. During the life of these cells, their nuclei have time to shrink, and then swell 25-30 times.

Oscillations of cell nuclei promotes a more intense metabolism between the nucleus and the cytoplasm of the cell, in particular the more intense exchange of molecules that carry genetic information. Since there was a periodic change in the average size of nuclei, and averaging was performed on many thousands of cells, it can be argued that the oscillations of the nuclei in these cells are synchronized, that is, there is a mutual synchronization. Otherwise, on average, no periodic change in size would have been observed.

Main part. Consider synchronization of oscillations in biological systems.

Two periodic processes will be synchronous if their frequencies are equal or multiple to one another, and the phase shift over time stays constant.

Let in the case of synchronous harmonic oscillations in the antiphase we have oscillations:

$$x_1(t) = a \sin \omega t, \quad x_2(t) = a \sin(\omega t - \pi) = -a \sin \omega t.$$

Then the sum of these oscillations has the form

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = 0.$$

In the case of synchronous sinusoidal oscillations with zero phase difference

$$x_1(t) = a \sin \omega t, \quad x_2(t) = a \sin \omega t,$$

we have the sum of these oscillations

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = 2a \sin \omega t.$$

As we can see, in this case, the amplitude of the total oscillation doubles.

If we sum up two non-synchronous processes which are described, for example, by equations

$$x_1(t) = a \cos \omega_1 t, \quad x_2(t) = a \cos \omega_2 t$$

with slightly different frequencies (that is

$$|\omega_1 - \omega_2| \ll \omega_1 \approx \omega_2), \quad (1)$$

then the total oscillation

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = a \cos \omega_1 t + a \cos \omega_2 t,$$

in this case, has the beat shape (Fig. 1). Let us show it.

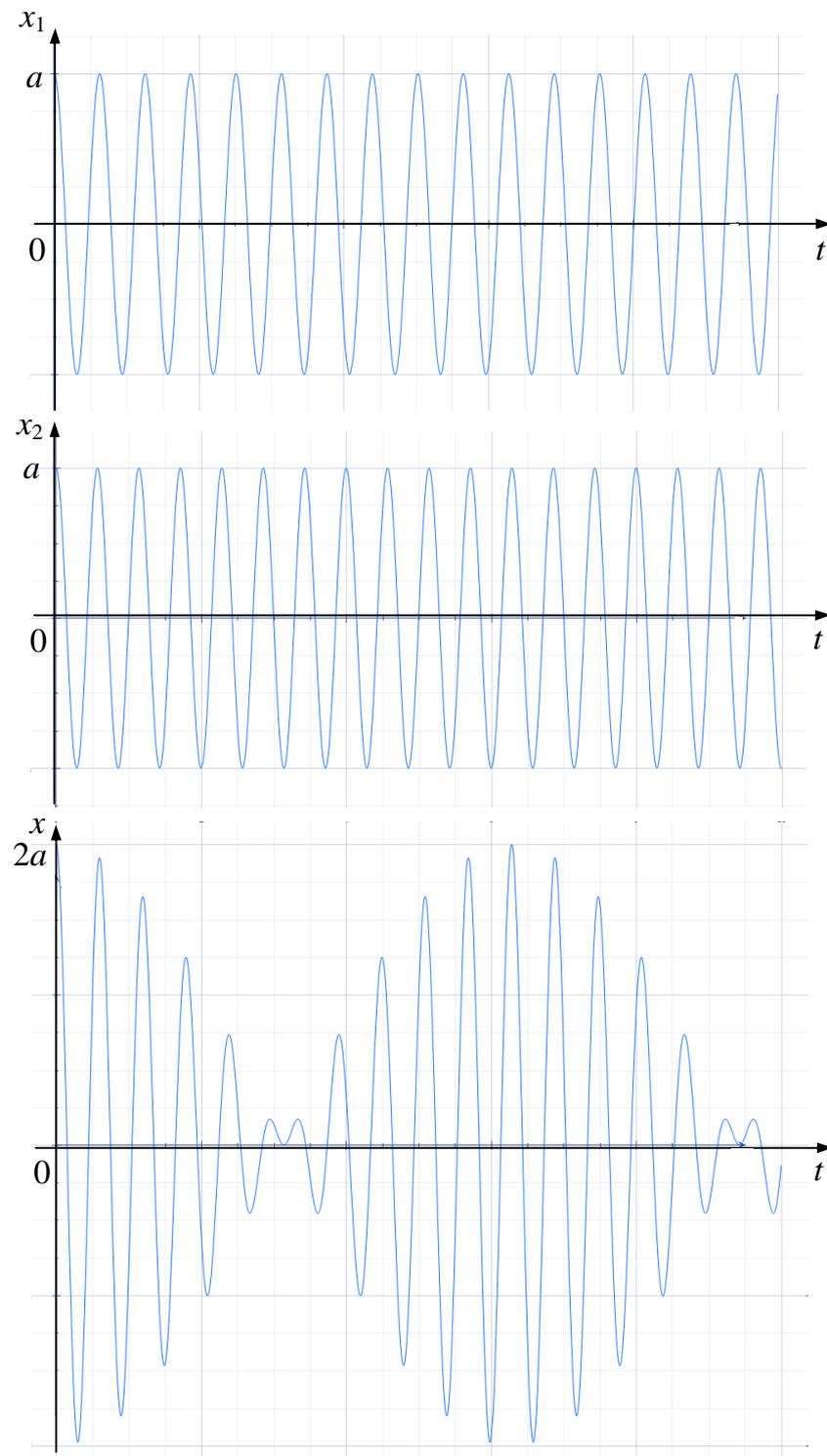


Fig. 1

The sum of these oscillations has the form

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = a(\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t) = 2a \cos \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \cos \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t.$$

We denote the value $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ by ω , and the value $\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$ by Ω . Then we obtain the total oscillation

$$x(t) = 2a \cos \omega t \cos \Omega t = X_1(t)X_2(t), \quad (2)$$

where

$$X_1(t) = \cos \omega t = \cos \frac{2\pi}{\tau} t, \quad X_2(t) = 2a \cos \Omega t = 2a \cos \frac{2\pi}{T} t,$$

$\tau = \frac{2\pi}{\omega}$ is the period of oscillations, and $T = \frac{2\pi}{\Omega}$ is the beat period.

Note, taking into account inequality (1), we can assume that

$$\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} = \omega \approx \omega_1 \approx \omega_2, \quad \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} = \Omega \ll \omega.$$

The obtained expression (2) determines the shape $x(t)$ in the form of beat (Fig. 2). We put $a = 1$ in figures.

As we can see, the graphs of the function $x(t)$ are the same in Fig. 1 and Fig. 2. The graph of the function $x(t)$ is obtained by means of the sum $x_1(t) + x_2(t) = x(t)$ in Fig.1, and by means of the product $X_1(t)X_2(t) = x(t)$ in Fig. 2.

If we form the sum of n synchronous oscillations with the frequency ω and with zero phase shift, then we obtain oscillations with the same frequency. In this case, the amplitude of the total oscillation is greater than the amplitude of the summands n times. We will not get anything like this if we add n non-synchronous oscillating processes with similar frequencies. If the sum of two non-synchronous oscillations with close frequencies has the correct beat shape, then the sum of n such oscillations will already have the form of a rather complex curve.

Self-oscillating systems are capable of automatic mutual synchronization if they are interconnected. So, if you connect the self-oscillating systems to one system, then you do not have to think about special devices that will provide synchronization, - it arises itself.

The self-oscillating system is described by a stable boundary cycle and its amplitude is stable with respect to deviations away from the boundary cycle. However, if a point, as a result of any third-party action, jumps forward or back along the boundary cycle, then no force will return it to the previous place. Self-oscillating systems are not stable with respect to changes in the phase of oscillations. Therefore, even identical, non-interconnected self-oscillating systems, first, oscillate in one phase, synchronously, under the action of random jerks, will change the phase of oscillations in time, and, thus, the sum of their oscillations will be an oscillating process with random beat. If there is a sufficient connection between self-oscillating systems (in the case of chemical oscillators, the exchange of substances by means of diffusion), then self-oscillations in these systems become synchronous, even if the frequencies of oscillations in these systems do not differ significantly from one another.

One example of synchronous oscillations in biological systems is the work of the heart.

The work of the heart is one of the most perfect self-oscillating systems created by nature. Correctness of the work of the heart is determined by the synchronous work of entire groups of muscles, which provide alternating contraction of the ventricles and atria. The synchronization of this work is provided by a sinus node which produces with a certain frequency synchronizing pulses of electrical voltage. If the synchronous mode of heart muscle contraction is violated, then the so-called fibrillation may occur that are chaotic cramps of individual fibers of the heart muscle, which, if not applied to emergency measures, lead to the death of the body. Urgent measures consist in violent synchronization of the heart by means of special massage or by means of electrical impulses from the laboratory generator. Sometimes a miniature electronic synchronizing pulse generator is even implanted in the body. The synchronization of the oscillations of the heart muscle passes at the physiological level, in which the nervous system plays a major role.

If the cells with oscillating nuclei are bound in any way with each other, then the oscillations in each of the cells must be synchronized.

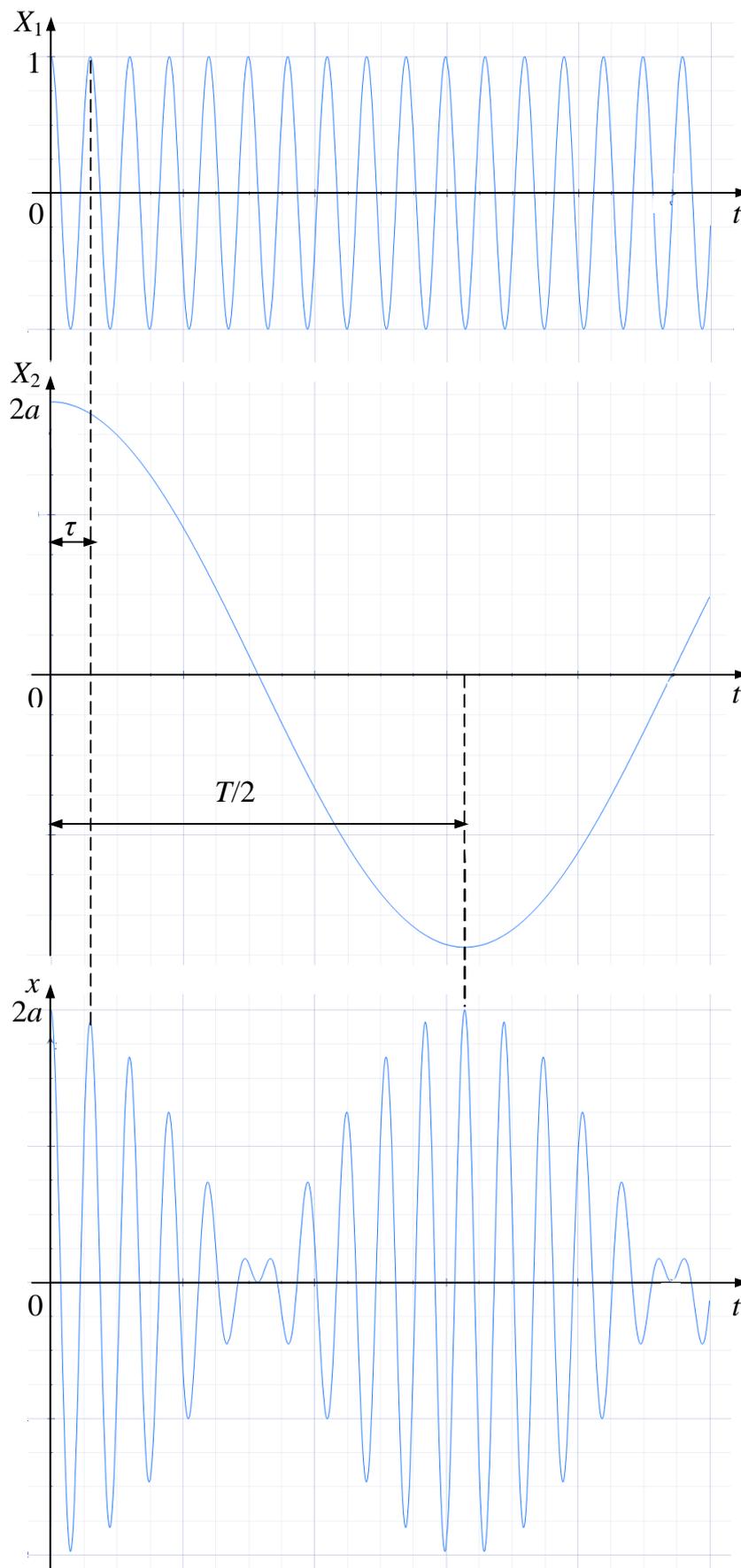


Fig.2

Let the cells be located in some volume V in suspension in the physiological solution (Fig.3, metabolism between cells and the environment is depicted by arrows).

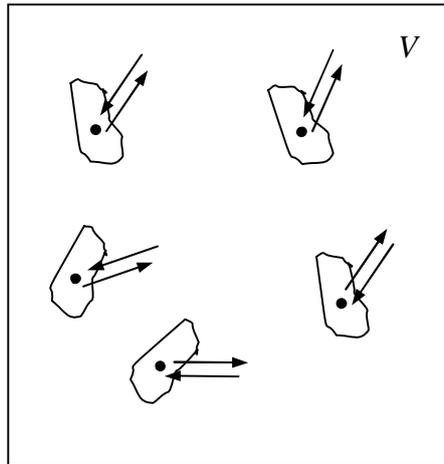


Fig. 3

Assuming that the nuclei periodically emit active substances in the cytoplasm, it can also be assumed that some of these active substances or products formed under the action of these substances penetrate through the cell membranes into the liquid in which the cells float. We denote these products with the letter P , and the active substances with the letter S . You can, for example, present such a mechanism of pulsation of the nucleus. The nucleus swells under the pressure of the substances S produced therein, and this swelling continues until there are enough products P in the cytoplasm (off-nucleous content) of the cell. If these products are used or diffused through the membranes of the cells outside, then the nucleus is shrunk, the cytoplasm is enriched with the active substance S , the presence of which leads to the formation of products P .

Thus, the scheme of regulation of oscillations may look as follows: the product P allows the swelling of the nucleus. If it is less than a certain threshold, then the nucleus shrinks and releases the active substance S , which leads to the formation of P , etc.

We now turn to the mutual synchronization of the oscillations of nuclei in separate cells. According to our assumption, the molecules of P fall into the intercellular environment. Assuming that they may partially fall into the middle of the cell from the outside, then it may turn out that the excess of the molecules of P that came from one cell falls into the middle of the neighbouring cell and will delay the moment of the shrinkage of the nucleus in that neighbouring cell. On the other hand, if in the intercellular environment the substance P was found to be inadequate, then it would diffuse more intensively from the cell where it is abundant. Therefore, the moment of the shrinkage of the nucleus can occur earlier.

It follows that if there is a variation in the number of molecules of the product P in one of the cells, it can cause a delay or acceleration of the shrinkage of the nucleus in the neighboring cells. And this is a necessary condition for the occurrence of synchronous oscillations of nuclei in neighboring cells.

First, let the oscillation of nuclei in cells be non-synchronous. Then, the total concentration of the substance P in the intercellular environment as a function of time will have the form of a complex curve. As more and more cells with synchronous oscillating nuclei become more in the suspension, the dependence of the concentration of the substance P on time in the intercellular environment becomes more and more similar to the correct periodic function, which means that mutual synchronization will be carried out more easily. Thus, here we have the case of many connected (parallel-connected) operating synchronous and in-phase generators, only they produce the substance P instead of the electricity, and the intercellular environment is the load for cell generators.

Consider, for example, the coexistence of rice and hares. The oscillation in the number of these animals is based on the collection of data from a large area, which is separated by rivers and other natural barriers to separate areas, the combination between which for animals may be in one way or another complicated.

Assume that these areas are completely isolated from each other. Then in each of these areas the number of rice and hares would change in a oscillating manner. However, the phases and frequencies of the oscillations in these isolated areas would be independent. Then there could not be observed noticeably periodic process throughout the territory in average, but there would be purely random deviations from some middle level. If we now assume that at some moment a part of the animals can flow from one area to another (diffuse through obstacles), then the process of mutual synchronization of oscillations will go. After some

time of establishment (from the beginning of the oscillation), the number of individuals will be synchronized in all its areas throughout the territory. Here we deal with the same general principle as in the case of the mutual synchronization of cell nucleus shrinkage. If oscillations can occur in separate parts of a complex system and there is a connection between these parts, then sooner or later the oscillations will become synchronous.

There are also oscillations in the size and shape of mitochondria and ribosomes in the cells. Synchronous oscillations of these organelles can take place at a much higher frequency than the oscillations of the nuclei, namely, with the frequency of order of ten oscillations per second. The mutual synchronization of these oscillations can be due to the connection through metabolites of the cytoplasm (i.e., through substances formed in the off-nucleus cell protoplasm as a result of metabolism). You can imagine and completely different ways of connection, for example, by means of acoustic or electromagnetic waves, which are emitted and absorbed by the oscillating molecules, from which these organelles are constructed.

The above-studied oscillating regime for living organisms gives:

- coordination in time of the course of various biochemical processes;
- the presence of the mechanism of "biological clock";
- all types of movements from the beats of cilia and flagella (which are the organs of movement of the simplest unicellular organisms), and the movement of the protoplasm (the content of the cell) to the rhythmic contraction of the heart and the work of transversely muscle;
- interaction of cells in the process of morphogenesis, that is the formation of tissues and organs in the developing organism;
- the main mechanism of the enzymes

Conclusions. Coupled self-oscillating biological systems are studied and their mutual synchronization is analyzed. Examples of such systems are given. It is shown what the studied oscillating regime gives for the existence of living organisms.

1. Anastassova-Kristeva M. The nuclear cycle in man / M. Anastassova-Kristeva // Journal of cell science. – Vol. 25. – 1977. – P. 103-110.
2. Tait Stephen W.G. Mitochondria and cell signaling / Stephen W.G. Tait, Douglas R. Green // Journal of cell science. – Vol. 125. – 2012. – P. 807-815.
3. Thomson E. Eukaryotik ribosome biogenesis at a glance / E. Thomson, S. Ferreira-Cerca, E. Hurt // Journal of cell science. – Vol. 126. – 2013. – P. 4815-4821.

УДК 622.232.8

Каганюк О.К. к.т.н., доц., Поліщук Т.О.
Луцький національний технічний університет

ВИМОГИ ЩОДО ФУНКЦІЙ ЯКОСТІ УПРАВЛІННЯ ВУГЛЕВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ В РІЗНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ.

Каганюк О.К., Поліщук Т.О. Вимоги щодо якості управління вуглевидобувним комбайном в різних гірничо-геологічних умовах. В даній статті проводиться аналіз та будова систем автоматичного управління вуглевидобувними комбайнами для можливої роботи в складних гірничо-геологічних умовах. Наведена перспективна і раціональна система автоматичного управління, яка може працювати в складних гірничо-геологічних умовах

Ключові слова: вугільно-добувний комбайн, система автоматичного управління, багатоконтурна система, двоконтурна система.

Каганюк О.К., Полищук Т.А. Требования к качеству управления угледобывающими комбайном в различных горно-геологических условиях. В данной статье проводится анализ и построение систем автоматического управления угледобывающими комбайнами для возможной работы в сложных горно-геологических условиях. Приведенная перспективная и рациональная система автоматического управления, которая может работать в сложных горно-геологических условиях

Ключевые слова: угольно-добывающий комбайн, система автоматического управления, многоконтурная система, двухконтурная система.

Kaganyuk OK, Polishchuk T.A. Requirements to the quality of management of a vulgil-shaped by-field combine in various mining and geological conditions. This article analyzes and builds up automatic control systems for coal-mining combines for possible work in difficult mining and geological conditions. Given a promising and rational system of automatic control, which can work in complex mining and geological umavah

Key words: coal mining combine, automatic control system, multi-loop system, dual-circuit system.

Сучасні вимоги до систем автоматичного управління забійним обладнанням припускають вирішення **проблеми** інтенсивного і високопродуктивного видобутку вугілля без постійної присутності людей в забої.

Однією із важливих підсистем управління являється автоматичне управління вуглевидобувним комбайном в профілю пласту. До цього часу ця задача не вирішена, що дозволяє неможливим виведення машиніста (оператора) із лави і є **актуальним** на теперішній час. Необхідність постійної присутності оператора вуглевидобувного комбайна слідкувати за положенням ріжучих органів по висоті захвату і процесом різання не дозволяє оператору вуглевидобувного комбайна вийти із зони підвищеної небезпеки.

На вирішення даної **проблеми**, були направлені зусилля більшого числа вчених і наукових колективів як в нашій країні так і за кордоном. Як правило роботи проводились в двох важливих напрямках: створення засобів контролю границі «порода – вугілля» і створення систем автоматичного управління вуглевидобувними комбайнами в профілі пласту (САУ ПП).

Відмітимо, що ці два напрямки пов'язані між собою таким чином, що безнадійного апаратного засобу контролю границі «порода-вугілля» неможливо вирішити проблему управління в цілому. З іншої сторони, тип, характеристика і місце встановлення датчика «порода-вугілля» в більшості впливає на параметри і принцип роботи системи автоматичного управління [1, 2, 3]

Використовуючи сучасні методи контролю границі поділу, у нас буде можливись сформулювати вимоги щодо створення підсистеми управління вуглевидобувними комбайнами в профілі пласта.

Доцільно буде використовувати датчики «порода – вугілля» які показали себе на іспитах працездатними і менш залежні від збуджень і перешкод, які можуть зустрічатися в процесі видобутку вугілля в складних гірничо – геологічних умовах праці даного комбайну [8].

Область використання вищезгаданих датчиків, над створенням яких працював і один із авторів даної статті, дає можливість встановити безпосередньо на ріжучому органі вуглевидобувному комбайні, що виключає транспортне запізнення в отриманні реальної інформації, контролюючого середовища. При глибинності в 50 мм товщини вугільної пачки досягнута нечутливість коливанням повітряного зазору до 150 мм, що зменшує вплив вібрації ріжучого органу і нерівностей поверхні на показники датчика «порода – вугілля» (ДПВ) Принцип роботи ДПВ (по чутливості до зольності і

щільності) забезпечує його найбільш широку область використання. Другим етапом створення ДПВ, було необхідним визначити його працездатність, яка основана на контролі природної радіоактивності вугленосних порід. В даному напрямку роботи проводились як в нашій країні, так і за кордоном., це в Радянському Союзі, США, Великобританії [4, 9, 10, 11].

Область використання ДПВ пов'язана з його більшою глибинністю вимірювання до 500 мм при нечутливості до коливань повітряного зазору в діапазоні до 700 мм. Відносно великі габарити припускають його установку безпосередньо на корпусі комбайна або на спеціальній конструкції.

З використанням ДПВ вказаних типів можна створити різні по принципу побудови і функціональним можливостям системи автоматичного управління вугледобувними комбайнами в профілі пласту.

Слід відмітити, що **практична реалізація систем** управління в профілі пласту не привела до створення довгострокових працюючих надійних регуляторів і систем управління. У вітчизняній і закордонній практиці відсутні відомості про забори з постійно працюючими системами управління комбайна в профілі пласту. Існує ряд причин, важливіша з яких - низька надійність апаратури в умовах очисного забою. Підвищення складності розроблювальних систем тягне за собою ріст числа відмов. При цьому при розробці системи нового покоління, висувається вимога максимальної простоти і надійності реалізованих технічних засобів. Явним фактором, перешкоджаючим тривалому використанню САУ ПП являється обмеженість їх функціональних можливостей. Так, використання одноконтурних САУ ПП [4.] здійснюють лише управління плоско-паралельним переміщенням ріжучих органів комбайна, не дозволяє виробляти безперервне управління на значній довжині пласту по простяганню, оскільки в цьому випадку не представляється можливість відслідкувати природні зміни кута залягання вугільного пласту [2, 4]. Крім того, в цьому випадку виключається можливість проходження в автоматичному режимі ділянок з гірничо – геологічними порушеннями (ГПП). Теоретичне обґрунтування доцільності по розширенню функціональних можливостей будови систем автоматичного управління вугледобувними комбайнами частково дається в роботі одного із авторів [4], де вказується на ряд переваг за допомогою яких, є можливість створити унікальну систему автоматичного управління вугледобувними комбайнами.

У процесі управління ріжучим органом вугледобувного комбайна машиніст (оператор) орієнтується за зміною потужності пласта, наявності під нижнім ріжучим органом (РО) вугільної пачки або породи, оцінює подстибокку забійного конвеєра і нахил рештаків даного конвеєра. Візуально контролює наявність уступів на ґрунті пласта, факт появи і наявність гірничо - геологічних порушень. Очевидно, що автоматизація цих функцій, вимагає інтеграції в системі управління відповідної інформації, джерелом якої є набір необхідних датчиків. Необхідною умовою є також можливість автоматизації ручних операцій управління вугледобувним комбайном в профілі пласта.

У зв'язку з цим для заміни ручного управління комбайном в профілі пласта автоматичним, необхідно :

- Мати замкнутий розмірний ланцюг від породи ґрунту до кровлі пласта, яка може бути забезпечена датчиками контролю границі «порода – вугілля», як у «почві» пласта, так і кровлі;

Система повинна мати датчиками лінійних переміщень ріжучого органа відносно корпусу комбайна;

- Здійснювати корекцію кутового положення комбайна ,який випадковим чином може відхилитись від кута природного залягання вугільного пласта по простяганню;

- Автоматично обмежувати висоту сходинки на «ґрунті» пласта, забезпечуючи безперешкодно засувку забійного конвеєра на нову «машинну дорогу»;

- передбачити можливість проходу за заданою програмою ділянок з гірничо - геологічними порушеннями;

- Забезпечити прийнятну точність спостереження ріжучими органами за профілем «почви» пласта в стаціонарному режимі управління.

З точки зору функціонування механізованого комплексу, система управління в профілі пласта повинна відповідати наступним вимогам, котрі ранжовані за важливістю:

1. Формувати рельєф ґрунту пласта, прийнятний для механізованого пересування забійного конвеєра в напрямку посування забою з урахуванням всіх обмежень, що накладаються допустимими кутами перекосу рештаків і величиною сходинок на «почві» пласта;

2. Здійснювати виїмку вугільного пласта такої потужності, при якій безперешкодно відбувається пересування секцій кріплення комплексу незалежно від гірничо - геологічних умов;

3. Формувати рельєф покрівлі, що забезпечує максимальну площу контакта з верхняками секції кріплення;

4. Забезпечувати прийнятну точність спостереження ріжучого органу за профілем «почви» і «кровлі» пласта при спокійній гипсометрії вугільного пласта.

Перше найбільш важлива вимога, обумовлено конструктивними параметрами забійного конвеєра і технологічними особливостями процесу пересування.

До конструктивних параметрів належать, перш за все, довжина і ширина конвеєра, а також максимально допустимі кути прогину між рештками по довжині забою до (+ - 30) і скручування в напрямку посування від 10 до 20.

Технологічні особливості полягають в тому, що висота сходинки на почві «нової» машинної дороги повинна вибиратися з урахуванням можливостей безперешкодного підйому рештаков забійного конвеєра при його пересуванні на штибовій подушці середньої величині. Нескладний розрахунок показує, що при довжині рештака 1,9 м, прийнятої для перспективних забійних конвеєрів, є величина підйому нижнього ріжучого органу, РВ, вугледобувного комбайна, щодо полки конвеєра, не повинна перевищувати 30 мм на довжині рештака. Звідси випливає, що в систему автоматичного управління вугледобувними комбайнами в профілі пласта (САУ ПП) повинна надходитись інформація про шляхи проходження комбайном уздовж забою. Така інформація може бути отримана або за допомогою датчика шляху, або від датчика швидкості подачі. Обидва ці пристрої входять до складу розробленої НУО «Автоматгормаш» системи автоматичного управління комбайном типу «САУК М».[2, 5]

Число керуючих впливів на виході САУ ПП, тобто команд на зміну положення ріжучого органу по довжині рештака і величиною відпрацювання, повинні вибиратися виходячи з особливостей системи управління (типу датчик «порода - вугілля» ДПУ і місця його установки, виду обробки інформації - аналоговий або цифровий, характеристики гідродомкратів і інше.

З вищевикладеного випливає також, що для зменшення величини сходинки на почві пласта і забезпечення допустимого кута скручування рештаків, доцільно управляти положенням ріжучого органу шляхом нахилу комбайна щодо забійного борту конвеєра, причому величина кутового зміщення на довжині рештака не повинна перевищувати (10 20) мм.. Крім того, для компенсації постійного впливу підштибовки, під дією якої забійний конвеєр має тенденцію до «спливання» при пересуванні, може взагалі виявитися бажаним мати вихідний нахил на забій з кутом до 10^0 , при цьому кутові зубки ріжучого органу комбайна у грудях забою будуть розташовані нижче рівня конвеєра. Величина початкового нахилу вугледобувного комбайна повинна визначатися для конкретних комплексів в залежності від якості зачистки почви пласта. Виїмка пласта зазвичай проводиться або на повну потужність, або з залишенням запобіжної вугільної пачки в покрівлі або почви пласта, при появі гірничо - геологічних порушень, що зводяться до різного виду змін потужності вугільного пласта і його просторової орієнтації. Виникає необхідність певного обмеження ріжучих органів впливати на рельєф почви пласта, навіть якщо вплив і викликані справжнім станом границі розділу «порода - вугілля» в почві пласта або в кровлі вугільного пласта.

Дійсно, якщо, наприклад, потужність пласта змінилася в межах, що перевищують можливості раздвижки домкратів секцій кріплення, то виймаємою потужність вугільного пласта, слід обмежити незалежно від того, що при цьому буде мати місце залишення вугільної пачки.

При стоншування пласта система повинна забезпечувати мінімально необхідну для безперешкодного посування комплексу висоту захоплення ріжучого органу за рахунок присечки вмещаючих порід. Якщо нахил пласта в напрямку посування забою описується радіусом, меншим мінімального радіуса вписуємої комплексу (зазвичай 25 - 30 м), то відповідне управління кутом нахилу вугледобувного комбайна на кожному циклі повинно бути обмежено так, щоб при посування комплексу витримувався допустимий радіус кривизни вугільного пласта..

Ці обмеження можуть бути введені за допомогою, наприклад, звичайних кінцевих вимикачів максимально і мінімально допустимої висоти захоплення ріжучого органу, максимального кута нахилу комбайна, максимально допустимої висоти нижнього ріжучого органу і т. п.

Сукупність цих обмежень утворюють жорстку внутрішню програму, закладену в регулятор і автоматично вступає в дію при наявності гірничо - геологічних порушень.

Основою для аналізу характеристик, опису основних елементів і параметрів системи управління, необхідно для подальшого вивчення шляхом математичного моделювання процесу управління в профілі пласта, є узагальнена структурна схема, що відпрацьовує всі елементи і взаємодії САУ ПП і прийнятий спосіб управління, наведена в [4].

Дана структурна схема складена з урахуванням окремих функціональних блоків САУ ПП (рис. 1) і містить три гілки управління:

- По почві пласта (регулятор);
- По кровлі пласта (регулятор);
- Кутом нахилу комбайна (УНК).

Крім того, є блок програмного управління, що здійснює автоматичне вожіння в ситуаціях з гірничо - геологічними порушеннями. [4]

Вихідна дія, яка утворюється на виході системи підсумовуючи в часі з вихідними сигналами різних контурів управління, які аналізуються датчиком контролю «порода - вугілля» ДПВ, як по контуру що управляє верхнім ріжучим органом, так і нижнім ріжучим органом. Це дає можливість проводити апроксимацію в засобах управління цілою системою

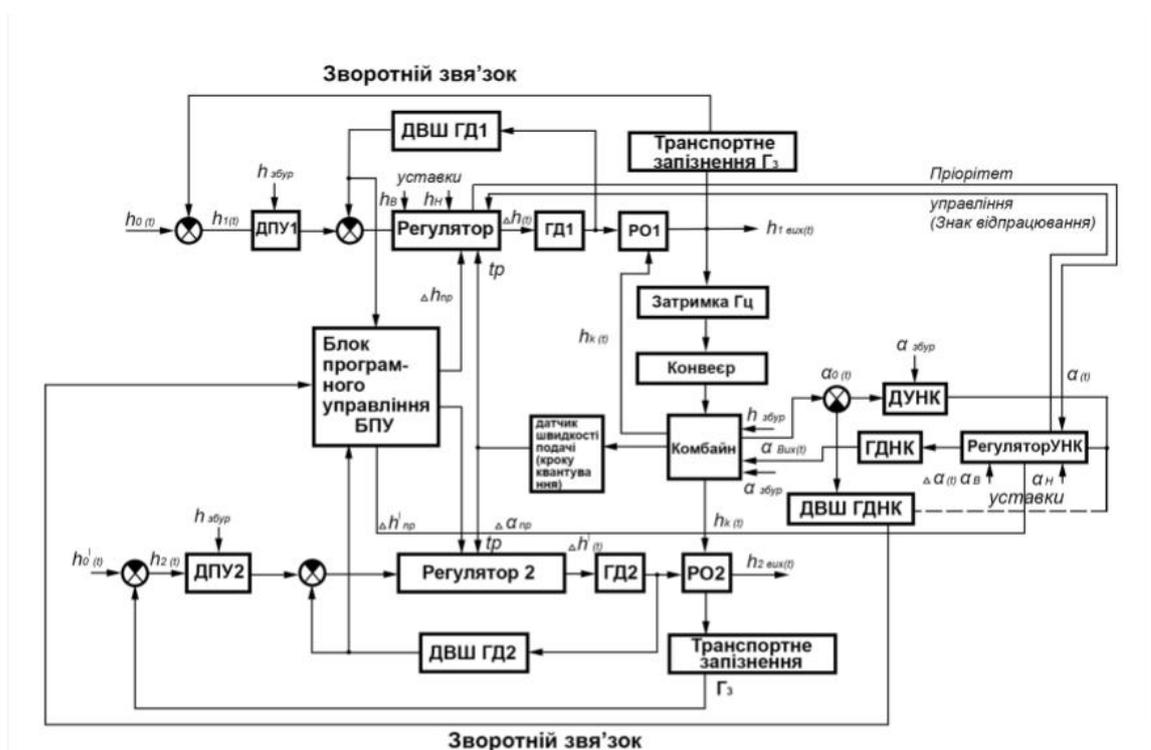


Рисунок 1. Блок схема автоматичного управління вуглевидобувним комбайном, яка охоплює усі вимоги щодо якості розбудованої системи

Висновки.

На основі проведенного аналізу серед існуючої і перспективної техніці, що розробляється для видобування вугілля в умовах складних гірничо – геологічних порушень, було рекомендовано:

1. Впровадити надійні пристрій, які могли би контролювати границю поділу між «породою» та вугіллям.
2. Сосередити увагу на використанні в наступному впровадженні більш раціональних методів контролю таких, як радіоакційний метод контролю товщини вугільного прошарку. Що дає можливість побудувати слідуючу підсистему.
3. В сучасних системах управління необхідно враховувати можливість контролювати нахил комбайну.

1. Каганюк О.К. (2015) «Рівняння некерowanego руху вуглевидобувних машин» Каганюк О.К. Науковий журнал «Комп'ютерно – інтегровані технології. Освіта, наука, виробництво» Луцьк 2015, випуск №18, с. 121 – 126

2. Каганюк О.К. (2017) «Аналіз систем автоматичного керування вугільно – добувними комбайнами в складних гірничо – геологічних умовах» Каганюк О.К. Науковий журнал «Комп'ютерно – інтегровані технології. Освіта, наука, виробництво» Луцьк 2017, випуск №26, с. 188 – 193
3. Каганюк О.К. (2013) «Використання алгоритмів для дослідження рухомих об'єктів». Каганюк О.К., Шолом П.С. Науковий журнал «Комп'ютерно – інтегровані технології. Освіта, наука, виробництво» Луцьк 2013, випуск №12, с. 107 – 110.
4. Каганюк А.К. Исследование и разработка двухконтурной системы автоматического управления в профиле пласта угледобывающими комбайнами, работающими со става конвейера: Дис. На соиск. учен. Степ. канд. техн. наук/ МГИ., М., 1984. – 219с.
5. Kahanyuk O.K., Polishchuk M.M., Bortnyk K.Y., Kostiuchko S.M. Analysis of reasoning of the basic parameters of control of coal mining combines in the seam profile / Advances of Science: Proceedings of articles the international scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary – Ukraine, Kyiv, 13 April 2018 [Electronic resource] / Editors prof. L.N. Katjuhin, I.A. Salov, I.S. Danilova, N.S. Burina. – Electron. txt. d. – Czech Republic, Karlovy Vary: Skleněný Můstek – Ukraine, Kyiv: MCNIP, 2018. – P. 30-37.
6. Каганюк О.К., Поліщук М.М., Самарчук В.Ф., Гринюк С.В. Конструктивні особливості вугільно видобувних машин та комплексів і їх класифікація як об'єктів автоматичного управління в площині вугільного пласта // Науковий журнал “Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво” – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 32. – 2018. – С. 53-64 (1.375 др.арк.) (*IndexCopernicus*)
7. Каганюк О.К., Поліщук М.М., Гринюк С.В. Обоснование основных параметров системы автоматического управления угледобывающими комбайнами в профиле пласта// О.К. Каганюк, М.М. Поліщук, С.В. Гринюк // Міжнародний науковий журнал «ОСВІТА І НАУКА»/ ред. кол.: Т.Д. Щербан (гол. ред.). - Мукачєво-Ченстохова: РВВ МДУ; Академія ім. Я. Длугоша, 2018.- Вип. 2(25).- С.37-46
8. А.С. №1270321 (СССР) Система автоматического управления комбайном в профиле пласта. / «НПО Автоматгормаш»: Каганюк А.К., Евстафьев Д.И. и др. Приоритет изобретения 01.04.85г. № 3875725; Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР 15.07 1986г.
9. А.С. № 1270323 (СССР) Способ автоматического управления очистным комбайном по гипсометрии пласта и система для его осуществления Каганюк А.К., Евстафьев Д.И. и др. Приоритет изобретения 22.04.85г. № 3908263; Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР 15.07 1986г.
10. Core H/R/ Philosophy and future developments of ROLF. – The Mining Engineering 1965g/ V/125, №62.
11. Патент. 1.187.374(Анг.). Improvements in underframe for cool cutting machines/ L.I. Madden. Заявлено 08.04.70.кл. E21c.

УДК 620.91, 620.92

Kostiuchko S., Holovan M.

Lutsk National Technical University

ANALYSIS OF BASIC ELECTRICITY GENERATION SYSTEMS

Костючко С., Головань М. Автоматична двохосьова система стеження за сонцем. У даній статті проаналізовано основні джерела видобутку електроенергії. Продемонстровано їх переваги та недоліки. Досліджено найперспективніший з них. Наведено перспективи розвитку сонячних електростанцій. Відмічено основні види та методи монтажу досліджуваних станцій.

Ключові слова: електростанція, трекер, сонячна панель, енергоефективність.

Костючко С., Головань Н. Автоматическая двухосевая система слежения за солнцем. В данной статье проанализированы основные источники добычи электроэнергии. Продемонстрировано их преимущества и недостатки. Исследовано самый перспективный из них. Приведены перспективы развития солнечных электростанций. Отмечено основные виды и методы монтажа исследуемых станций.

Ключевые слова: электростанция, трекер, солнечная панель, энергоэффективность.

Kostiuchko S., Holovan M. Automatic bicosonic system surveillance of the sun. This article analyzes the main sources of electricity generation. Their advantages and disadvantages are demonstrated. The most promising of them is investigated. Prospects of solar power stations development are presented. The main types and methods of the studied stations installation are noted.

Keywords: power plant, tracker, solar panel, energy efficiency.

Introduction

A modern person does not imagine himself without the latest technology, the latest gadgets. But all these devices need power and consume not a small amount of electricity for the production of which mankind spends no effort. Ways of extracting this most popular resource are quite different from the most dangerous to the environmentally friendly. After all, with the large use of resources sharply appears the problem of pollution. We will analyze the main types of electricity generation their advantages and disadvantages.

Types of power plants.

Thermal power plant (TPP) is a power plant in which primary energy has a chemical form and is released by combustion of coal, liquid fuels or gas.

The main advantages include the low cost of consumed fuel; small investment; free accommodation; low cost of energy.

Disadvantages: high degree of environmental pollution; significant expenses for the operation of plants; have no binding to a specific area; small placement area.

Nuclear Power Plant (NPP) is a power plant in which nuclear (nuclear) energy is converted into electricity. The power generator at the NPP is a nuclear reactor. Unlike natural gas fired power plants, nuclear power plants operate on nuclear fuel (mainly ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu).

The advantages of such stations are: the small amount of harmful emissions; small amount of fuel used; high output power; low cost of energy.

The disadvantages include: the danger of exposure; the impossibility of adjusting the output power; low probability of an accident, but very serious consequences of the world scale; significant capital investments.

Hydroelectric Power Plant (HPP) is a power plant that, with the help of a hydro turbine, converts the kinetic energy of water into electricity.

Advantages: do not need extraction and transportation of the resource; environmental friendliness; regulation of water flows; high reliability; easy maintenance; low cost

Disadvantages: alienation of fertile lands; waterlogging; violation of aquatic ecosystems; large areas of accommodation; possible additional use of natural resources.

Solar power plant (SPP) is solar panels consist of a series photocells that are semiconductor devices and instantly receive and convert solar energy into electricity. The transformation process itself is called the photoelectric effect itself.

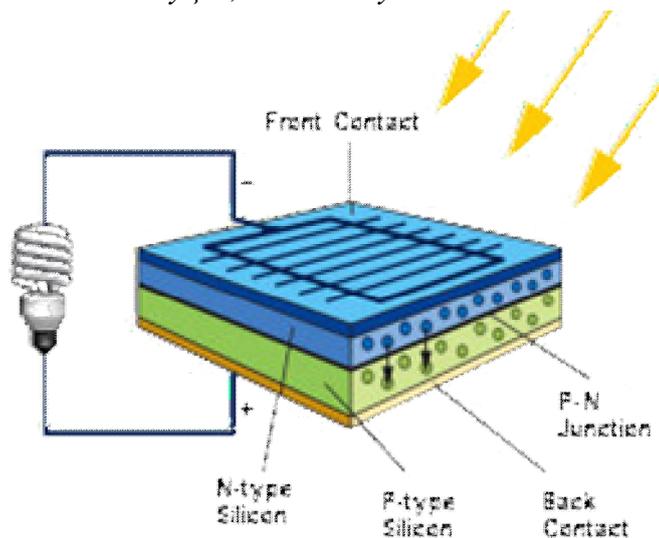


Figure 1 - Scheme of work of solar panels

Advantages: environmentally friendly; energy independence; work from sunrise to its west; do not require maintenance; receiving a profit for the "Green" tariff; durable.

Disadvantages: expensive cost

Wind power plant (WPP) is a power plant that, with a wind turbine help, converts the mechanical energy of the wind to an electric power. Wind power plants are a renewable energy system, because wind is a renewable energy source.

Advantages: environmentally friendly type of energy; ergonomics; renewable energy; better solution for hard-to-reach places.

Disadvantages: instability; relatively low energy output; high cost; danger of wildlife; noise pollution.

Let's stop our attention at solar power stations, as those with the greatest advantages and subjective disadvantages.

Solar panels and their installation. Solar trackers.

The systems of solar panels fixing are a details complex, united in a design, which provides reliable fastening, fixing and control of solar panels. The fastening system can be quite different, because they are divided by function. These designs are made of aluminum and steel, which gives the highest possible reliability and long service life of the system.

By functional purpose, the system of fixing solar panels are divided into types:

- Static mounting systems;
- Dynamic systems (trackers).

The static system is a system of solar panels that receives solar energy in stationary form and generates it in electricity. The static type of fastening is more common in Ukraine due to its reliability and cost. The reliability of this system of fixing the solar panels is very high, because with the correct installation, taking into account all climatic and geographical conditions, it will last more than 20 years. Static mounting systems for photovoltaic modules are divided into ground and roof.

Ground systems are systems that are designed for installation in the ground. Immediately during design, the most effective and optimal angle of inclination of solar panels is calculated. The advantage of this panel mounting system is the ability to install anywhere and on any plane.

Ground-based mounting systems are single-stranded single-row and two-way two-row.

The roof fixing system of solar panels is a design that is placed on the roof of the house.

The roof mounting systems are anchored and ballast.

The dynamic system is a more high-tech and efficient system for installing solar panels. Its uniqueness consists in automatic panels adjustment for placing of the Sun. The solar panel system will monitor the position of the sun and get maximum performance. Also, this system is quite well protected from weather conditions, if necessary, it adapts to poor climatic conditions (snow, wind).

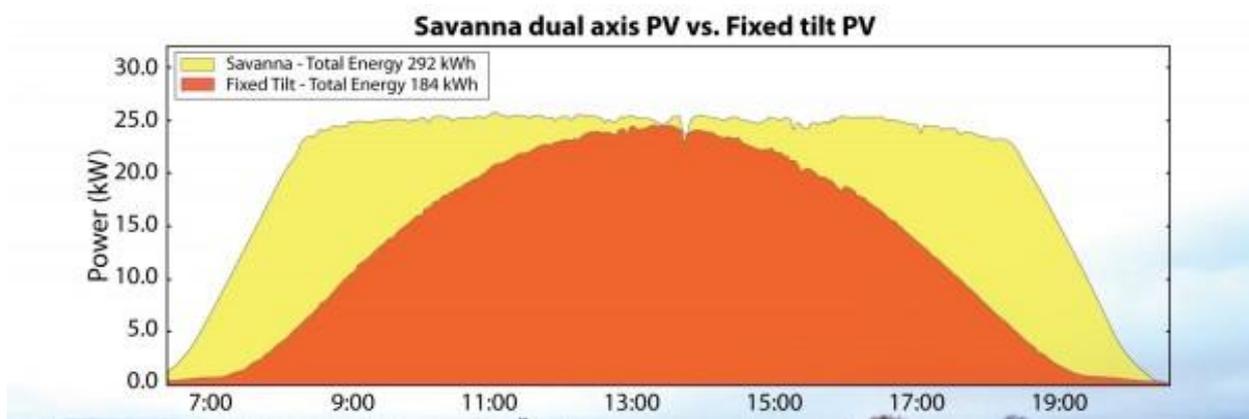
Dynamic mounting systems for photovoltaic modules are divided into:

- One-to-one. These fasteners allow you to rotate the solar panels vertically. This opens up great opportunities to systems that are installed in difficult geographic conditions and inadequate soil equality. Before commissioning, such a system must be adapted to specific operating conditions.

- Two-story. This system of fastening panels gives even better performance than the previous one, because it automatically moves not only vertically but also horizontally, which in general alleviates any losses in electricity generation. This system will receive 40% more power than a static panel mounting system.

Dynamic system is a system with fixing solar panels, which automatically adapts to the position of the sun and weather conditions. Dynamic system is very high-tech, it consists not only of high-quality and reliable materials, but also "smart" software. Data systems are the most effective type of solar panels, because their utility is high. Generation of solar energy into electricity reaches the maximum values precisely with the dynamic system. Before mobile systems there are almost no obstacles related to geographic location.

Compared to static SES systems, this kind receives 40-50% more electricity.



The main advantage of such systems is their complete autonomy. This advantage is in line with the main, because in the work of dynamic systems do not need the human power cost, in general intervention without the need will bring only losses. The mobile system autonomy is a positive and effective advantage over the static system of the solar power plant.

Types of Dynamic Solar Power System: one-axial; biaxial.

One-axial dynamic system of solar panels moves only on one axis – vertical. It adapts to the Sun position, and controls its movement. A one-axial dynamic system moving vertically with a tracker receives approximately 15-20% more power than static.

The biaxial dynamical system moves by the arrangement of the sun in two directions – horizontal and vertical. Such a system can be taken into account as the most effective, since receiving electricity independently of the location takes place as much as possible.

Conclusions.

The most promising, at present, solar power generation method is electric power generation. Eco-friendly, non-volatile, stable in operation, they, like no other, are attracting increasing attention and are used in a wide variety of fields (from conventional calculators to solar panels on satellites). At present there are quite a lot of developments devoted to this area, but it continues its tireless development – the adaptation of the solar monitoring system, the improvement of the electricity accumulation system, solar panels optimization.

1. A. Yazidil F. Betin ,G. Notton , G.A. Capolinol Low cost two-axis solar trackerwith high precision positioning IEEE Xplore. - Ajaccio : North China University of Technology, 2010. - pp. 211-216.
2. Aleksandar Stjepanović, Sladjana Stjepanović, Ferid Softić, Zlatko Bundalo, Microcontroller Based solar tracking system IEEE. - serbia : TELSIS, 2009. - pp. 518-521.
3. C. Alexandru and C. Pozna, Different tracking strategies for optimizing the energetic efficiency of a photovoltaic system in Proc AQTR. - 2008. - pp. 434-439.
4. Chin C S Babu A, McBride W Design, Modeling and Testing of a Standalone Single-Axis Active Solar Tracker using MATLAB/Simulink, Renewable Energy. - 2011. - Vol. 36. - pp. 3075-3090.

5. Chin C S Model-Based Simulation of an Intelligent Microprocessor-Based Standalone Solar Tracking System - japan : InTech, 2010.
6. Kulkarni S S Thean C Y, Kong A W A Novel PC Based Solar Electric Panel Simulator The Fifth International Conference on Power Electronics and Drive Systems. - 2003. - pp. 848-852.
7. Md. Tanvir Arafat Khan S.M. Shahrear Tanzil, Rifat Rahman, S M Shafiul Alam Design and Construction of an Automatic Solar , 6th International Conference on Electrical and Computer Engineering. - Dhaka : IEEE, 2010. - pp. 326-329. - 978-1-4244-6279-7/10.
8. Mohammed S. El-Moghany Basil M. Hamed Two axis tracker using fuzzy controller via PIC16F887a, The 4th International Engineering Conference –Towards engineering of 21st century.. - 2012.
9. P. Roth A Georgiev, and H. Boudinov, Design and construction of a system for sun-tracking , Renewable Energy. - 2004. - pp. 393-402.
10. R. U. Rahman D. I. Ahmed, M. A. Fahmi, T. Tasnuva, M. F. Khan “Performance Enhancement of PV solar system by Diffused Intl. Conf. on the Developments in Renewable Energy. - 2009. - pp. 96-99.
11. Salem Farhan A. Mechatronics Design of Solar Tracking System, International Journal of Current Engineering and Technology. - taif : INPRESSCO, april 2013. - Vol. 3. - pp. 417-429.
12. Saxena A.K. and Dutta V “A versatile microprocessor based controller for solar tracking Photovoltaic Specialists Conference. - [s.l.] : IEEE, 1990. - pp. 1105-1109.
13. Shen C. Hua and C. Comparative study of peak power tracking [Conference] // Applied Power Electronics. - 1998. - Vol. 2. - pp. 679-685.
14. Tiberiu Tudorache Liviu Kreindler Design of a Solar Tracker System for PV Power 4Acta Polytechnica Hungarica. - Bucharest : [s.n.], 2010. - pp. 23-39.
15. Vilela OC Fraidenraich N, Tiba C. Photovoltaic pumping systems driven by tracking collectors:experiments and simulation, Solar Energy. - 2003. - Vol. 74. - pp. 45-52.
16. Y. Tao and W. Guo Study on tracking strategy of automatic sun-tracking system based on CPV Generation [Journal] // in Proc. ISDEA'. - 2010. - pp. 506-509.
17. Yu T C Chien T S Analysis and Simulation of Characteristics and Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems. International Conference on Power. - 2009. - pp. 1339-1344.
18. Yukio S. Takemaro and Shibata Theoretical Concentration of Solar radiation by sentral recieving system, The International Journal of. - 1983. - pp. 261-270.

УДК 51-027.22:378.016

Мамчич Т.І., Ройко Л.Л., Мамчич І.Я., Ройко О.О.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

НАВЧАННЯ МЕТОДАМ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ ЗА ПІДТРИМКИ ПРОГРАМИ R

Мамчич Т.І., Ройко Л.Л., Мамчич І.Я., Ройко О.О. Навчання методам прикладної математики за підтримки програми R. У роботі наводиться досвід використання комп'ютерної програми R при викладанні розділів математичної статистики та фінансової математики у межах курсу "Математика для економістів та економічне моделювання" для студентів спеціальності "міжнародні економічні відносини". Обґрунтовується доцільність використання даної програми та наводиться методичний матеріал.

Ключові слова: Програма R, математична статистика, фінансова математика, навчання, вища освіта.

Мамчич Т.И., Ройко Л.Л., Мамчич И.Я., Ройко О.О. В работе приводится пример использования компьютерной программы R при преподавании разделов математической статистики и финансовой математики в рамках курса "Математика для экономистов и экономическое моделирование" для студентов специальности "международные экономические отношения". Обосновывается целесообразность использования данной программы и приводится методический материал.

Ключевые слова: Программа R, математическая статистика, финансовая математика, обучение, высшее образование.

Mamchych T.I., Royko L.L., Mamchych I.Ya., Royko O.O. The paper presents the experience of using the computer program R while teaching of mathematical statistics and financial mathematics in the course "Mathematics for economists and economic modeling" for students of the specialty "International economic relations". The feasibility of using this program is substantiated and methodological material is given.

Keywords: Program R, Mathematical Statistics, Financial Mathematics, Teaching, Higher Education, Computer support.

Постановка проблеми. Математичні дисципліни, які викладаються студентам нематематичних спеціальностей, орієнтовані переважно на практичні застосування. А це, у свою чергу, приводить до розв'язування завдань із значною часткою обчислень. Інколи об'єм цих розрахунків є надто великим, щоб було доцільним давати такі завдання на аудиторних заняттях. Крім того, допущена на якомусь етапі помилка обчислень зведе нанівець усі наступні правильні дії. Завдання з великою кількістю рутинних обчислень є певним демотиватором для частини студентів. Тому на заняттях широко використовують сучасні технології. Наприклад, калькулятори, які розміщені у мобільних телефонах.

Але є розділи математики, які потребують специфічних функцій. Наприклад, математична статистика чи фінансова математика. Звичайно, і статистичні, і фінансові функції реалізуються за відповідними формулами, придатними для обчислення з калькулятором. Проте це не зовсім зручно. Зокрема, це потребує збереження проміжних результатів, множення часом дуже великої кількості різних множників. Спеціалізований інструмент для обчислення таких функцій підвищив би ефективність як аудиторних, так і самостійних занять студентів.

Аналіз наукових досліджень і публікацій. Питанням застосування інформаційно-комунікаційних технологій у навчальний процес вищої школи були присвячені дослідження Т. Архіпової, М. Бакланової, О. Ващук, Є. Вінниченка, М. Голованя, М. Жалдака, С. Лещук, І. Іваськіва, С. Ракова, Ю. Рамського, Н. Ращевської, С. Семерікова, О. Собаєвої, О. Співаковського, Ю. Триуса [6].

Зокрема, застосування програми R при статистичному аналізі даних: від обчислення середніх величин до регресійного показано у роботах В. Гнатюка [3], Т. Кобильника [4], [5], Р. Майбороди [7], О. Сугакової [8], О. Шипунова.

Мета статті – обґрунтувати доцільність використання програми R при викладанні розділів прикладної статистики та фінансової математики навчальної дисципліни "Математика для економістів та економічне моделювання", що вивчається студентами спеціальності 292 – міжнародні економічні відносини, за освітньою програмою "міжнародні економічні відносини" в Східноєвропейському національному університеті імені Лесі Українки, м. Луцьк.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування результатів дослідження. Розповсюдженою програмою, яка, серед інших, містить математичні, статистичні та фінансові функції, є програма Microsoft Excel (або її аналог в OpenOffice). Але для реального професійного використання математичних методів цих програм не достатньо. Існує цілий ряд всесвітньо визнаних програм для статистичних обчислень, наприклад SPSS, Statistica, SAS та інші. Проте названі програми практично

недоступні для широкого вжитку в навчальному процесі. Дещо осторонь до цих програм (за специфікою інтерфейсу та структурою даних) знаходиться програма R, яка є також професійним інструментом і на даний час вже досить розповсюджена. Ця програма є потужним інструментом при викладанні математичних методів, включаючи статистику та фінансову математику.

Програма широко використовується у наукових дослідженнях та начальному процесі багатьох зарубіжних університетів, включаючи університети з найвищими світовими рейтингами – Массачусетський технологічний інститут (MIT), Університет Гарварду, Станфордський університет, Каролінський інститут, який знаходиться на вершині світового авторитету в галузі медицини, запровадив навчальний курс з програмування в R для своїх працівників. Використання програми R (своєї версії) пропагує Microsoft.

Дана програма використовується і в українських університетах: при викладанні математичної статистики на кафедрі теорії ймовірностей, статистики та актуарної математики Київського національного університету імені Тараса Шевченка; для спеціальних дисциплін із страхової та фінансової математики на фізико-математичному факультеті Національного технічного університету України “Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського”. З метою поширення досвіду використання програми R в 2018 році у Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана було проведено Весняну школу з фінансового моделювання “Financial Modelling with R” [2]. У Східноєвропейському національному університеті імені Лесі Українки викладачі біологічного та хімічного факультетів використовують програму R у своїх дослідженнях та під час навчальних занять. На факультеті міжнародних відносин для викладання курсу “Математика для економістів та економічне моделювання” теж задіяно цю програму [9].

Поширенню програми сприяє її високий професійний рівень, надзвичайно великий перелік реалізованих методів, який постійно розширюється і вже вийшов за межі статистики, наявність офіційного представництва у мережі Інтернет з можливістю безкоштовного завантаження та постійного оновлення. Скористатись програмою можна навіть без її інсталяції на свій комп'ютер, скориставшись відповідним сайтом в Інтернеті.

Основні статистичні показники (середнє, мода, медіана, моменти вищих порядків, коефіцієнти кореляції, тощо), перевірка гіпотез, інтервальне оцінювання, регресійний аналіз та інші процедури підтримуються командами, що входять до базового пакету при інсталяції програми. Для виконання специфічних процедур, наприклад, аналізу часових рядів, або фінансових функцій, потрібно завантажити відповідний пакет з офіційного сайту, який підтримує оновлення і контролює коректність роботи таких пакетів. Зауважимо, що інсталяція пакетів проводиться прямо з програми і не потребує від користувача ніяких додаткових технологічних компетенцій.

У реальних дослідженнях вхідні дані імпортуються з інших програм, типово електронних таблиць, чи баз даних, або напряму з мережі Інтернет. З електронних таблиць з форматом *.csv дані імпортуються командою `read.csv()`. З текстової таблиці імпорт проводиться командою `read.table()`. Можна також внести дані прямо у змінну командою `scan()`, попередньо копіювавши цей масив в оперативну пам'ять (Ctrl+C), наприклад, стовпець, або рядок з Microsoft Excel.

Наведемо приклад послідовного виконання команд, який допоможе студентам нематематикам засвоїти базові команди. Це навчальний приклад, де вхідний масив задано командою `c()`, дані введено безпосередньо.

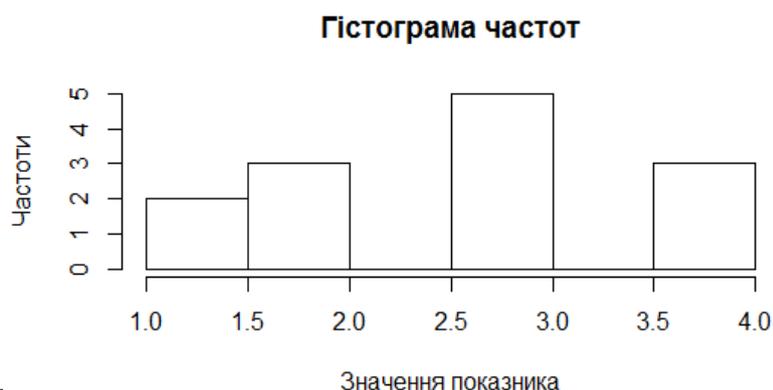
	Команда	Дія
1	<code>> Z=c(1,2,1,4,3,2,3,4,3,4,3,3,2)</code>	Команда задає масив чисел.
2	<code>> table(Z)</code>	Обчислення частот.
3	<code>>X=rnorm(100, mean=50, sd=15)</code>	Генерується набір із 100 псевдовипадкових чисел, які нормально розподілені із середнім 50 та середнім квадратичним відхиленням 15.
4	<code>>mean(X)</code>	Середнє значення
5	<code>>sd(X)</code>	Середнє квадратичне відхилення

6	>median(X)	Медіана
7	>hist(X)	Гістограма частот
8	>hist(X, prob=TRUE,10)	Гістограма відносних частот з 10 інтервалами
9	>lines(density(X))	До існуючої гістограми добавлено щільність
10	>quantile(X,0.25)	Нижній квантиль
11	>quantile(X,0.75)	Верхній квантиль
12	>summary(X)	Набір описових статистик
13	>Y=2*X+rnorm(X)*3	Генерується масив із 100 чисел, кожне з яких є сумою елементу масиву X з деяким "невеликим" псевдовипадковим числом. Тобто, елементи Y приблизно вдвічі перевищують елементи X.
14	>plot(X, Y)	Графік залежності Y від X.
15	> cor(X, Y)	Коефіцієнт кореляції між Y та X
16	>cor.test(X, Y)	Перевірка значущості коефіцієнт кореляції
17	>t.test(X, Y)	Критерій Стьюдента на рівність середніх
18	>t.test(X, Y, conf.level=0.90)	Критерій Стьюдента на рівні значущості 0.10
19	>t.test(X, Y, var.equal=TRUE)	Критерій Стьюдента з рівними дисперсіями
20	>shapiro.test(X)	Критерій Шапіро
21	>var.test(X, Y)	Критерій Фішера
22	>ks.test(X, Y)	Критерій Колмогорова-Смірнова
23	>fm=lm(Y~X); fm	Лінійна регресія Y на X

Програма має надзвичайно потужні графічні можливості, описання яких заслуговує окремої роботи. Вже базова команда "plot" є достатньою для більшості наукових досліджень та публікацій. При потребі можна залучити пакет ggplot2, який містить додаткові можливості. Зазначимо також зручність, коли побудований графік можна поміщати у текстовий файл простим копіюванням.

Наступна команда будує гістограму з відповідними назвами:

>hist(Z, main="Гістограма частот", xlab="Значення показника", ylab="Частоти")



При потребі можна відредагувати вигляд гістограми, формат та розмір шрифтів, діапазон значень додатковими параметрами цієї ж команди.

Використання фінансових функцій реалізується спеціалізованими пакетами. У розпорядженні користувача є їх цілий набір, тож можна вибрати для себе найбільш зручний. Для обчислення простого та складного відсотків, теперішньої та майбутньої вартості ануїтетів, вартості облігацій та інших фінансових показників у навчальному курсі застосовано пакети "financial" та "FinancialMath", а також розглянуто відповідні дії в Microsoft Excel. У попередні роки нами експлуатувався пакет "financial". Фінансові функції у ньому спроектовані доступно для звичайних користувачів, не потребують знань, що перевищують базовий рівень фінансової математики, не викликають труднощів у студентів. Але нещодавно цей пакет був тимчасово вилучений із вжитку, офіційними представниками програми, через виявлені помилки у деяких процедурах. Хоча, основні фінансові функції там виконувались коректно, студенти виконували ті ж самі завдання у різних програмах, і отримували однакові результати. Надалі було взято пакет "FinancialMath"[12].

Оскільки цей пакет не входить до базового набору при інсталяції, його слід інстальювати. Це можна зробити прямо з програми: Menu – Packages – Install package(s). Крім того, на початку кожного сеансу роботи слід виконувати команду library (FinancialMath), щоб завантажити пакет.

У цьому пакеті команди мають досить складну структуру. Одна і та ж команда обслуговує цілу модель, обчислюючи той, чи інший показник, залежно від вхідних даних. Наприклад, одна і та ж команда обчислює теперішню вартість, майбутню вартість (підсумок), відсоток за період, або кількість періодів, залежно від того, що задано, а що невідоме. Тобто, щоб обчислити необхідний показник, потрібно позначити його невідомим у переліку параметрів команди.

Розглянемо деякі можливості команди "annuity.arith", яка описує модель ануїтету із регулярними платежами, які утворюють арифметичну прогресію. Частковими випадками такого ануїтету є звичайний простий ануїтет та загальний ануїтет (тоді різниця прогресії дорівнює 0). Простий звичайний ануїтет складається з однакових платежів із сталим відсотком, причому моменти платежів та моменти нарахування відсотків співпадають.

Завдання 1. Обчислити суму на вкладі через 5 років за рахунок щомісячних платежів по 200 грн. при нормі процента $j_{12}=10\%$.

У даному пакеті слід використати команду:

```
> annuity.arith(fv=NA, n=60, p=200, i=.10, ic=12, pf=12).
```

Отримано майбутню вартість (підсумок) 15487.41 грн

При цьому буде знайдено не тільки майбутню, але і теперішню вартість ануїтету, якщо додати відповідний параметр.

Тут: f_v – невідоме, тому його задаємо "NA", n – кількість періодів, p – платіж, i – відсоток за рік, i_c – кількість конверсій за рік, p_f – кількість платежів за рік.

Завдання 2. Які щоквартальні внески потрібно робити у банк, який сплачує $j_4=3\%$, щоб накопичилось 50000 грн. за 5 років?

Використовуємо команду:

```
> annuity.arith(fv=50000, n=20, p=NA, q=0, i=.03, ic=4, pf=4)
```

$p=232.53$ грн. – отриманий щоквартальний внесок.

Завдання 3. Знайти майбутню та поточну вартість ануїтету з 5 платежів по 2000 грн., які проводяться у кінці кожного кварталу, якщо $j_{12}=8\%$.

Тут моменти платежів не співпадають з моментами нарахування відсотків. Це загальний ануїтет. Але його реалізовує ця ж команда "annuity.arith":

```
> annuity.arith(pv=NA, fv=NA, n=5, p=2000, q=0, i=.08, ic=12, pf=4)
```

$p_v=9423.26$, $f_v=10410.86$.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Програма є корисним інструментом підтримки навчання прикладній статистиці та фінансовій математиці. Оволодіння цією сучасною технологією узгоджується із міжнародною практикою навчання у вищих навчальних закладах, сприяє підвищенню їх конкурентоздатності.

Як показує досвід, вміння студентів працювати з програмою R сприяє їхньому загальному професійному рівневі і за межами математичної галузі. Дана програма містить потужні пакети для обробки даних текстового типу, роботи з графікою, з управління проектами. Так, пакети з контент-аналізу значно перевищують за своїми можливостями доступні аналоги і є високопрофесійними. Отримані з текстів проміжні параметри аналізу знаходяться у форматі, доступному для безпосереднього використання процедур статистичного аналізу та методів штучного інтелекту.

1. Вікіпідручник "Освоюємо R" // [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikibooks.org/wiki/Освоюємо_R
2. Весняна школа з фінансового моделювання // [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://fef.kneu.edu.ua/ua/depts7/k_finansiv_pidprujemstv/Modelling/
3. Гнатюк В. Вступ до R на прикладах / В.Гнатюк. – Харків, 2010, 107 с.
4. Кобильник Т.П. Опрацювання статистичних даних засобами пакету R / Т.П. Кобильник // Педагогічна освіта: теорія і практика. Збірник наукових праць / Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. – 2016
5. Кобильник Т.П. Статистичний пакет R / Т.П. Кобильник // Матеріали шостої науково-практичної конференції FOSS LVIV 2016 (19-22 квітня 2016 р.) – 2016. – С. 57–58.
6. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математичних дисциплін у ВНЗ: проблеми, стан і перспективи / Ю. В. Триус // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – 2010. – №. 9. – С. 16 – 29. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu_2_2010_9_5.
7. Майборода Р. Комп'ютерна статистика (з використанням R) / Р. Майборода. – К., 2016, 175 с.
8. Майборода Р.С., Сугакова О.В. Аналіз даних за допомогою пакета R / Р.С.Майборода, О.В. Сугакова // Навчальний посібник, Київ – 2015, 65 с.
9. Мамчич Т.І. Практичні заняття з фінансової математики / Т.І Мамчич. – Луцьк. – ПП Іванюк, 2013. – 16с
10. Ройко Л.Л., Ройко О.О. Прикладна спрямованість курсу "Математика для економістів та економічне моделювання" / Л.Л.Ройко, О.О. Ройко // Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво". – № 30-31, ЛНТУ, 2018.– С. 263 – 268
11. Офіційний сайт програми R // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cran.r-project.org>.
12. Package "FinancialMath" // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cran.rproject.org/web/packages/FinancialMath/FinancialMath.pdf>

УДК 004.946

Маркіна Л.М., Мельник Я.Ю.

Луцький НТУ

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Маркіна Л.М., Мельник Я.Ю. Моделювання робототехнічних систем. У цій статті проведено аналіз, розкрито суть та переваги комп'ютерних технологій та змодельовано робота-маніпулятора з використанням середовища ROS.

Ключові слова: моделювання, робототехнічні системи, робот-маніпулятор, комп'ютерні технології, автоматизація, ROS.

Маркина Л.Н, Мельник Я.Ю. Моделирование робототехнических систем. В этой статье проведен анализ, раскрыта суть и преимущества компьютерных технологий и смоделирован робота-манипулятора с использованием среды ROS.

Ключевые слова: моделирование, робототехнические системы, робот-манипулятор, компьютерные технологии, автоматизация, ROS.

Markina L.M., Melnyk Y.Yu. Modeling of robotic systems. In this article an analysis has been made, the essence and advantages of computer technologies are disclosed and a robot-manipulator is modeled using the ROS environment.

Keywords: modeling, robotics systems, robot manipulator, computer technologies, automation, ROS.

Постановка проблеми. Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем та процесів, а особливо коли мова йде про процеси, які не можна дослідити та спрогнозувати в режимі реального часу. В зв'язку з потужним розвитком автоматизації та робототехнічних систем, які є однією з головних складових даного напрямку. У досить розвиненому вигляді роботи аналогічно людині здійснюють активну силову і інформаційну взаємодію з навколишнім середовищем і завдяки цьому можуть володіти штучним інтелектом і вдосконалювати його. Постає проблема в складності проведення аналізу та керуванні даними системами без відриву від виробництва. Та за допомогою комп'ютерного моделювання це можливо.

Аналіз останніх досліджень. Комп'ютерні технології проникли і продовжують проникати в усі сфери, а особливо у науку та виробництво. Це відбувається завдяки спроможності комп'ютера посилювати інтелектуальні можливості людини. При застосуванні комп'ютерних технологій у навчанні з'являється можливість полегшити та якісно підвищити рівень засвоєння навчальної дисципліни на підприємствах та заводах покращити, як умови праці так і якість продукції. Необхідною умовою застосування комп'ютерних технологій у навчанні та не тільки є наявність відповідного програмного забезпечення. Розвиток комп'ютерних та інформаційних технологій дозволяє створювати достатньо трудомісткі програми (програмні комплекси) та розрахункові модулі, маючи при цьому високий ступінь точності одержуваних результатів і малу ймовірність помилки. В даний час за допомогою програмних засобів дослідник може реалізувати весь процес комп'ютерного моделювання і багатовимірний аналіз даних.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Недоступність середовищ для моделювання з подальшим застосуванням на сучасному виробництві та можливість проведення аналізу та досліджень без відриву від виробництва.

Мета дослідження. Моделювання робототехнічних систем та розробка системи керування.

Виклад основного матеріалу. Натурний експеримент (Natural experiment), тобто дослідження властивостей та поведінки об'єкта управління в певних умовах з використанням самого об'єкта, є важливою складовою у сферах проектування та управління – це об'єкт-замінник, створений з метою відтворення за певних умов суттєвих властивостей об'єкта-оригіналу. Модель може бути подана фізичним об'єктом, подібним до оригіналу, або описом об'єкта у вигляді математичних формул, тексту, комп'ютерної програми. Основним призначенням моделі в задачах управління є прогноз реакції об'єкта на керувальні впливи. Задача моделювання полягає в тому, що для заданого об'єкта потрібно підібрати такий опис, який у повній мірі відображав би оригінал з точки зору заданої мети моделювання.

Необхідною умовою для переходу від дослідження об'єкта до дослідження моделі і подальшого перенесення результатів на об'єкт дослідження є вимога адекватності моделі і об'єкта. Адекватність – це відтворення моделлю з необхідною повнотою всіх властивостей об'єкта, важливих для цілей даного дослідження. Це, мабуть, найголовніша властивість моделі, яка визначає можливість її використання. Оскільки будь-яка модель простіша за оригінал, ніколи не можна говорити про

абсолютну адекватність, при якій модель за всіма характеристиками відповідає оригіналу. Методи моделювання широко використовуються в різних сферах людської діяльності, особливо в сферах проектування та управління, де основними є процеси ухвалення ефективних рішень на основі отриманої інформації. Метою моделювання є здобуття, обробка, подання і використання інформації про об'єкти, які взаємодіють між собою і зовнішнім середовищем; а модель тут виступає як засіб пізнання властивостей і закономірностей поведінки об'єкта.

Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем та процесів. Комп'ютерне моделювання полягає в проведенні серії обчислювальних експериментів на ЕОМ, метою яких є аналіз, інтерпретація та співставлення результатів моделювання з реальною поведінкою об'єкта та, при необхідності, наступне удосконалення моделі.

У зв'язку з повсюдною автоматизацією виробництва широкого поширення набули промислові роботи-маніпулятори, які в сукупності з програмованим логічним контролером утворюють робототехнічний комплекс. Такі системи дають можливість автоматизувати принципово будь-які операції, що виконуються людиною, а швидкість перебудови на виконання нових операцій при освоєнні нової продукції чи інших змінах у виробництві дозволяє зберегти за автоматизованим за допомогою роботів виробництвом, принаймні ту ж гнучкість, яку на сьогодні мають лише виробництва, які обслуговуються людиною.

Застосування такого робототехнічного комплексу в виробничому процесі дозволяє раціонально підійти до використання трудових ресурсів, підвищити якість виконання виробничої технологічної операції, знизити часові витрати на її виконання, знизити собівартість продукції за рахунок зменшення відсотка браку і зниження невиробничих витрат (оплати понаднормових робіт і простоїв робочих), збільшити випуск продукції, підвищити ефективність виробництва в цілому. Проведені нами дослідження показали, що найбільш ефективним методом дослідження будь-якої системи без відриву від виробництва є розроблення імітаційної моделі.

Імітаційна модель реалізується деякою комп'ютерною програмою чи пакетом програм, що імітує поведінку складної технічної, економічної, біологічної, соціальної чи іншої системи з потрібною точністю. Такі моделі використовують для дослідження змін об'єктів обраної системи дослідження, для створення комп'ютерних ігор, «віртуальних світів», навчальних програм та анімацій.

В даній статті ми спробуємо вам продемонструвати можливості одного із програмних середовищ, яке саме спрямоване на моделювання та керування робототехнічними системами, а саме роботом –маніпулятором, який дуже розповсюджений в умовах сьогодення та потребує постійного вдосконалення як конструктивного так і програмного. До таких програмних продуктів ставиться ряд вимог: здійснювати керування роботом-маніпулятором, надання можливості вибору режиму роботи, надавати можливість формувати програми автоматичного керування і їх завантаження з бази даних, формувати трьохвимірну візуалізацію з можливістю попереднього перегляду функціонування розробленої програми на етапі налаштування.

Сьогодні основним типом маніпуляційних систем роботів є маніпулятори з різними варіантами напівавтоматичного і автоматизованого управління, а також однопрограми автоматичні маніпулятори (автооператори і механічні руки). З'явилися вони головним чином для маніпулювання об'єктами, безпосередній контакт з якими для людини шкідливий або небезпечний.. Вони являють собою просторові механізми у вигляді розімкнутих, рідше замкнутих кінематичних ланцюгів з ланок, утворюють кінематичні пари з однією, рідше двома ступенями рухливості з кутовим або поступальним відносним рухом і системою приводів зазвичай роздільних для кожного ступеня рухливості. На кінці маніпулятора знаходиться робочий орган.

Ступені рухливості маніпулятора діляться на переносні і орієнтовані. Переносні ступеня рухливості служать для переміщення робочого органу в межах робочої зони маніпулятора, а орієнтують - для його орієнтації. Мінімально необхідне число переносних ступенів рухливості для переміщення робочого органу в будь-яку точку вільної робочої зони дорівнює трьом. Робочі органи маніпуляторів служать для безпосередньої взаємодії з об'єктами зовнішнього середовища і діляться на захватні пристрої і спеціальний інструмент. Вони призначені для того, щоб брати об'єкт, утримувати його в процесі маніпулювання і звільнити після закінчення цього процесу. У зв'язку з великою різноманітністю об'єктів маніпулювання розроблено велику кількість різних комбінацій цих типів захватних пристроїв і безліч спеціальних захватних пристроїв, заснованих на різних оригінальних принципах дії.

Після проведеного аналізу та особливостей робототехнічних систем ми прийшли до висновку, що сучасний стан і темпи розвитку даного напрямку потребує використання такої комп'ютерної системи, яка дозволить поєднати аналіз, керування, а саме головне це безкоштовне середовище, яке є універсальним, як для особистих потреб так і для виробничих. Для рішення наших проблем, було вибрано середовище Robot Operating System

Robot Operating System (ROS) - це гнучке середовище для написання програмного забезпечення для роботів. Це набір інструментів, бібліотек і угод, покликаних спростити завдання створення складної і надійної поведінки робота на різноманітних роботизованих платформах. Дана платформа є універсальною тому, що вона дозволяє створювати один проект багатьма експертами, які займаються розробкою окремої взятій частини системи, а потім відбувається об'єднання всіх складових системи. Середовище ROS співпрацює з усіма проведеними дослідженнями та розробленими моделями, які спираються на роботу один одного. Це дозволяє залучати фахівців не лише з одного відділу або виробництва, але і усіх хто займається даною проблемою.

Дане програмне середовище забезпечує таку реалістичну тривимірну візуалізацію, що цілком годяться і для якісної презентації, що ілюструє ті чи інші концепції або функції, для представлення потенційним замовникам, інвесторам або партнерам, а також у навчальному процесі при вивченні робототехніки. Ядро системи виглядає наступним чином

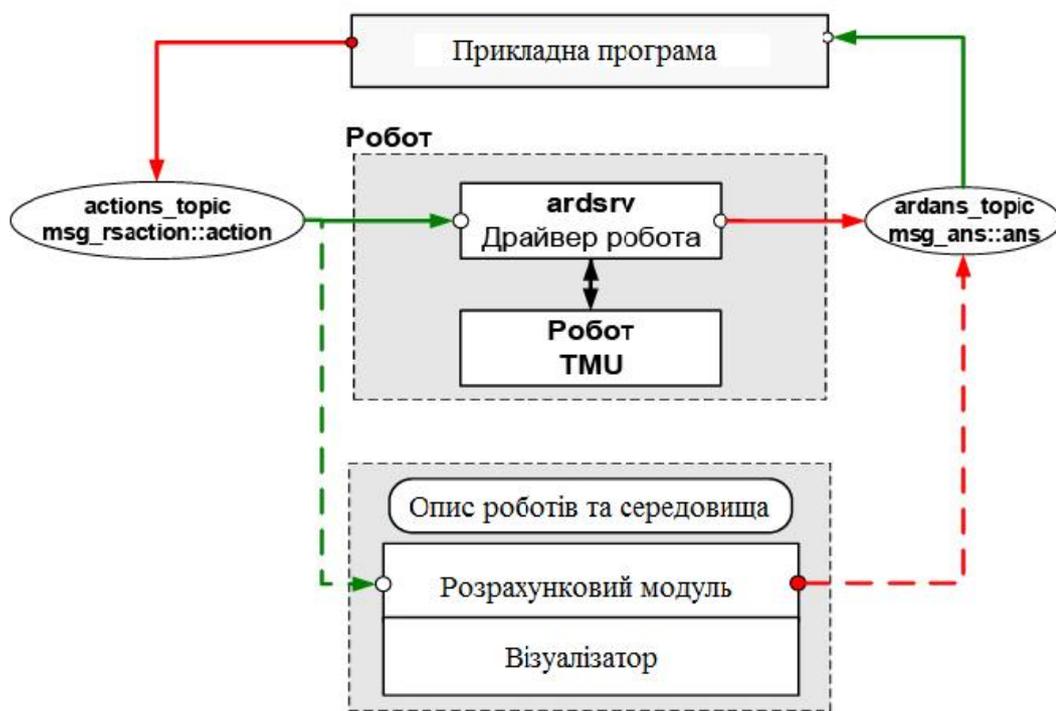


Рис. 1. Вигляд ядра системи

Для створення емуляції ROS використовує gazebo. Gazebo_ros_pkgs - це набір пакетів ROS, які надають необхідні інтерфейси для моделювання робота в тривимірному симуляторі твердого тіла Gazebo для роботів. Він інтегрується з ROS, використовуючи повідомлення ROS, сервіси та динамічне перенастроювання. Програмування робота проводиться за допомогою Move It. Даний пакет призначений для планування складних рухів для роботів будь-якої конструкції. Робот представляється у вигляді моделі з урахуванням всіх рухомих частин і обмежень на їх пересування. Далі можна розрахувати траєкторію всіх кінцівок робота при його переході з одного стану в інший. Для того щоб змодельовати робота-маніпулятора спочатку було розроблено модель в симуляторі Gazebo, яка виглядає наступним чином.

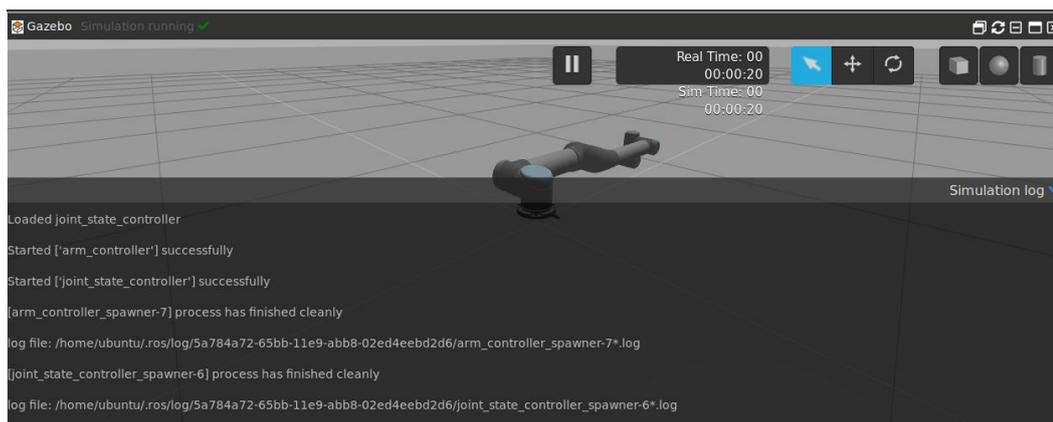


Рис. 2. Симуляція в Gazebo

Далі було розроблено систему керування, яка реалізується за допомогою підключення пакета Moveit.

Після завершення процесу моделювання було створено проект. Після чого, ми розробили такий алгоритм роботи для робота-маніпулятора, який необхідний саме для нашого виробництва на якому ця система в подальшому буде впроваджена. Одним із найбільш точних ланок промисловості є вирізання різноманітних фігур з металу за допомогою лазера. Даний технологічний процес потребує високої точності, тому дана ланка особливо потребує впровадження робототехнічних систем (роботів-маніпуляторів) або заміну вже існуючих, які не забезпечують необхідних показників якості.

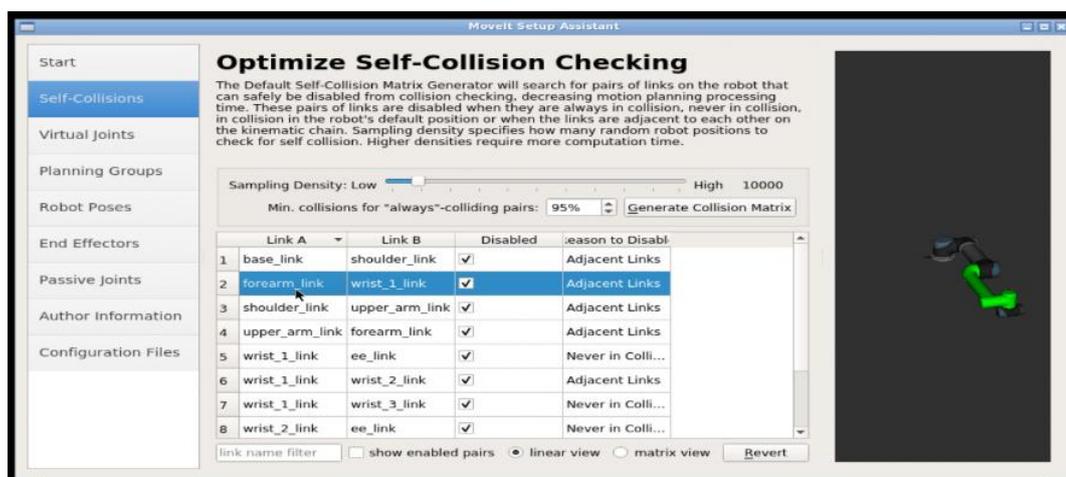


Рис. 3. Вибір основних ступеней вільності

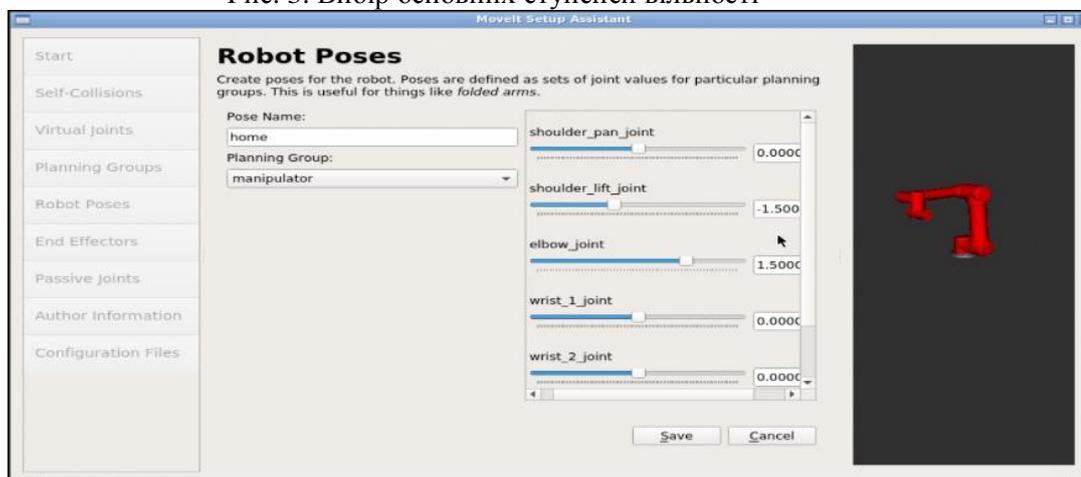
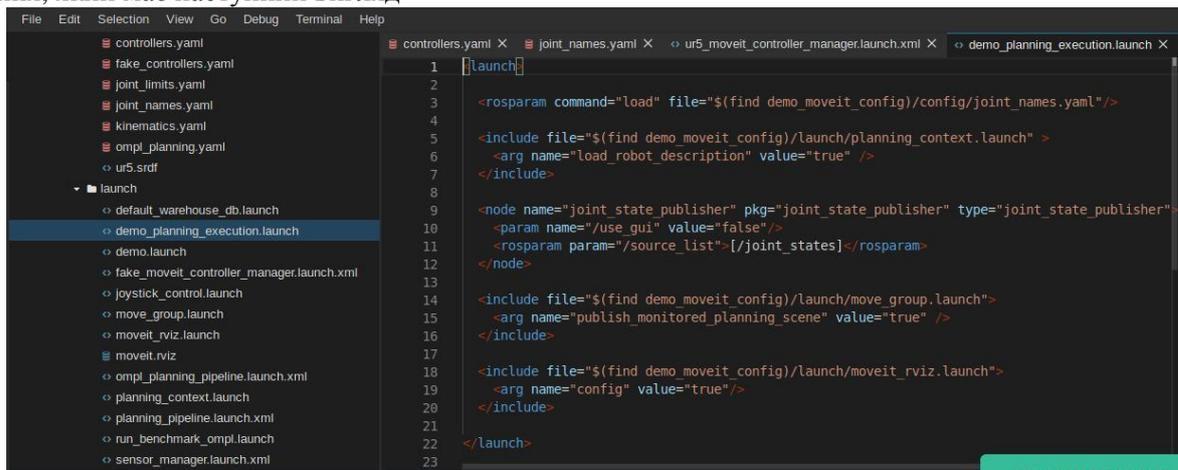


Рис. 3. Налаштування робота-маніпулятора.

В ході основних налаштувань середовище Robot Operating System формує код програми керування, який має наступний вигляд



```
File Edit Selection View Go Debug Terminal Help
controllers.yaml x joint_names.yaml x ur5_moveit_controller_manager.launch.xml x demo_planning_execution.launch x
1 [launch]
2
3 <rosparam command="load" file="$(find demo_moveit_config)/config/joint_names.yaml"/>
4
5 <include file="$(find demo_moveit_config)/launch/planning_context.launch" >
6   <arg name="load_robot_description" value="true" />
7 </include>
8
9 <node name="joint_state_publisher" pkg="joint_state_publisher" type="joint_state_publisher">
10   <param name="use_gui" value="false"/>
11   <rosparam param="/source_list">[/joint_states]</rosparam>
12 </node>
13
14 <include file="$(find demo_moveit_config)/launch/move_group.launch">
15   <arg name="publish_monitored_planning_scene" value="true" />
16 </include>
17
18 <include file="$(find demo_moveit_config)/launch/moveit_rviz.launch">
19   <arg name="config" value="true"/>
20 </include>
21
22 </launch>
23
```

Дане середовище підтримує Сі подібні мови програмування, що робить його більш доступним і універсальним.

Висновки. В статті проведено дослідження середовища Robot Operating System та представлення результати роботи. Після проведеної роботи можна зробити наступні висновки про моделювання робототехнічних систем в даному середовищі:

1. можливість моделювання роботів для будь яких виробництв;
2. використання сучасних мов програмування для розробки системи керування;
3. середовище ROS дозволяє детально дослідити та спрогнозувати поведінку роботи, як системи та і окремо взятого робота;
4. дане моделювання дозволяє вирішити цілий спектр простих та складних задач;
5. однією із особливостей є орієнтація на керування реальними робототехнічними системами.

Перспективи подальших досліджень. Моделювання та розробка більш складних робототехнічних систем з подальшим впровадженням.

1. Комп'ютерне моделювання в освіті. Матеріали III Всеукраїнського науково-методичного семінару 24 квітня 2008 року. Комп'ютерне моделювання в освіті / Матеріали III Всеукраїнського науково-методичного семінару: Кривий Ріг, 24 квітня 2008 р. – Кривий Ріг: КДПУ, 2008. – 60 с
2. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
3. Силаев А. А., Куликов А. С. Автоматизированная система управления роботом-манипулятором РМ-01 на базе программируемого логического контроллера СХ9001 фирмы ВЕСКНОFF // Молодой ученый. — 2010. — №4. — С. 86-89. — URL
4. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. / В.В. Денисенко; ред. Ю.Н. Чернышев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2009. - 608 с.;
5. Юревич Е.И. Основы робототехники. Санкт-Петербург, 1985. – 252с.
6. http://wiki.ros.org/gazebo_ros_pkgs
7. <https://moveit.ros.org/>

УДК 621.391

Мороз Б. І., д.т.н., професор, Антіпов О.А. аспірант, Журавльов В. С. аспірант.
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОСТАВКИ МЕДИКАМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (МУЛЬТИКОПТЕРІВ) ЗА ЗАПИТОМ СПОЖИВАЧА

Мороз Б. І., Антіпов О.А., Журавльов В. С. Автоматизована система доставки медикаментів за допомогою безпілотних літальних апаратів (мультикоптерів) за запитом споживача. Представлено концепт системи доставки медикаментів за допомогою безпілотних літальних апаратів. Запропоновано архітектуру системи автоматичної диспетчеризації замовлень від споживача, зберігання замовлень, та планування доставки дронами. Також було розглянуто юридичні обмеження роботи запропонованої системи.

Ключові слова: мультикоптер, дрон, доставка, клієнт-серверна архітектура, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Мороз Б. И., Антипов А.А., Журавлев В. С. Автоматизированная система доставки медикаментов с помощью беспилотных летательных аппаратов (мультикоптеров) по запросу потребителя. Представлен концепт системы доставки медикаментов с помощью беспилотных летательных аппаратов. Предложена архитектура системы автоматической диспетчеризации заказов от потребителя, хранения заказов, и планирование доставки дронами. Также были рассмотрены юридические ограничения работы предложенной системы.

Ключевые слова: мультикоптер, дрон, доставка, клиент-серверная архитектура, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Moroz B., Antipov A., Zhuravlev V. Automated system for the delivery of medical supplies using unmanned aerial vehicles (multicopter) at the request of the consumer. The concept of medical supplies delivery system using unmanned aerial vehicles is presented. The architecture of the system of automatic dispatching orders from the consumer, storage of orders, and scheduling delivery by drones are proposed. The legal limitations of the proposed system were also considered.

Keywords: multicopter, drone, delivery, client-server architecture, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Вступ та огляд досліджуваної проблеми. Доставка товарів для споживачів за допомогою безпілотних літальних апаратів є трендом, актуальним для всього світу. Першими, хто звернув увагу на це питання була американська компанія Amazon, перші звістки про плани компанії розпочинати доставку повітрям за допомогою безпілотних літальних апаратів були надані головним виконавчим директором Джеффом Безосом (Jeff Bezos) першого грудня 2013 року в інтерв'ю передачі "60 minutes". Ця програма мала назву Amazon Prime Air, а першу успішну доставку було виконано 7 грудня 2016 року [1].

Окрім Amazon доставками за допомогою БПЛА зацікавлено багато світових компаній: DHL, Swiss Post, Google, FedEx [2].

Аналіз попереднього досвіду розробки схожих систем. Доставка ліків або медичного устаткування та інструменту вивчається та тестується у багатьох країнах світу.

Так, у 2014 році студент Делфтського технічного університету Алекс Момонт розробив дрона, за допомогою якого можна доставляти дефібрилятор та по відеозв'язку проводити інструктаж з реанімації хворої людини [3].

У 2015 році федеральне управління цивільної авіації Сполучених Штатів Америки надало дозвіл на доставку ліків до однієї з сільських клінік [2].

У 2016 році уряд Руанди (країна в центральній Африці) сумісно з компанією Zipline International Inc розпочинає доставку медикаментів та крові для переливання [4].

У березні 2017 року компанія Swiss Post починає співпрацю з аерокосмічною компанією Matternet для запуску першої медичної мережі доставки медикаментів за допомогою БПЛА [2].

У жовтні 2017 року починається співпраця двох компаній: Flirtey - що спеціалізується саме на доставці дронами, та REMSA Health - компанії, що спеціалізується на постачанні

невідкладної допомоги. Мета співпраці - розробка системи доставки портативних дефібриляторів, за сигналом вд911 [5].

Доставка товарів дронами в Україні. Наразі, це питання досліджується двома компаніями-лідерами з доставки вантажів: "Нова пошта" та "Укрпошта". З 2016 року "Укрпошта" веде співпрацю з ізраїльською компанією Flytrax з метою впровадження доставки товарів дронами на території України. 1 червня 2018 року "Укрпошта" здійснила успішний тестовий політ. Дрон здатний переносити вантаж до 3-х кг, та на відстані до 23-х км, за день такий дрон здатний здійснити до 10 доставок. Як заявляє керівник "Укрпошти" Ігор Ткачук, безпілотник адаптований до різних кліматичних умов, тому він буде ефективно працювати як в літню спеку, так і взимку [6]. Також, під час прес-конференції у 2017 році керівники "Нової пошти" заявляли що ведеться тестування міжгородньої доставки дронами [7].

Попри всі зусилля компаній, усі системи знаходяться на рівні прототипів, та поки що не доступні для споживача.

Доставка медичних препаратів дронами в Україні. Немає жодних даних про розробку систем доставки медикаментів або надання медичної допомоги в Україні. Але, це актуально для України.

Переваги доставки дронами. Незалежно від моделі дрона, такий спосіб доставки має багато переваг перед традиційними засобами доставки: Найвагоміші перелічено нижче:

- незалежність від рельєфу;
- незалежність від транспортної інфраструктури;
- швидкість доставки;
- висока точність доставки за допомогою GPS датчиків;
- висока енергоефективність;
- майже повна відсутність шкоди навколишньому середовищу;
- менша вартість у порівнянні з іншою технікою для доставки.

Недоліки доставки дронами. Незважаючи на багато переваг, такий метод небездоганий, та має свої недоліки:

- низька вантажопідйомність (до 6 кг). Але з плином часу максимальна вантажопідйомність зростатиме;
- обмеження часу роботи, та його залежність від завантаженості дрона (вантажний дрон DJI S1000 здатен пролетіти з максимальним навантаженням в 6 кг приблизно 16 хв., без навантаження 30 хв.);
- обмеження радіусу дії;
- складність завантаження та розвантаження дрона;
- складність забезпечення безпеки: дрон можна викрасти, або перехопити керування.

Юридичні обмеження використання безпілотних літальних апаратів на території України. Окрім деяких недоліків таких систем існує багато юридичних складностей щодо використання дронів: чинним законодавством України заборонено польоти біля відомчих будівель та аеропортів, також державна авіа служба забороняє польоти в деяких, спеціально визначених зонах. Ці зони нанесено на мапу, та вони періодично поновлюються [8]. Заборонені польоти вище 120 м., та польоти над скупченнями людей та над місцями щільних забудов. Також регламентована максимальна допустима відстань зближення з перехожими, для однієї людини це 30 метрів, для дитини це 50 метрів, для групи осіб це 150 метрів.

При неможливості прокладання маршруту з урахуванням юридичних обмежень, має бути отримано спеціальний дозвіл, для отримання дозволу потрібно звернутися з листом в довільній формі за разовою заявкою до Украероцентру за 10 робочих днів до виконання польоту.

Завдяки технічному прогресу, дрони входять до повсякденного життя, уряд країни поступово спрощує законодавчі аспекти використання безпілотників. Для більш надійної та простої роботи системи пропонується внести правки до процедури отримання дозволу на польоти, а саме ввести автоматизовану електронну систему, замість існуючої зараз.

Концептуальна модель.

Основні поняття з якими працює система:

- товар: медикамент, що доступний для замовлення. Має опис, ціну, список складів з яких доступний для замовлення;
- замовлення: включає в себе один чи більше товарів, бажану дату доставки, обраний склад, з якого виконуватиметься доставка, інформація про замовника, статус виконання замовлення.

Вищезазначені поняття є основними, та наведені для розуміння роботи системи.

Система будується на клієнт-серверній архітектурі, та складається з таких елементів:

- клієнтська програма (мобільний додаток, веб сайт);
- сервер:
 - диспетчер (автоматизоване ПЗ);
 - сховище даних з замовленнями;
 - модуль розрахунку польотних місій;
 - модуль розподілення замовлень за доступними дронами;
 - наземна станція для обробки даних телеметрії .
- дрон;
- парк дронів;
- постачальник товару (лікарня, аптека, амбулаторія);
- склади, для зберігання товару та навантаження дрона;
- станції з технічного обслуговування дронів.

Схематично система зображена на рис. 1.

Для обслуговування системи потрібен наступний персонал:

- адміністратор веб-серверу;
- технічна підтримка користувачів;
- менеджери для керування поставками медикаментів;
- спеціалісти для завантаження дрона посылками;
- технічні спеціалісти для обслуговування дронів;
- виїзна бригада спеціалістів на випадок аварії дрона.

Дрон має бути обладнаний польотним контролером «наприклад Arduino або Raspberry» для більш простого налаштування та програмування польотних режимів. Контролер виконує роль головної обчислювальної одиниці дрону. Вони керують живленням двигунів, їх обертами, стабілізують апарат у повітрі. Крім цих базових функцій, контролер може бути доповнений додатковими, наприклад: повернення до точки старту, утримання заданої висоти, автоматична посадка. Найбільш важливою функцією для автоматичної системи доставки є слідування за заданим маршрутом за допомогою GPS-навігатора. На роль такого добре підходить APM 2.8 [13], що має всі вищезазначені функції, та навіть більше.

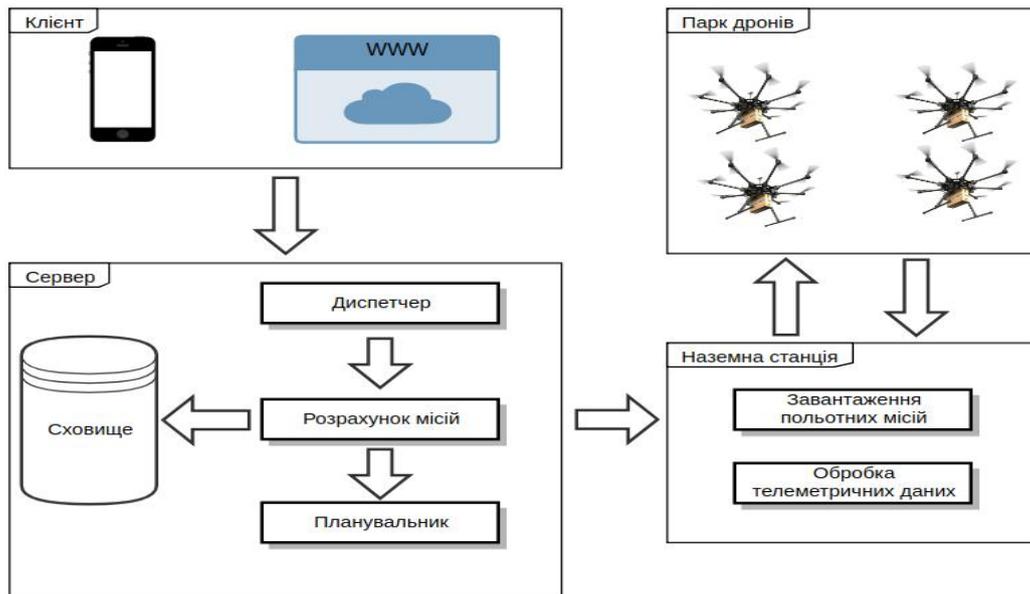


Рис. 1. Схематичне зображення системи автоматизованої доставки дронами.

Також необхідно два модулі: модуль GPS для орієнтування дрона в просторі, та радіомодуль для збору телеметрії (поточних координат, швидкості, висоти, та ін.) та завантаження польотних завдань. Польотне завдання має вигляд масиву, що складається з GPS - точок маршруту для доставки. Завантаження польотного завдання виконується через модуль телеметрії, за допомогою відкритого програмного забезпечення Mission Planner GCS, як показано на рис. 2. Це програмне забезпечення для налаштування та керування літальними апаратами на основі контролерів APM, розповсюджується за ліцензією GNU GPL V3, отже може бути вільно модифіковане для потреб системи [9].

Забезпечення безпеки даних. Також важливе питання безпеки даних, що передаються від клієнта до сервера, та даних, котрими обмінюються дрон з базовою станцією. Як було зазначено вище, можливість викрадення дрону та (або) даних є одним з суттєвих недоліків такої системи.

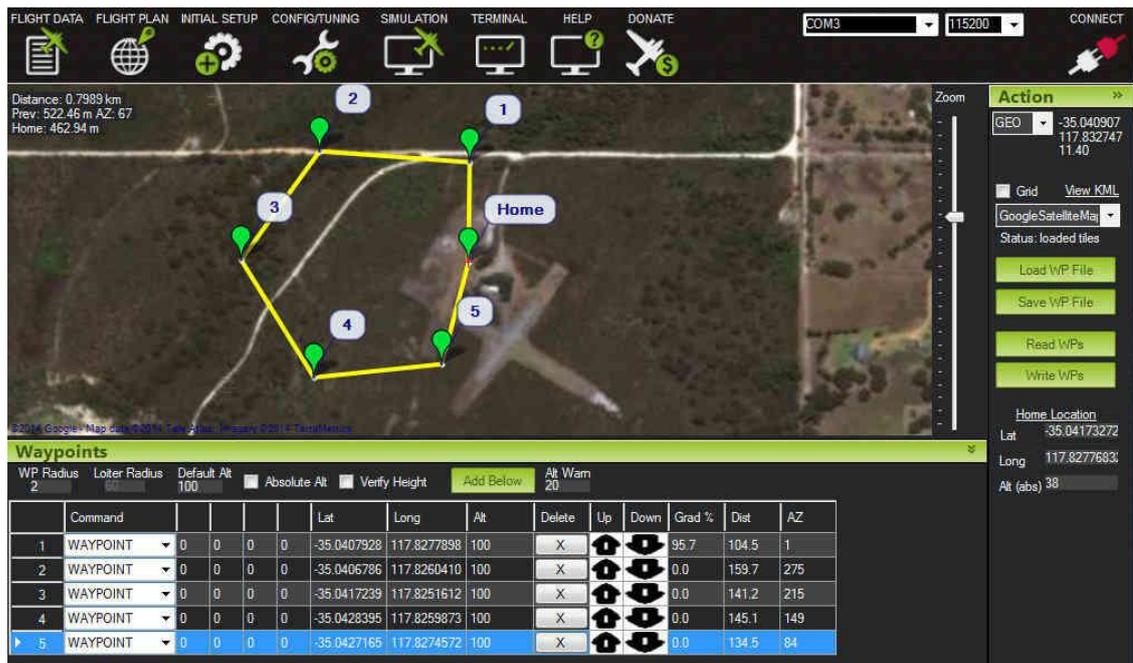


Рис. 2. проектування польотного завдання у Mission Planner

Для безпечної передачі даних пропонується використання HTTP з криптографічними протоколами SSL/TLS (HTTPS) [10].

TLS — криптографічний протокол, побудований на основі SSL 3.0, що шифрує інтернет трафік усіх видів для безпечної передачі даних: навігації, отримання інформації, спілкування, обміну файлами, або для отримання пошти. Якщо SSL налаштований коректно, то сторонній спостерігач може дізнатися лише параметри з'єднання, наприклад тип використовуваного шифрування, а також частоту пересилання і приблизну кількість даних, але не може читати і змінювати їх. Перед тим, як почати обмін даними через TLS, клієнт і сервер повинні узгодити параметри з'єднання, а саме: версія використовуваного протоколу, спосіб шифрування даних, а також перевірити сертифікати, якщо це необхідно.

Найбезпечніший метод шифрування - це асиметричне шифрування. Для цього потрібно 2 ключа, 1 публічний і 1 приватний. Це файли з інформацією, які містять, як правило, дуже великі числа. Публічний ключ використовується для шифрування даних, тоді як приватний - для розшифрування. Два ключа пов'язані за допомогою складної математичної формули, яку складно зламати. Можна уявити публічний ключ як інформацію про місцезнаходження закритої поштової скриньки з отвором, і приватний ключ як ключ, який відкриває ящик. Той, хто знає, де знаходиться ящик, може покласти туди лист. Але щоб прочитати його, людині потрібен ключ, щоб відкрити ящик. Сервер і клієнт повинні домовитися про один ключі сесії, який вони будуть використовувати, щоб зашифрувати пакети даних. Перед тим, як розпочати захищений обмін інформацією, клієнт та сервер мають узгодити алгоритм шифрування та відповідний ключ. Це відбувається під час процедури «рукоштовання» — відкриття сеансу зв'язку [11].

TLS включає три основні фази:

- Діалог між сторонами, метою якого є вибір алгоритму шифрування;
- Обмін ключами на основі криптосистем з відкритим ключем або ж автентифікація на основі сертифікатів;
- Передача даних, що шифруються за допомогою симетричних алгоритмів шифрування.

Для підпису TLS-сертифікатів зазвичай використовують криптосистему RSA (Rivest, Shamir та Adleman) яка виконується в 3 етапи: генерації ключів, шифрування, розшифрування. Безпека алгоритму RSA заснована на тому, що факторизація великих цілих чисел досить складний і дорогий обчислювальний процес. RSA використовується вже більше 30 років і вважається безпечним процесом шифрування.

Генерація ключа за допомогою RSA відбувається наступним чином [12]:

1. Обираються два різних випадкових простих числа P і Q , для забезпечення безпеки числа повинні бути не менше 1024 біт;
2. Обчислюється їх добуток $n = p \cdot q$, це називається модуль;
3. Обчислюється функція Ейлера від числа $\phi = (p - 1) \cdot (q - 1)$;
4. Обирається відкрита експонента e ($1 < e < \phi(n)$) взаємно просте зі значенням функції $\phi(n)$;
5. Обрати таке d , що $(e \cdot d) \bmod \phi(n) = 1$;
6. Пара (e, n) публікується в якості відкритого ключа RSA;
7. Пара (d, n) грає роль закритого ключа RSA і тримається в секреті.

Шифрування за допомогою RSA:

- Взяти відкритий ключ (e, n) адресата;

- Взяти відкритий текст m ;
- Зашифрувати повідомлення з використанням відкритого ключа відправника за формулою (1):

$$c = E(m) = m^e \bmod n; \quad (1)$$

- Відправити зашифроване повідомлення c адресату.

Розшифрування за допомогою RSA:

- Прийняти зашифроване повідомлення c ;
- Взяти свій закритий ключ (d, n) ;
- Застосувати закритий ключ для розшифрування повідомлення за формулою (2):

$$m = D(c) = c^d \bmod n. \quad (2)$$

Типовий сценарій замовлення (спрощено)

1. Користувач обирає найбільш зручний програмний клієнт (веб сайт, мобільний додаток);
2. За допомогою обраного клієнта обирає потрібний препарат;
3. Порівнюючи ціни та вартості доставки, обирає більш зручний склад, з якого доставлятиметься замовлення;
4. Обравши, виконує оплату зручним способом;
5. Диспетчер отримує замовлення, та направляє його на обробку;
6. Клієнт сповіщається про новий статус замовлення "В Обробці";
7. Перевіряється наявність ліків на складі;
8. Якщо ліки є в наявності, визначається оптимальний час виконання замовлення, замовлення зберігається в сховищі, розраховується оптимальний логістичний маршрут, та клієнт сповіщається про новий статус замовлення "В черзі до виконання";
9. Якщо ліків не виявилось в наявності, клієнт сповіщається про новий статус "Замовлення відхилено";
10. За настанням обраного часу для виконання замовлення оновлюється статус на "Підготовка для відправки";
11. Технічний персонал підготовлює дрон для польоту;
12. Персонал складу завантажує товари для доставки у дрон;
13. Клієнт сповіщається про новий статус замовлення "Товар прямує до вас";
14. Дрон вилітає за розрахованим маршрутом;
15. Клієнт в режимі он-лайн (інтерактивна карта) сповіщається про переміщення дрона;
16. При подоланні 75% шляху, клієнт сповіщається про необхідність прийняти замовлення;
17. По прибутті на місце, дрон за допомогою безпечного маніпулятора спускає замовлення;
18. Відеокамера вмонтована в дрон фіксує факт отримання доставки клієнтом;
19. Клієнт сповіщається про новий статус замовлення "Доставлено";
20. Дрон повертається на склад, та проводиться необхідне обслуговування літального апарату.

UML-діаграму випадків використання зображено на рис. 3.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. Представлено комплексну систему для автоматизованої доставки медикаментів за допомогою безпілотних літальних апаратів. Було проаналізовано попередній досвід розробки схожих систем, загалом були розглянуті світові та вітчизняні розробки. Також було детально розглянуто юридичні обмеження що можуть вплинути на роботу системи. Після проведеного аналізу недоліків та переваг такого методу доставки, було

запропоновано комплексну архітектуру системи доставки, що включає в себе отримання замовлень, планування та зберігання замовлень, та, власне, їх виконання.

У ході проведеного дослідження було виявлено світовий тренд у розробці таких систем, та зацікавленість українських компаній у дослідженні цієї теми. Не було знайдено жодної інформації про дослідження українських компаній в сфері доставки медикаментів за допомогою дронів, що робить можливим припущення про актуальність такої системи на території України.

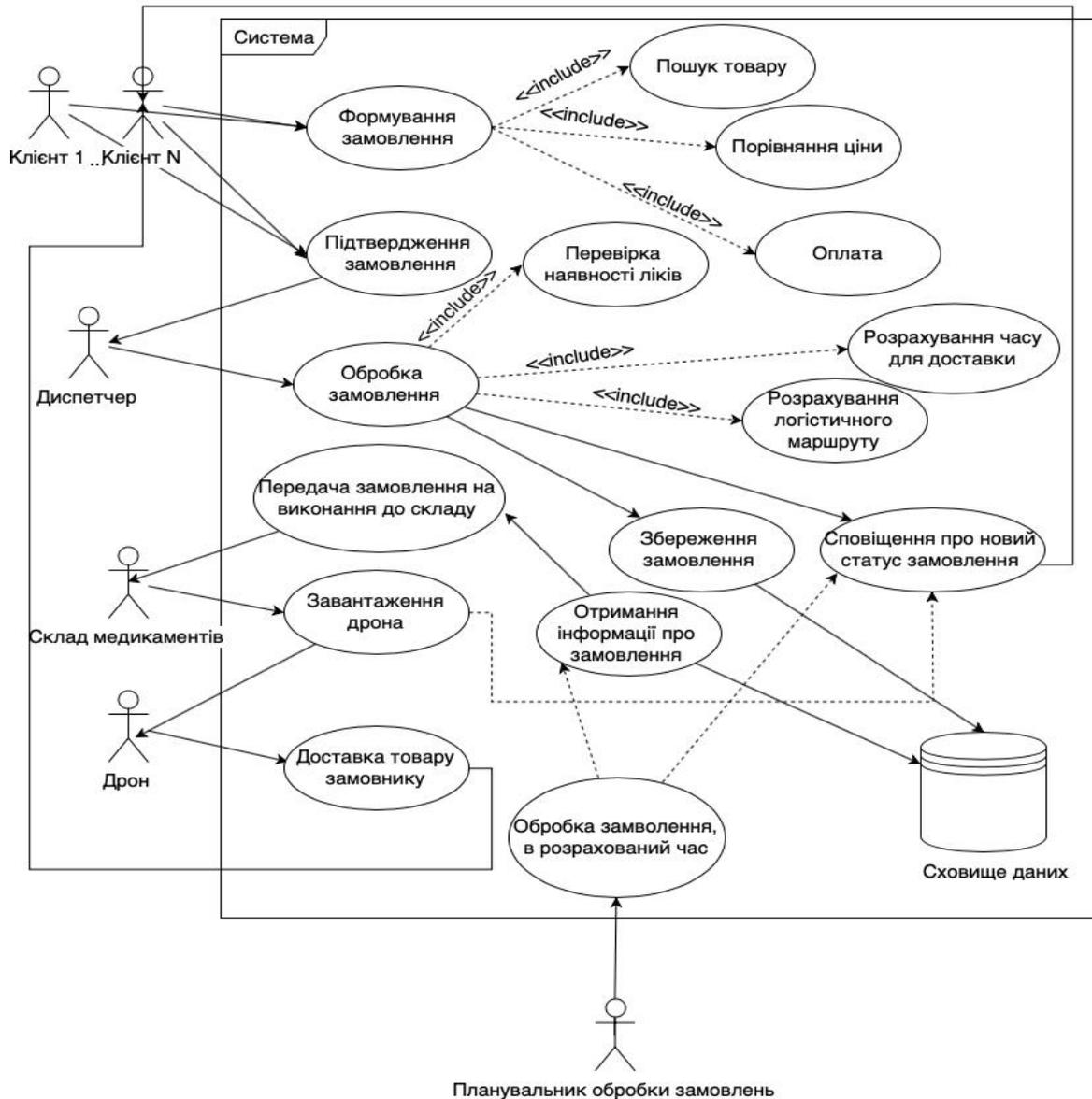


Рис. 3. Діаграма випадків використання концептуальної системи

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wikipedia, Amazon Prime Air. [Електронний ресурс] // URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Air.
2. Wikipedia, Delivery Drone. [Електронний ресурс] // URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Delivery_drone.
3. Alec Momont, Ambulance Drone. [Електронний ресурс] // URL: <https://www.tudelft.nl/en/ide/research/research-labs/applied-labs/ambulance-drone/>.
4. The New Times, Zipline to start assembling drones in Rwanda [Електронний ресурс] // URL: <https://www.newtimes.co.rw/news/zipline-start-assembling-drones-rwanda>.
5. CNBC. Drones will deliver defibrillators to 911 callers to help treat cardiac arrest. [Електронний ресурс] // URL: <https://www.cnbc.com/2017/10/10/watch-flirtey-and-remsa-deliver-defibrillators-by-drone-to-911-callers.html>.
6. Укрпошта. Укрпошта тестує доставку пошти дронами [Електронний ресурс] // URL: <https://ukrposhta.ua/ukrposhta-testuye-dostavku-poshti-dronami/>.
7. Delo.ua, “Нова Пошта” тестує доставку посилок безпілотниками. [Електронний ресурс] // URL:

- <https://delo.ua/business/novaja-pochta-testiruet-dostavku-posylok-bespilotnikami-335168/>.
8. Державна авіа служба України, Зони заборон та обмежень використання повітряного простору. [Електронний ресурс] // URL: <https://avia.gov.ua/bezpilotni-povitryani-sudna-2/zoni-zaboron-ta-obmezhen-vikoristannya-povitryanogo-prostoru/>.
 9. Ardupilot. Mission Planner [Електронний ресурс] // URL: <http://ardupilot.org/planner/docs/mission-planner-flight-data.html>.
 10. Wikipedia. HTTPS. [Електронний ресурс] // URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/HTTPS>.
 11. Ivan Ristic. Bulletproof SSL and TLS: Understanding and Deploying SSL/TLS and PKI to Secure Servers and Web Applications, Feisty Duck 2014.
 12. Bruce Schneier. Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C. 2nd edition. Wiley, 1993.
 13. Wikipedia. HTTPS. [Електронний ресурс] // URL: http://multicopterwiki.ru/index.php/ArduPilot_Mega .

UDC 621.391

¹B. Moroz, Dr. Sc. (Tech.), Prof.; ¹O. Syrotkina, Cand. Sc. (Tech.); ¹A. Marochko, Postgraduate Student.

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine.

AUTOMATED SYSTEM FOR ANALYZING AND RESEARCHING THE EFFECTIVENESS OF BUSINESS OPERATIONS

Мороз Б. І., Сироткіна О. І., Марочко А. М. Автоматизована система аналізу і досліджень ефективності торгової організації. Представлений комплексний алгоритм створення автоматизованої системи збору, складування, аналізу і досліджень торгової організації з синхронізацією і виводом в програму, встановлену на ПК або смартфон.

Ключові слова: Аналітична система, ефективність торгової організації, алгоритм аналізу і досліджень, моделювання і прогнозування результатів.

Мороз Б. И., Сироткина Е. И., Марочко А. Н. Автоматизированная система анализа и исследований эффективности торговой организации. Представлен комплексный алгоритм создания автоматизированной системы по сбору, хранению, анализу и исследований торговой организации с синхронизацией и выводом в приложение, установленным на ПК или смартфон.

Ключевые слова: Аналитическая система, эффективность торговой организации, алгоритм анализа и исследований, моделирование и прогнозирование результатов.

B. Moroz, O. Syrotkina, A. Marochko. Automated system for analyzing and researching the effectiveness of business operations. This paper presents a comprehensive algorithm for creating an automated system to collect, store, analyze and research data from a business. Its main features include synchronization with, and output to, an application installed on a PC or smartphone.

Keywords: Analytical system, effectiveness of business operations, algorithm analysis and research, modeling and forecasting results.

Introduction and formulation of the problem. The primary goal of any business is to make a profit. Baseline data in the analysis of the store's efficiency are data about sales: their volume, dynamics, and range. By analyzing these data, you can solve the following problems:

1. Identify which groups of products generate the biggest profit in the store, and which ones the smallest;
2. Obtain information on the effectiveness of marketing and management decisions;
3. Compare the efficiency of personnel on different shifts or in different stores;
4. Identify the effectiveness of seasonal sales.

Having collected the necessary data, placing them into the database, and structuring them we can define the weak and strong sides of the enterprise. Based on this, we can recommend improvements to the business in an easy-to-understand format, for example, visual indicators in the form of graphs or tables.

Aim of the article. We would like to offer a comprehensive algorithm for creating an automated system to collect, store, process and display the information about the workings of a business. This would allow us to show where efficiencies can be had, thus further increasing sales for that enterprise. We also describe the concept of collecting, storing, structuring, analyzing and displaying this information.

Analysis of previous experience in the development of similar systems. At the present time, there are a vast number of scientific developments regarding this topic:

- SPSS Statistics [1] is a computer program capable of processing statistical data and is one of the market leaders in the field of commercial statistical products intended for applied research in social sciences;
- Deductor [2] is a platform for creating complete analytical solutions. The platform employs advanced methods for extracting, rendering and analyzing data;
- Amazon GO [3] is similar to a brick-and-mortar shop, but without cash desks and queues. It is built in such a way that each customer authenticates himself at the entrance with a special application by simply lifting his smartphone to the turnstile. When taking goods from the shelf, he puts them in a basket and the purchases are debited from his bank account.

However, despite the abundance of scientific research (including any programs already implemented), one main issue still remains: the creation of a single, automated system to perform special functions to collect and analyze information. Further research and study is thus required in this area.

Disadvantages of the automated system:

1. A high level of dependency on various sorts of devices to collect information;
2. The need to put forward certain requirements for a business to provide software and technical support;
3. The need for a certain amount of time to adapt to the system, gain experience, and self-training;
4. The chance that the system could be unprofitable and costly for very small business.

Advantages of the automated system:

1. Unity of the system;
2. The opportunity to receive data in real time, for example, on a smartphone;
3. Self-training of the system and forecasting marketing factors, thus reducing the number of staff;
4. Future performance can be expected to accelerate, thereby increasing the efficiency of the enterprises.

Main part

To create an automated analysis and research system it is necessary to implement the following algorithm:

1. Collection of information;
2. Processing the information by way of recording and structuring it into the database;
3. Analysis of information;
4. Conclusions.

The sources of information collection within the shop are:

1. Turnstiles or doors that are able to track the flow of customers;
2. A cash system that provides all the information about the product and its pricing;
3. Cameras and other sensors.

The implementation algorithm proposed in this study is shown in Fig. 1

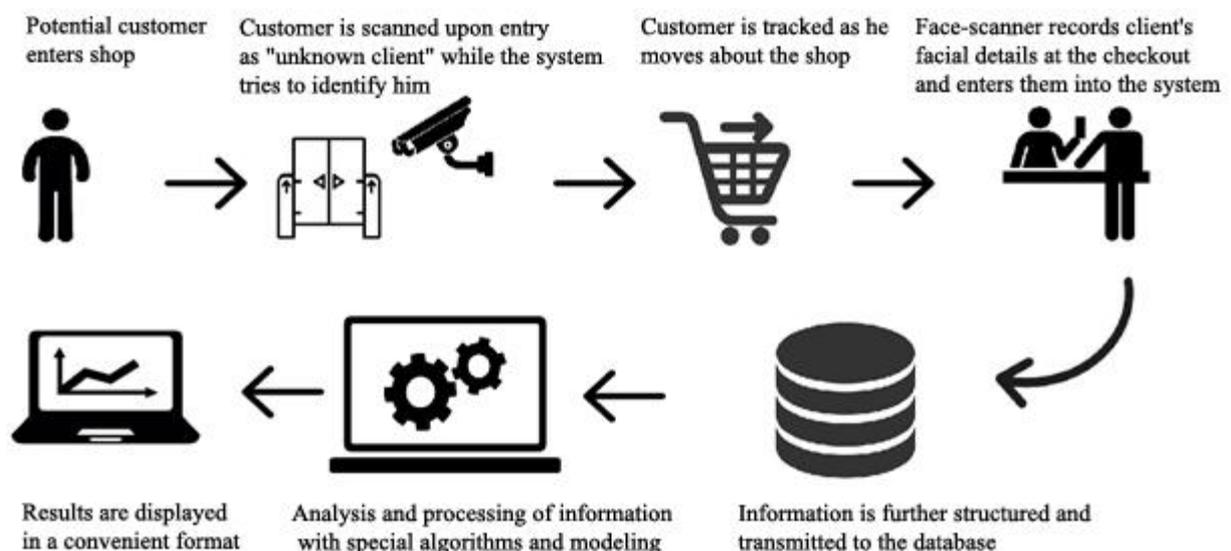


Fig. 1. Schematic of the system complex algorithm for collecting and analyzing business effectiveness

Consider all the stages of our algorithm. In order to assess how well the system works, it is necessary to know how many customers entered, how long they stayed, a heat map which records their movements, the time they spent considering whether or not to purchase a certain product and, finally, whether the customer actually purchased the product. The need for tracking technology is necessary throughout the enterprise. To begin with, we need to determine why the customer visited the shop. We can achieve this with the help of special doors, in which there are sensors to distinguish the output and input. In addition, we can provide cameras capable of instructing automated doors to reroute traffic in the event a door fails. Similarly, the technology can also redirect the number of customers to another door in the event of a heavy volume [4]. If this is not enough, it is possible to set sensors 40-50 cm above the floor to monitor the number of legs passing by [5].

An example of a door with sensors determining to monitor how many people enter a shop is shown in Fig. 2

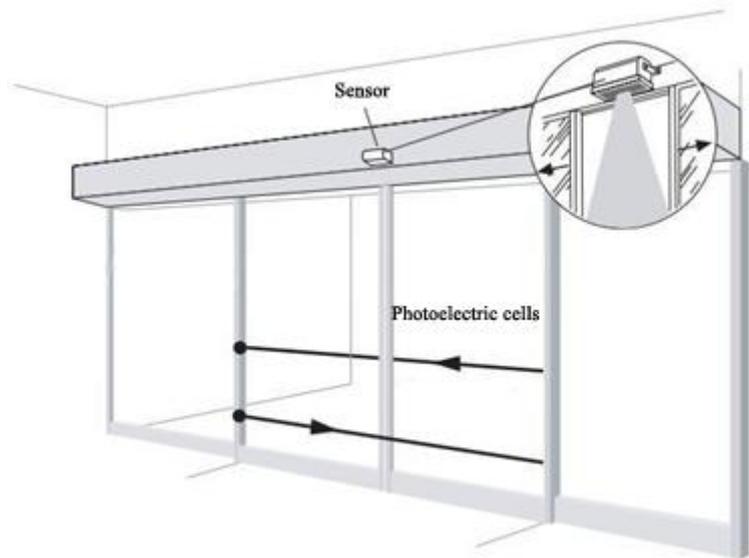


Fig. 2. Doors with sensors

There are special cameras to watch customers' movements throughout the shop. These cameras form a heat map in two-dimensional space, that is, on the floor. We can also obtain a heat map of the customer in three-dimensional space to determine the most popular sections, shelves, etc. That is, the customer's focus on a particular product. It is also possible to put sensors either near the goods or locate cameras near the floor, focusing perpendicularly on a rack, shelf, row, etc.

An example of a heat map of the customer's movements in the store is shown in Fig. 3.

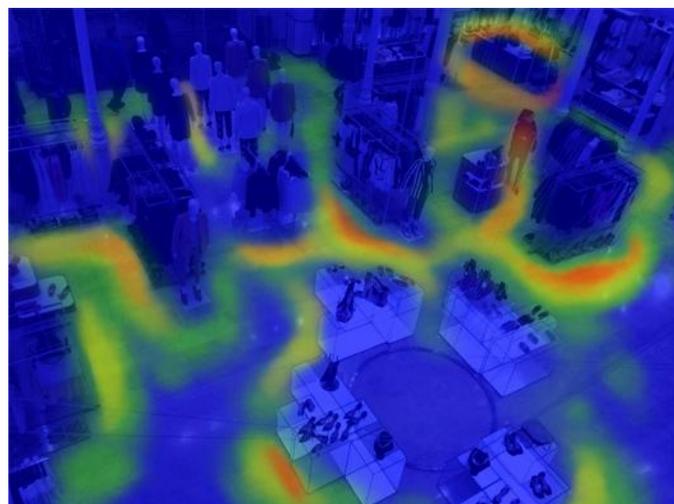


Fig. 3. An example of a heat map of the customers' movements

Similarly, we need to divide the "unknown" customers who entered and left without making a purchase and "identify" whom the system was able to recognize. Each customer entering the store is initially identified as "unknown" or "indefinite," but, nevertheless, is assigned a temporary identifier. The cameras provide identification and transfer their "guesses" to the system for processing [6].

If the customer wants to purchase the goods, he goes to the checkout where his face is clearly seen by the camera, which captures an image and very likely writes it to the database (if he is a new client) or compares it with this database and thus "recognizes" him. This is in contrast to a customer who comes in, spends some time in the store, maybe even handles the goods, but does not go to the checkout with them. This means he does not make a purchase and the system records him in the stream of the same customers. Based on this information we can find the most important indicator, which is the conversion rate.

An example of the camera installation providing further identification of the customer at the checkout is shown in Fig. 4. and Fig. 5



Fig. 4. Location of the camera near the checkout area



Fig. 5. Scanning and face recognition of a customer

The information collected should be stored, processed further and analyzed using OLAP technology. To store other data, we use relational MySQL or MongoDB databases. In the case of MongoDB, the data structure is based on documents. The data of most web applications are simple to display, so they are stored as an associated array [7]. The relational database is presented in the form of a more rigorous structure and imposes a number of restrictions. The main programming language will be JavaScript. React.js will be used for the client program and Node.js as the server platform. In this case, MongoDB will simplify the process of data exchange between the database and the server.

There are a vast number of indicators to establish the efficiency and effectiveness of a business. However, we are going to consider six fundamental indicators from which others are formed [8]:

1. Conversion is the ratio of customers who made a purchase to the total number of customers who entered the shop.

Conversion can be increased and decreased and made many times cheaper or more expensive during sales, promotions, seasonal discounts, as part of research, in the case of new goods and collections to be imported, and even at how well sales associates perform [9];

2. A receipt (average receipt) is an indicator that characterizes the average sale, and then outgrows in the dynamics of the average receipt;
3. Deriving sales from a square meter or a square is an indicator that determines the revenue per square meter, although it is rather controversial and often unreliable due to many factors that are difficult to forecast. However, it is important for planning purposes to use this limited retail space as efficiently as possible.
4. Volume of revenue (sales) can be measured not only in monetary units, but also in physical units (pieces, liters, meters, etc.);
5. Product returns are mainly analyzed in parallel with the reasons for these returns, but the ultimate responsibility for this can lie in the quality of goods, in mismanagement and incompetent sales personnel. It is enough for the system to determine what was returned, when it was returned and in what quantities;
6. Salary capacity is the ratio of wages to the cost of the products produced.

Having analyzed the acquired data, the system can reveal a trend, seasonality, and offers. It can help to choose the best model to accurately determine a sales estimate. Also, based on the old data the system has already learned, it can acquire the ability to make data adjustments without requiring particularly complicated skills from the operator.

The system will model the best product decisions, price list, seasonality, number of personnel, and the required retail floor space. It would perform based on the calculations of the data and preferences defined by the operator. It is also based on comparisons with other methods and data using past experience. Ultimately, all these data will be presented in a convenient format in the form of charts, tables, and cross-diagrams [10]. It will also be possible to synchronize certain sensors and data at each of the stages with subsequent output to the application installed on a PC or smartphone.

Conclusions and prospects for further development. We presented a new system for collecting and analyzing information to assess business efficiency. We proposed a whole cycle of analysis: data preparation, selection of information types, systematization, modeling, forecasting, post-processing and concluding with an interpretation of the results. All of this is presented in a format convenient to the end user.

1. IBM SPSS Statistics. [Electronic resource] // URL <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>.
2. Deductor. [Electronic resource] // URL <https://basegroup.ru/deductor/description>.
3. Amazon GO. [Electronic resource] // URL <https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=16008589011>.
4. Stan Z. Li Anil K. Jain Springer-Verlag: Aspects Face Recognition Across the Imaging Spectrum, 2016. –P. 233-242.
5. Tim Dobbert: Matchmoving: the invisible art of camera tracking, 2005. – P. 64-70.
6. Charu C. Aggarwal: Neural Networks and Deep Learning, 2018. –P. 100-120.
7. Kristina Chodorow: MongoDB: The Definitive Guide: Powerful and Scalable Data Storage, 2010. –P. 54-69.p.
8. Howard Podeswa: The Business Analyst's Handbook, 2008. –P. 62-74.
9. Lindsey Peacock. In-person Selling and Pop-Up Shops. [Electronic resource] // URL: <https://www.shopify.com/retail/10-unique-tools-retailers-can-use-to-measure-in-store-metrics>.
10. Ronny Max. Mall Analytics. [Electronic resource] // URL: <https://behavioranalyticsretail.com/mall-analytics/>.

УДК 004.031

М.М. Поліщук, П.В. Саварин, Т.С. Олещук, Б.І. Марчук
Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ GSM GPS- ТРЕКЕРА

М.М. Поліщук, П.В. Саварин, Т.С. Олещук, Б.І. Марчук. Розробка програмно-апаратного забезпечення для створення GSM GPS- трекера В статті розглянуті системи передавання даних, проведено аналіз систем супутникового зв'язку. Описано етапи розробки програмно-апаратного забезпечення для GSM GPS-трекера на базі мікроконтролера STM32F407VET6. В статті описано вибір та перелік апаратного забезпечення розробленої системи передавання даних, а також прошивка мікроконтролера з під'єднанням до дисплея.

Ключові слова: модуля позиціонування, модуль GSM, дисплей; мікроконтролер, система зв'язку, конвертер, трекет, автономна система.

Н.Н. Полищук, П.В. Саварин, Т.С. Олещук, Б.И. Марчук. Разработка программно-апаратного обеспечения для создания GSM GPS- трекера. В статье рассмотрены системы передачи данных, проведен анализ систем спутниковой связи. Описаны этапы разработки программно-апаратного обеспечения для GSM GPS-трекера на базе микроконтроллера STM32F407VET6. В статье описано выбор и перечень аппаратного обеспечения разработанной системы передачи данных, а также прошивка микроконтроллера с подключением к дисплею.

Ключевые слова: модуля позиционирования, модуль GSM, дисплей микроконтроллер, система связи, конвертер, трекет, автономная система.

M. M Polishchuk, P.V. Savaryn, T.S. Oleschuk, B.I. Marchuk Development of software and hardware for creating GSM GPS tracker. In the article the systems of data transmission are considered, the analysis of satellite communication systems is carried out. The stages of development of hardware and software for the GSM GPS tracker based on the STM32F407VET6 microcontroller are described. The article describes the choice and list of hardware of the developed data transmission system, as well as firmware of the microcontroller with connection to the display.

Keywords: positioning module, GSM module, display; microcontroller, communication system, converter, track, autonomous system.

Постановка проблеми: Багато хто сьогодні використовує системи передавання даних під час подорожей, аби не заблукати та зрештою дістатися пункту призначення. У всьому світі стрімко зростає потреба передачі географічних координат на відстані. Для водіїв системи передавання даних, так звані GPS-навігатори, стали зручним провідником на місцевості, замінивши традиційні паперові мапи. Та сьогодні система глобального позиціонування використовується не лише для орієнтації у просторі, але й у багатьох інших, часом неочікуваних сферах життя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: З урахуванням аналізу різних літературних джерел [1-5]: система супутникового зв'язку – це створюване з використанням ракетно-стартових комплексів орбітальне угруповання космічних апаратів, допоміжних підсистем багаторівневої сукупності ліній зв'язку, що включає земні станції, середовище поширення, супутникові і земні ретранслятори, синтезуючі за певними умовами, принципами і критеріями у вигляді розподіленої функціональної структури з безліччю параметрів.

Супутниковий зв'язок є швидко розвиненим перспективним видом зв'язку, що обумовлено головним чином наступними його перевагами:

- можливість обслуговування абонентів, віддалених на значні відстані і розташованих в будь-яких регіонах Землі;
- простота реконфігурації систем супутникового зв'язку при зміні місць розташування абонентів;
- незалежність витрат при організації зв'язку від відстані між об'єктами;
- деякі впливи атмосферних явищ і географічних особливостей місць використання земної станції (супутникового телефону) на стійкість зв'язку.

Склад системи супутникового зв'язку, що має підмножини компонентів на різних рівнях, в самій загальній конфігурації представлено на рис. 1.

До складу систем супутникового зв'язку зазвичай включають:

- космічний сегмент (супутники, ретранслятори, антенно-фідерні пристрої);
- земний сегмент;
- ракетно-космічний комплекс;
- стартовий комплекс;
- підсистема управління.

Регламент радіозв'язку визначає «космічну систему» як «будь-яку групу, яка є спільно із земними і (або) космічними станціями, які використовують космічний зв'язок для певних цілей», а «супутникову систему» як «космічну систему, що використовує один або кілька штучних супутників землі».

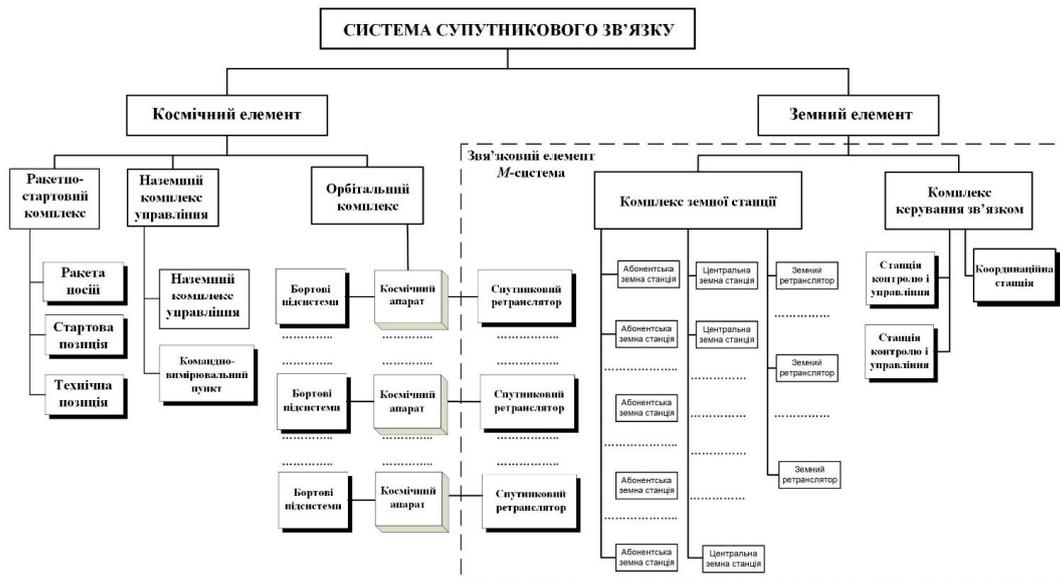


Рис. 1. Загальна конфігурація супутникової системи зв'язку

З урахуванням аналізу різних літературних джерел визначення систем супутникового зв'язку може бути сформульовано таким чином: система супутникового зв'язку – це створюване з використанням ракетно-стартових комплексів орбітальне угруповання космічних апаратів, допоміжних підсистем багаторівневої сукупності ліній зв'язку, що включає земні станції, середовище поширення, супутникові і земні ретранслятори, синтезуючі за певними умовами, принципами і критеріями у вигляді розподіленої функціональної структури з безліччю параметрів.

Рішення завдання синтезу багато-супутникової системи (часто називають М-системою) в найбільш загальному і закінченому вигляді досить складно, і мало можливо аналітичним шляхом. Зазвичай на практиці вибір структури, параметрів і характеристик систем супутникового зв'язку (орбітальних, енергетичних, частотних, сигнальних і пр.) залежить від багатьох умов і визначається різними міркуваннями. При цьому пріоритет часто віддається апробованим, традиційним технічним ідеям і рішенням, які мають аналоги [6].

Мета даної роботи полягає у створенні системи передачі даних GSM GPS-трекера на базі мікроконтролера STM32F407.

Виклад основного матеріалу. Супутникові навігаційні системи засновані на використанні координовані за рухом і випромінюванням сигналів мережі навігаційних штучних супутників Землі. Супутникові навігаційні системи забезпечують безперервне і практично миттєве визначення місця розташування і швидкості споживача в переважній більшості районів земної кулі (глобальні системи) з точністю, яка зазвичай значно перевищує точність інших навігаційних систем.

Структурна схема, створеної, автономної системи представлено на рис. 2, яка розроблена з використанням:

- модуля позиціонування на базі U-Blox NEO-7M,
- модуля GSM SIM800 MicroSIM,
- TFT LCD дисплей;
- мікроконтролера STM32F407.

Мікроконтролери STM32 здобувають все більшу популярність завдяки своїй потужності, досить різномірній периферії, та своєї гнучкості. У мікроконтролері STM32F407VET6 використовується тестова плата.

Цей мікроконтролер не є найпотужнішим серед STM32, але і не самий слабкий. Існують різні тестові плати, у томі числі і дуже дорогі, які коштують близько 20\$. На таких платах є майже те саме, що і на нашій платі, плюс програматор. В нашому випадку ми використовували програматор окремо.

Характеристики мікроконтролера STM32F407VET6

- ядро: 32-бітний RISC Corex-M4

- особливості: однократні інструкції DSP
- робоча частота: 168 МГц (210DMIPS / 1025 DMIPS / MHZ)
- робоча напруга: 1,8-3,6 В

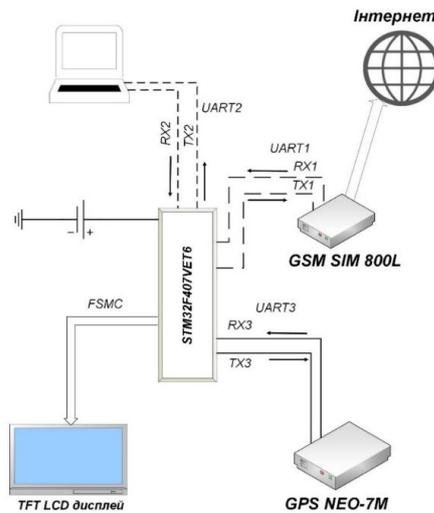


Рис. 2. Структурна схема GSM GPS-трекера

Будова плати мікроконтролера STM32F407VET6 представлено на рис 3.

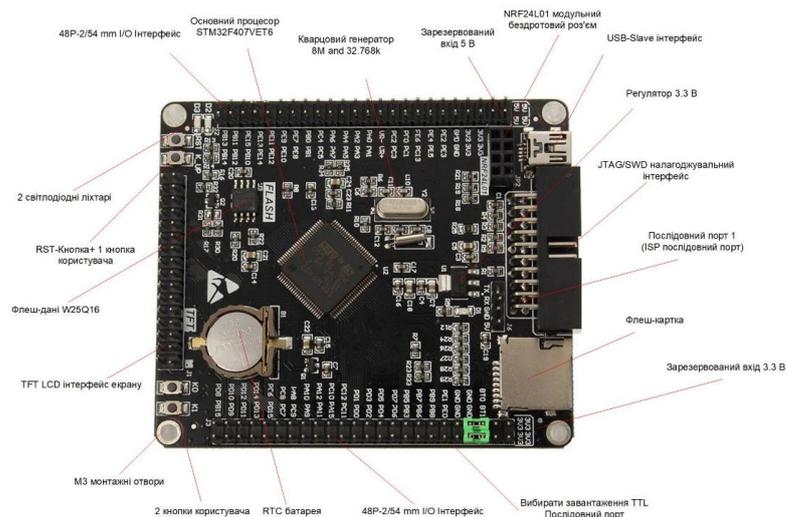


Рис. 3. Будова відлагоджувальної плати

Прошивка STM32 відбувалась за допомогою ST-Link програматора під Windows. При використанні програматора ST-Link піни BOOT0 і BOOT1 не використовуються і мають стояти у стандартному положенні для звичайної роботи контролера. Качаємо з сайту "st.com" утиліту "STM32 ST-LINK Utility". Встановлюємо її. З нею має бути встановлений і драйвер для ST-Link. Якщо ні, качаємо і встановлюємо драйвери ST-Link. Підключаємо ST-Link у USB- конектор, а відповідні виводи програматора підключаємо до виводів тестової плати згідно маркування.

Після завершення прошивки і перевірки завантажена програма мікроконтролера автоматично запуститься [7], як показано на рис. 4.

Підключення модуля GPS NEO-7M

GPS приймач на модулі uBlox NEO-7M забезпечує високу точність і стабільність частоти вихідного опорного сигналу. При цьому вартість плати становить всього 22-26 USD на eBay, 4\$ на Aliexpress. І що найцікавіше - вихідний опорний сигнал міг програмно встановлюватися від 0.25Гц до 10 МГц (на відміну від старого приймача Rockwell / Conexant / Navman Jupiter GPS, який мав вихід опорного сигналу тільки на 10 кГц) [8].

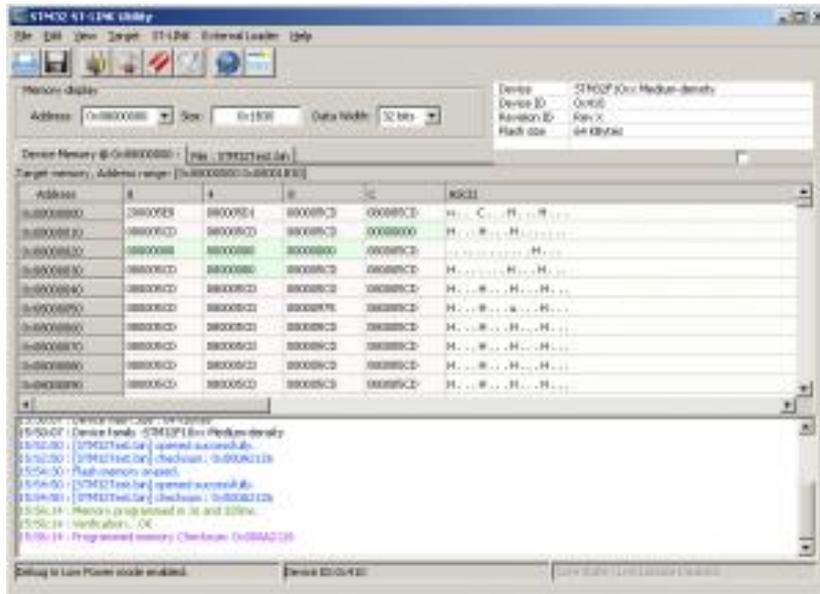


Рис. 4. Запуск програми мікроконтролера

Основні переваги GPS модуля від швейцарської компанії **u-blox** це – наявність GLONASS, хороша доступна документація і наявність власного сервісу AGPS.

Підтримка активних і пасивних антен, саме у 7M немає можливості програмно вимкати живлення активної антени, тому для енергозбереження потрібно зробити одну із запропонованих в документації схем апаратного виключення ззовні.

Інтерфейси: UART, SPI, I2C, USB

UART і I2C працюють одночасно, а ось SPI потрібно працювати за допомогою виведення D_SEL. Відповідно можна зробити кероване перемикання, наприклад підключивши GPIO до виходу D_SEL. Для наших цілей UART – це достатньо та дуже зручно. Також перемикання протоколу обміну немає великого сенсу, загальний вигляд модуля. Елементна база, яку я використовується цілком доступна в Україні. За винятком RF індуктивності 27nH, яку рекомендує виробник, схема представлена на рис. 5.

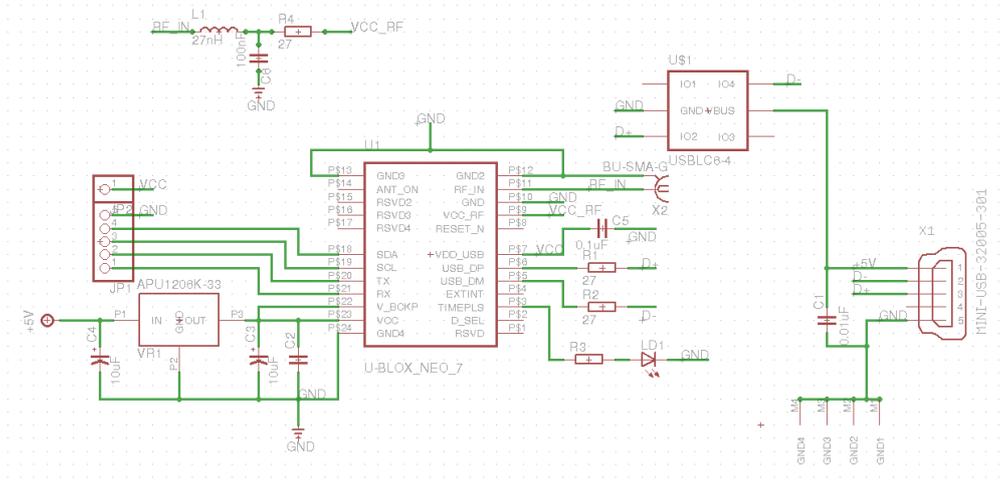


Рис. 5. Схема підключення модуля

На нижньому боці плати є 5 виходів:

- 2 виведення UART помічені як «Rx» «Tx»
- 2 виведення I2C помічені як «SDA» «SCL»
- 1 контакт для сигнальної «землі»

Також є SMA – female роз'єм для підключення активної / пасивної антени. На верхній стороні є самоточний пін 3.3В. Він не був запланований і не був розлучений на PCB спочатку, звідси вийшов висить в повітрі конденсатор, антена використовується активна.

У u-blox є свій власний БНАР протокол, який нарівні з NMEA вміє передавати інформацію про місцезнаходження, і багато іншого. Всі елементи працюють у зв'язці з PC і Cubieboard.

Основний недолік цього модуля полягає в тому, що GPS і GLONASS не можуть працювати одночасно. Доводиться програмно перемикатися між ними [9].

Підключення TFT LCD дисплея до мікроконтролера. Використання FSMC

Однією особливістю мікроконтролерів STM32 – а саме модуль FSMC, що є практично незамінною при роботі із зовнішньою пам'яттю, або, наприклад, з графічним дисплеєм. Власне потрібно підключити дисплей за допомогою модуля FSMC.

FSMC реалізує паралельний інтерфейс обміну даними між різними пристроями, це просто паралельна шина. Використовуючи FSMC при роботі із зовнішньою пам'яттю, ми отримуємо можливість включити зовнішню пам'ять в адресний простір мікроконтролера. Це дає звернення до зовнішньої пам'яті, що значно спрощується – необхідно просто звертатися до ОЗУ мікроконтролера за певними заданими адресами. Тобто всю роботу з тимчасовими діаграмами, таймінгами і іншим модуль FSMC бере на себе. Потрібно просто написати дані за адресою, а FSMC смикає лінії даних, повністю здійснюючи безпосередню роботу з тим, що підключається пристроєм.

Схожим чином працює вся ця справа і при підключенні дисплеїв. Але все-таки тут трохи інакше. Нехай у нас є дисплей, у якого є такі виходи: DB [17: 0] - 18 ліній для передачі даних (не забуваємо, що тут у нас паралельна передача даних, а не послідовна)

Також є виходи для вирішення запису/читання – туди ми повинні видавати синхро-імпульси в певній послідовності. Крім того, у дисплея є виходи: chip select'a, reset і т.д.

Щоб всім цим управляти, нам і допоможе FSMC. І не просто допоможе, а всю роботу візьме на себе. Якщо вже підключений дисплей правильно, написана програма для FSMC STM32. Робота дисплея схожа на роботу із зовнішньою пам'яттю. Потрібно лише вносити дані за певною адресою, а FSMC буде в цей час розподіляти їх лініями даних, стежити за часовими інтервалами, передавати всі інші необхідні дисплею сигнали. А щоб розділити передачу даних і команд ми повинні записувати байти за різними адресами.

У дисплея є вихід для вибору – дані/команда. Тобто станом цього виходу дисплей вирішує, що саме зараз до нього надійде. А у FSMC є шина адреси і шина даних. Так ось цей вихід дисплея підключається до якогось піну шини адреси. І якщо підключити його до 16 виходу шини адреси, то записавши який-небудь байт з будь-якого (!) Адресу з нульовим 16 бітом ми подамо дисплею команду.

Коли вирішили підключений 16 біт шини адреси, тоді беремо адресу з доступних FSMC - 0x60000000. Бачимо, що в цьому значенні 16 біт дорівнює нулю, а значить, коли ми запишемо значення за цією адресою, FSMC подасть дисплею сигнал на запис, також повідомить дисплею, що зараз буде команда, ну і, звичайно ж, видасть на шину самі дані. А якщо ми запишемо значення за адресою 0x60010000 (16 біт - одиниця) То FSMC все вирішить і передасть дисплею дані. Ось так все просто). Але, якщо, у 16-бітному режимі роботи FSMC 16 біт шини адреси відповідає 17-му бітку адреси (тобто 0x60020000). Тоді, всі інші адреси також будуть зміщені на 1 біт в цьому режимі.

Робота з дисплеєм і з зовнішньою пам'яттю з точки зору програміста виглядає однаково, але на ділі все не так. При роботі з дисплеєм ніяка пам'ять нікуди не «проектується», умовно пишуться дані за адресами, але це всього лише дає FSMC сигнал про те, що пора починати діяти

Для роботи з FSMC було використано Standard Peripheral Library. Там все аналогічно будь-який інший периферії, хіба що налаштувань побільше.

Робота з FSMC буде за допомогою плати MiniSTM32 [10]. Там уже встановлений дисплей, так що ніяких зайвих рухів тіла не буде потрібно, схема підключення дисплея представлено на рис. 6

Якщо звернути увагу на терморегулятори конкретного дисплея і на виходи FSMC мікроконтролера, то видно, що вони точно відповідають один одному.

Для того щоб фарбувати дисплей в певний колір потрібно спочатку залити екран червоним, потім зеленим і потім синім (RGB). Отже, потрібно отримати миготливий дисплей, на якому змінюють один одного три кольори. Дані будемо передавати в 16-бітному режимі (рис. 7).

Червоному кольору відповідає - 111111 000000 000000.

Зеленому - 000000 111111 000000.

Синього - 000000 000000 111111.

Як видно з рис. 7, на 18 біт кольору припадають 16 біт даних, в результаті отримуємо наступне:

- для червоного – 0xF800;
- для зеленого – 0x07E0;
- для синього – 0x001F.

Слідуючий етап є написання програми. Ініціалізація дисплея взята з китайських прикладів програм, які йшли разом з платою.

Число 76800 – кількість точок дисплея. Все інше начебто зрозуміло, з настройками FSMC теж ясно, як завжди в SPL все поля структури названі логічно і адекватно їх функції. Після прошивки програми в контролер дисплей починає справно підморгувати [11].

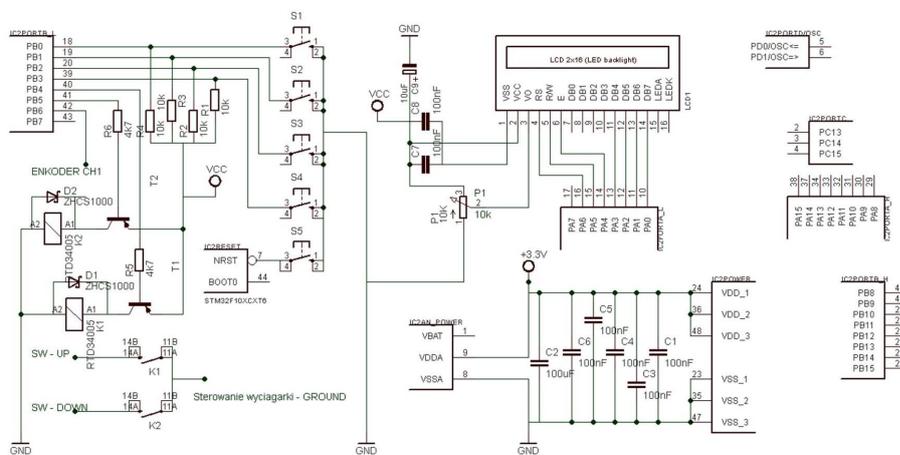


Рис. 6. Схема підключення дисплея

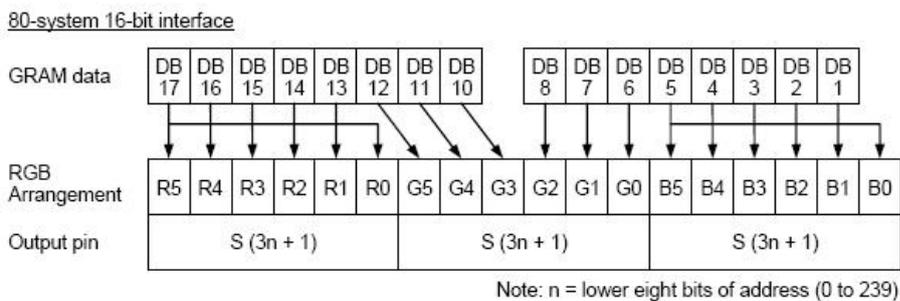


Рис. 7. 16-ти бітний режим передавання

Для перевірки працездатності пристрою досить мати ПК і сімкарту з невеликим грошовим рахунком. Перевірку працездатності можна проводити за двома методами підключення модуля до ПК: через перетворювач інтерфейсів USB-UART або використовуючи Arduino UNO. Розглянемо метод перевірки без Arduino. Встановлюємо сімкарту в модуль GSM GPRS, дотримуючись розташування контактів. З'єднайте ПК через перетворювач інтерфейсів USB-UART з пристроєм за схемою наведеної вище. Підключіть живлення номінальною напругою. Дочекайтеся орієнтуючись на мигання світлодіода підключення до мобільного оператора. Увімкніть на ПК термінальну програму. Дані в неї слід вводити великими буквами. Використовуючи термінальну програму відправляємо в модуль GSM GPRS SIM800 через порт підключення наступні команди.

AT

Відповідь модуля OK

AT + CSQ

Відповідь модуля + CSQ: 18,0 OK

Ця команда дає інформацію про рівень сигналу. Перше число – рівень сигналу, величина 18 означає – 78 dbm. Друге число – кількість помилково прийнятих біт, величина "0" говорить про частку помилок менше 0,2%, що свідчить про хорошу зв'язку (рис. 8).

Використовуємо перетворювача USB-UART, то можна використовувати Arduino UNO. Потрібно з'єднати контакт RX модуля SIM800L з контактом 11 цифрового сигналу Arduino UNO застосовуючи резисторний дільник напруги. Після цього з'єднуємо контакт TX модуля SIM800L з контактом 10 цифрового сигналу Arduino UNO. Завантажимо в Ардуіно програму, текст якої наведено далі. Тут використовується бібліотека SoftwareSerial дозволяє реалізувати послідовний інтерфейс на будь-яких цифрових висновках Ардуіно за допомогою програмних засобів, які дублюють функціональність UART [12].



Рис. 8. Відправка команд у модуль

Текст програми:

```
#include
SoftwareSerial mySerial(10, 11); // RX, TX
void setup()
{
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);
}
void loop() // run over and over
{
  if (mySerial.available())
    Serial.write(mySerial.read());
  if (Serial.available())
  {
    while(Serial.available())
    {
      mySerial.write(Serial.read());
    }
    mySerial.println();
  }
}
```

Підключення конвертера CH340G CH340 модуля USB к TTL

Для USB-моста CH340G на комп'ютері необхідно встановити драйвер, остання офіційна версія якого знаходиться на сайті виробника. Якщо вам не вдається розібратися в китайській грамоті, то копії драйверів можна завантажити звідси. Після звичайної установки драйвера необхідно переконаватися, що при включенні модуля в USB-роз'єм з'являється новий COM-порт «USB-SERIAL-CH340» і подивитися який номер порту система виділила для нього.

Узагальнений шлях до портів в Win-операціонках: *Панель управління / Система / Обладнання / Диспетчер пристроїв / Порти (COM)*. якщо далі пройти по *Властивості / Параметри / Додатково*, то можна змінити номер порту і швидкість роботи за замовчуванням. Однак слід пам'ятати, що зазвичай швидкістю порту управляє прикладна програма.

Для перевірки працездатності модуля треба з'єднати між собою лінії RXD і TXD і відсилаючи будь-яку термінальну програмою символи, переконається в їх поверненні підключення пристрою якщо мікроконтролер має своє харчування, то модуль підключається трьома проводами: GND, TxD, RxD.

Приймач модуля RxD треба підключати до передавача мікроконтролера TX і, відповідно, TxD до RX! Рівень сигналів на лініях TxD, RxD задається джампером, який з'єднує лінію VCC с висновками 3.3V або 5.0V. щоб виключити перекося між модулем і мікро контролером при виключенні живлення, рекомендується на час налагодження з цих же висновків взяти харчування для плати мікроконтролера – до 400mA від виведення 5.0V і до 50mA від 3.3V. В цьому випадку з'єднувальний джгут має 4 дроти і перемичку замість джампера [13]. Схема підключення до мікроконтролера представлено на рис. 9.

Розроблена автономна система передачі даних, яку можна застосувати для отримання координат місця знаходження автомобіля або іншого транспортного засобу. Прилад є досить надійним, здатний безвідмовно виконувати задані функції протягом тривалого часу. Плата має невеликі розміри, споживає малу кількість електроенергії.

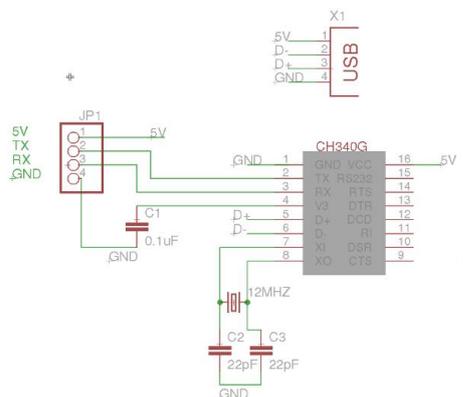


Рис. 9. Схема підключення конвертера

Загальний вигляд автономної системи представлено на рис. 10.

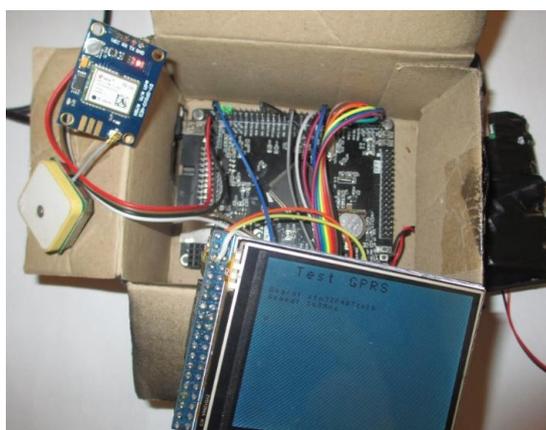


Рис. 10. Фото розробленого GSM GPS-трекер на базі мікроконтролера STM32F407

1. Передавання даних [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Передавання_даних – Назва з екрану (Дата звернення 22.11.16)
2. Синхронна передача [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://contes.te.ua/sinkhronnaja_peredacha.html – Назва з екрану (Дата звернення 10.09.2016)
3. Антонюк Анатолій Олександрович. Основи захисту інформації в автоматизованих системах: Навч. посіб. / Національний ун-т "Києво-Могилянська академія". - К. : КМ Академія, 2003. - 244с.
4. Білинський Й.Й. Типова система передачі даних / Й.Й. Білинський, К.В. Огородник, М.Й. Юкиш // Електронні системи (посібник) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://posibnyky.vntu.edu.ua/e_s/5.htm – Назва з екрану (Дата звернення 27.11.2016)
5. Типова система передачі даних [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://studopedia.su/5_16071_tipova-sistema-peredachi-danih.html – Назва з екрану (Дата звернення 01.12.2016)
6. Андрій Яшук. Системи безпроводних технологій передачі даних: Навчальний посібник / Матеріали були підготовлені в рамках Проекту ПЛ-НТУ. Транскордонний обмін досвідом ІРВU.03.01.00-06-386/11-00, - 313 с.
7. STM32. Програмування STM32F103. Тестова плата. Прошивка через послідовний порт та через ST-Link програматор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.avislab.com/blog/stm32_st_link/ – Назва з екрану (Дата звернення 31.01.2018).
8. uBlox NEO-7M: GPSDO или путь к GPSDO? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ra3arpw.ru/proekty/ublox-neo-7m/> – Назва з екрану (Дата звернення 04.03.2018).
9. Модуль позиціонування на базі u-blox NEO-7M [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habrahabr.ru/post/233925/> – Назва з екрану (Дата звернення 15.03.2018).
10. Быстрый старт с отладочной платой Mini STM32 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://microtechnics.ru/stm32-i-displej-ispolzovanie-fsmc/> – Назва з екрану (Дата звернення 10.03.2018).
11. STM32 и дисплей. Использование FSMC. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://microtechnics.ru/bystryj-start-s-ofladочноj-platoj-mini-stm32/> – Назва з екрану (Дата звернення 11.03.2018).
12. Модуль GSM GPRS SIM800 MicroSIM с антенной и ардуино [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.electronic52.in.ua/proekty-arduino/modul-gsm-gprs-sim800-microsim-s-antenoj> – Назва з екрану (Дата звернення 04.04.2018).
13. CH340G CH340 модуля USB к TTL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.aliexpress.com/item/Free-Shipping-CH340-module-USB-to-TTL-CH340G-upgrade-download-a-small-wire-brush-plate-STC/32713914780.html?spm=2114.13010608.0.0.8Oq4Oj> – Назва з екрану (Дата звернення 14.01.2018).

УДК 004.5

Саварин П.В., Ящук А.А., Поліщук М.М., Великий О.А.
Луцький національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ СЕНСОРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНО-МАШИННИХ ІНТЕРФЕЙСІВ

Саварин П.В., Ящук А.А., Поліщук М.М., Великий О.А. Перспективи сенсорної взаємодії людино-машинних інтерфейсів. У статті проведено огляд сучасного стану основних методів та способів взаємодії людино-машинних інтерфейсів. Показано перспективність та доцільність роботи в напрямку розробки нових інтерфейсів взаємодії. Визначено, що безконтактні методи взаємодії знаходять все більше застосування на сучасному ринку технологій. Вирішено розробляти систему розпізнавання жестів для передачі керуючих сигналів комп'ютерній системі на основі використання сенсорів визначення відстані до об'єктів.

Ключові слова: метод взаємодії, людино-машинний інтерфейс, сенсор, сенсорна взаємодія, жест, керуючий сигнал, комп'ютерна система, ультразвуковий датчик.

Саварин П.В., Ящук А.А., Полищук Н.Н., Великий А.А. Перспективы сенсорного взаимодействия человеко-машинных интерфейсов. В статье проведен обзор и современное состояние основных методов и способов взаимодействия человеко-машинных интерфейсов. Показана перспективность и целесообразность работы в направлении разработки новых интерфейсов взаимодействия. Определено, что бесконтактные методы взаимодействия находят все большее применение на современном рынке технологий и во многих случаях оказывают лучший для пользователей интерфейс работы с компьютерными системами. Решено разрабатывать систему распознавания жестов для передачи управляющих сигналов компьютеру на основе использования сенсоров определения расстояния до объектов.

Ключевые слова: метод взаимодействия, человеко-машинный интерфейс, сенсор, сенсорное взаимодействие, жест, управляющий сигнал, компьютерная система, ультразвуковой датчик.

Savaryn P.V., Yashchuk A.A., Polischuk M.M., Velykyi O.A. Research of methods of interaction of human-machine interfaces. The article reviews the current state of the basic methods and methods of interaction of human-machine interfaces. The perspective and expediency of work in the direction of development of new interfaces of interaction is shown. It is determined that contactless interaction methods are increasingly used in the modern technology market and in many cases provide the best user interface for working with computer systems. It was decided to develop a gesture recognition system for transmitting control signals to a computer based on the use of sensors to determine the distance to objects.

Key words: interaction method, human-machine interface, sensor, sensory interaction, gesture, control signal, computer system, ultrasonic sensor.

Постановка наукової проблеми та завдання дослідження. На сьогоднішній день обчислювальна техніка використовується в багатьох сферах людської діяльності, будучи зручним і багатофункціональним інструментом для вирішення широкого спектру завдань. Однак, користувачі комп'ютерів змушені використовувати способи взаємодії, які все ще слабо адаптовані до всіх можливостей людського обміну інформацією.

У взаємодії людини і комп'ютера існують два інформаційних потоки:

- керуючі команди і дані, що передаються комп'ютеру для обробки;
- результати обчислень і інша інформація, яка надається комп'ютером користувачеві.

Протягом тривалого часу єдиним можливим способом взаємодії з комп'ютером був механічний: важелі, вентилі, кнопки тощо. З розвитком електроніки, механічні інструменти для взаємодії з машинами еволюціонували і тепер основними засобами взаємодії з комп'ютером стали клавіатура, миша, джойстик, сенсорна панель тощо. Кожен з перелічених контактних методів у більшості випадків задовольняє всім вищезгаданим критеріям, а широкий вибір серед електронних маніпуляторів дозволяє людям з обмеженими можливостями обрати собі такий пристрій, з яким вони можуть більш-менш зручно працювати.

Проте різноманіття ситуацій, у яких людина використовує комп'ютер, постійно зростає. Таким чином виявляються обмеження на використання контактних методів взаємодії, які впливають на вищезгадані характеристики людино-машинних інтерфейсів. Тому з розвитком науки і техніки з'являються і розвиваються альтернативні безконтактні методи взаємодії з комп'ютером, які і розглянемо та проаналізуємо у цій статті.

Зараз на ринку існує багато безконтактних методів взаємодії людини з комп'ютером (в основному оптичних і голосових). Не зважаючи на відносну новизну таких підходів до керування машинами, вони виявилися зручними та безпечними, і продовжують вдосконалюватися з кожним новим поколінням.

У зв'язку зі зростанням різноманітних потреб до людино-машинної взаємодії, ця взаємодія мусить за багатьох обставин бути ефективною, безпечною і доступною також для людей з

обмеженими фізичними можливостями. Наразі, механічна взаємодія з комп'ютером має ряд недоліків, які можуть бути усунуті шляхом використання безконтактних методів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технології, що лежать в основі сучасних методів взаємодії людини-користувача з комп'ютерними системами, відрізняються між собою за методами отримання вхідної інформації. Однак, спільним для них є те, що вихідними даними повинна бути певна команда, значення або набір команд з параметрами, які і несуть функціональне призначення, передаючи керуючі сигнали до об'єкта взаємодії.

Кожна технологія прийому вхідних даних має свої переваги та недоліки, які визначають її ефективність до використання у тих чи інших системах. Розглянемо представників деяких популярних на сьогоднішній день методів керування комп'ютерними системами та проаналізуємо засоби, що лежать у їхній основі.

Розпочнемо з механічних (традиційних) методів, до яких можемо віднести добре знайомі нам клавіатуру, мишу, джойстик та ін. В основі даних способів вводу інформації лежить принцип розпізнавання натисків клавіш (кнопок), відповідно до яких генерується код відповідного знаку або ініціюється деяка дія [1]. Сьогодні клавіатури та джойстики не обов'язково повинні бути механічними та окремими пристроями. Будь-який сучасний сенсорний телефон може виконувати дану роль відповідно до потреб користувача. На заміну традиційним пристроям все частіше приходять технології, що дозволяють користувачу без додаткового обладнання та прямого контакту передавати керуючі сигнали. Однією з таких є голосове керування. Голосовий інтерфейс користувача спроможний забезпечити зручний і гнучкий спосіб взаємодії людини з комп'ютером, оскільки для його використання не потрібно опановувати новими навичками [2].

Ринок мовних технологій стрімко розвивається, втім, створення голосових інтерфейсів є досить складним і комплексним завданням, що вимагає від розробника знань в різних предметних областях, таких як комп'ютерні науки, лінгвістика та психологія поведінки людини. Голосовий інтерфейс якісним чином змінює спосіб, а отже і ефективність взаємодії користувача з системою. Сьогодні великої популярності набули голосові помічники, які інтегровані не тільки у смартфони, але й у системи розумного дому, автомобілі та навіть роботів. Серед найбільш поширених з них є: Apple Siri, Google Assistant, Amazon Alexa, Cortana від Microsoft. Кожен з цих помічників може розпізнати голосову команду користувача та на основі своєї бази даних виконати відповідну дію. Особливістю є те, що команда, промовлена користувачем може бути довільної форми, а комп'ютерна система сама аналізує зміст фрази та вибирає найбільш відповідний варіант дії, або ж повідомляє користувача про те, що команду не розпізнано. Іншою заміною традиційному інтерфейсу керування вже кілька останніх років є системи розпізнавання рухів на основі сенсорної взаємодії, які набули популярності у якості периферійних пристроїв для ігрових консолей. Розвиток науки і електроніки дозволив значно зменшити розміри і масу акселерометрів, гіроскопів та інших пристроїв, здатних виявляти власний рух або зміну положення. Таким чином стало можливим оснащення користувацьких пристроїв датчиками, здатними зчитувати їхні кінематичні дані. Такий підхід застосовується у багатьох галузях електроніки – від військової до розважальної [7].

Найвідомішими представниками даної технології є PlayStation Move від компанії Sony та Wii Remote від компанії Nintendo. Wii Remote (іноді називають «Wiimote») – основний контролер для гральної консолі Wii компанії Nintendo [6]. Головною особливістю Wii Remote в порівнянні з конкурентами є детектор руху, що дозволяє гравцям керувати персонажами гри і предметами на екрані рухом руки, або «вказуючи» на об'єкти, які відображаються на екрані (рис. 1). Це забезпечується роботою акселерометра і світлочутливої матриці. Крім цього, до контролера можна підключати різні пристрої, розширюючи таким чином його можливості. Підключення до ігрової консолі бездротове, за протоколом Bluetooth. Можливе підключення до комп'ютера.



Рис. 1. Зовнішній вигляд пристрою Wii Remote

Ще одним з способів розпізнавання жестів користувача є оптична взаємодія на основі камер та датчиків приближення (інфрачервоних, звукових та ін.). Між даними контролерами та попередніми периферійними пристроями є кілька відмінностей. Зокрема, у PlayStation Move для розпізнавання руху, користувач повинен тримати у руках джойстики з кульками, що світяться – саме їх зчитує камера-контролер. У той час Kinect представляє собою безконтактний сенсорний пристрій, який дозволяє користувачеві взаємодіяти з системою без допомоги контактного ігрового контролера через усні команди, пози тіла, об'єкти або малюнки [3]. Спільним для обох технологій є обов'язкова наявність відеокамери, яка зчитує положення та рухи користувача. Окрім камери, можлива також наявність додаткових датчиків, таких як сенсори руху та глибини (рис. 2).

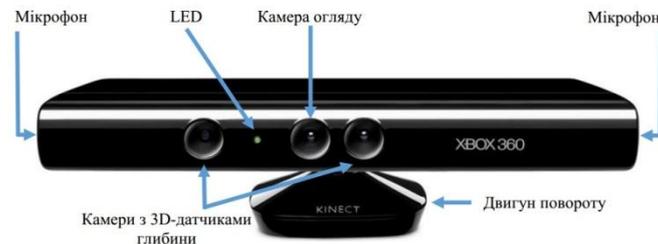


Рис. 2. Безконтактний сенсорний ігровий контролер Kinect

Розпізнавання жестів можна також використати для імітації роботи з клавіатурою. Так звана «проекційна клавіатура» – це різновид комп'ютерної клавіатури, який є оптичною проекцією клавіатури на довільну поверхню, на якій і проводиться дотик віртуальних клавіш [8]. Клавіатура відстежує рухи пальців і переводить їх у натискання клавіш (рис. 3).



Рис. 3. Проекційна клавіатура

За своєю суттю оптична взаємодія досить схожа на сенсорну тому що використовує різноманітні датчики як допоміжні засоби розпізнавання керуючого сигналу. Однак головною відмінністю оптичної взаємодії є обов'язкова наявність камери, яка є основним засобом розпізнавання тоді як сенсорна взаємодія виключає наявність оптичного розпізнавання певного об'єкта.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Таким чином ми виокремили та розглянули чотири найбільш поширених та актуальних на сьогодні методи взаємодії людино-машинних інтерфейсів: механічна взаємодія (клавіатура, миша); голосова взаємодія (голосові помічники); оптична взаємодія (на основі відеокамер); сенсорна взаємодія (на основі датчиків).

Виділимо основні переваги та недоліки кожного з наведених методів взаємодії, ґрунтуючись на власному досвіді та опрацьованих літературних джерелах [2, 7, 3, 4, 10].

Перевагами методів механічної взаємодії є: універсальність, стандартизованість, поширеність. Недоліками: швидкість набору нестандартної команди; незручність введення інформації на екранній клавіатурі; необхідність постійно бути біля пристрою вводу, який у свою чергу повинен бути з'єднаним з комп'ютерною системою і також бути на незначній відстані, або взагалі вбудованим у неї.

Голосова взаємодія є досить звичною та легкою для більшості людей, саме тому її перевагами є: оперативність і природність; мінімум спеціальної підготовки користувача; можливість керування об'єктом в темряві, за межами його візуальної видимості; можливість використання одночасно ручного (за допомогою клавіатури) і голосового введення інформації; забезпечення мобільності оператора при керуванні. Є також і досить багато недоліків, основними з яких є: складність розпізнавання мови, що полягає в сукупності таких характеристик голосу як тембр, гучність, висота, темп, інтонація, якість дикції; голосове керування не підходить для використання у системах, що працюють у середовищах з великим рівнем шуму або навпаки, де потрібна абсолютна тиша;

відсутність приватності виконаної команди, якщо є така необхідність; необхідність використання зовнішніх сервісів для розпізнавання мови, а отже постійного з'єднання з мережею Інтернет.

До переваг сенсорної взаємодії варто віднести відносно дешевизну датчиків та пристроїв прийому сигналів. Взаємодія не залежить від освітлення, керуючі сигнали можна передавати як вдень так і вночі. Більшість датчиків можуть досить довгий час жити від звичайної батарейки середньої ємності і невеликої напруги, що своєю чергою дозволяє використовувати безпроводні технології передачі даних. Недоліки: невидимі частинки (пил, дим, сонячні промені), які є в повітрі можуть значно впливати на якість сигналу; для охоплення значної площі та отримання точних сигналів потрібно досить багато датчиків.

Оптична взаємодія людини з комп'ютерними системами є досить зручною, не потребує додаткового обладнання на тілі чи використання голосу. Все що потрібно – лише здійснити певний рух, який розпізнає система та переведе у керуючий сигнал. Однак є ряд недоліків, які не сприяють широкому поширенню даної технології. Головними з них є: вартість високоякісних відеокамер для отримання зображення високої роздільності та інших сенсорів; складність алгоритмів розпізнавання; користувач повинен постійно знаходитись у області видимості камер; залежність якості розпізнавання від освітлення; отримані дані досить складно обробляти та аналізувати.

Для того, аби визначити які з методів є найбільш перспективними, проаналізуємо їх за наступними критеріями:

- радіус дії – відстань, на якій пристрій приймає сигнал від людини-користувача;
- звичність – подібність до звичних пристроїв керування, легкість та простота у використанні непідготованими користувачами;
- точність – мінімальна наближеність двох впливів, які безпомилково може розрізнити пристрій;
- доступність – можливість використання системи особами з обмеженими можливостями;
- взаємодія з різними частинами тіла;
- безпека використання – наявність прямих або відкладених загроз здоров'ю користувачів;
- підтримка двох і більше користувачів;
- простота апаратного забезпечення;
- простота програмного забезпечення.

Для оцінки будемо використовувати трьохрівневу шкалу відповідності критерію: низький рівень – 1 бал, середній рівень – 2 бали, високий рівень – 3 бали. Відповідно низький рівень – найгірший показник, високий – найкращий. Бали, які набрав кожен метод за кожним критерієм підсумуємо. Результати оцінки представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Оцінка методів взаємодії людини з комп'ютерними системами

Критерій	Метод			
	Механічна взаємодія	Голосова взаємодія	Оптична взаємодія	Сенсорна взаємодія
Радіус дії	Середній рівень	Високий рівень	Високий рівень	Високий рівень
Звичність	Високий рівень	Високий рівень	Середній рівень	Середній рівень
Точність	Високий рівень	Середній рівень	Високий рівень	Середній рівень
Доступність	Середній рівень	Середній рівень	Високий рівень	Високий рівень
Взаємодія з частинами тіла	Низький рівень (взаємодія з кистями рук)	Низький рівень (взаємодія з голосовими зв'язками)	Високий рівень (взаємодія з усім тілом)	Високий рівень (взаємодія з усім тілом)
Безпека використання	Високий рівень	Високий рівень	Високий рівень	Високий рівень
Підтримка декількох користувачів	Високий рівень	Середній рівень	Високий рівень	Високий рівень
Простота апаратного забезпечення	Високий рівень	Середній рівень	Низький рівень	Середній рівень
Простота програмного забезпечення	Високий рівень	Середній рівень	Низький рівень	Середній рівень
Разом (балів)	23	20	22	23

Таким чином підсумуємо, що механічні інтерфейси взаємодії все ще не поступаються місцем безконтактним методам завдяки своїй простоті апаратного та програмного забезпечення, звичності, точності та безпеці. Проте нові способи роботи з комп'ютерними пристроями поступово набувають все більшої популярності, надаючи можливість використовувати більш природні здібності людини без потреби фізичного контакту з пристроєм керування.

Таке ефективне використання різних методів свідчить про те, що технології датчиків руху, оптичної і голосової взаємодії знаходяться на високому, економічно вигідному рівні розвитку.

За результатами нашої оцінки найбільш приближеними до механічної на сьогоднішній день є оптична та сенсорна взаємодія. Однак складність програмного та апаратного забезпечення оптичної взаємодії та вартість високоточних камер і сенсорів дають зробити висновок, що найбільш перспективним альтернативним напрямком сучасного людино-машинного інтерфейсу є саме сенсорна взаємодія. Саме тому розпізнавання жестів на основі сучасних датчиків та контролерів для безконтактної сенсорної взаємодії, що доступні на ринку, на наш погляд є одним із найперспективніших напрямів людино-машинної взаємодії.

Одним з піонерів, які вирішують вказані недоліки оптичної взаємодії є Google зі своїм проектом сенсорної взаємодії Soli (рис. 4).



Рис. 4. Project Soli

Проект Soli – це нова технологія розпізнавання жестів, заснована на використанні радару, на відміну від звичних підходів, що базуються на візуальному чи інфрачервоному світлі, такі як стерео камери, структуроване світло або датчики часу польоту. Цей новий підхід, який використовує малі, швидкісні датчики та методи аналізу даних, такі як зсув Доплера, можуть виявити тонкі рухи з точністю до пів міліметра (рис.5) [4].



Рис. 5. Використання жестів у Project Soli

Зсув Доплера та можливість його використання для розпізнавання жестів були також досліджені у роботах науковців Університету Вашингтону у таких проектах як AllSee, з використанням радіо-модулю та WiSee, на основі модуля Wi-Fi. У результаті практичних експериментів було визначено можливість розпізнавати набір жестів з точністю до 94% [10].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Дослідивши, що на сьогоднішній день найбільш ефективним та перспективним рішенням людино-машинної взаємодії є використання сенсорів, у майбутньому вирішено використовувати саме сенсорну взаємодію для розробки та дослідження системи розпізнавання жестів людини для передачі керуючих сигналів комп'ютеру. Зокрема, розпізнавання жестів будемо проводити на основі використання сенсорів визначення відстані до об'єктів, а саме ультразвукових датчиків HC-SR04 та апаратно-обчислювальної платформи Arduino Uno.

1.Клавіатура – Вікіпедія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Клавіатура/>

2.AirWave: Non-Contact Haptic Feedback Using Air Vortex Rings – Режим доступу: http://research.microsoft.com/enus/um/redmond/groups/cue/publications/Gupta_Ubicomp_2013_AirWave.pdf.

3.Beyond Kinect, PrimeSense wants to drive 3D sensing into more everyday consumer gear – Режим доступу: <http://venturebeat.com/2013/01/20/beyond-kinect-primense-wants-to-drive-3d-sensing-into-more-everyday-consumergear/#FoKgcL7l6z2qct25.99>

4. Gesture control features to be introduced by Google's Project Soli - Wearable Tech News [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.wearabletechnology-news.com/news/2015/oct/05/gesture-controlfeatures-be-introduced-googles-project-soli/>
5. KinEmote - Free Xbox Kinect Software for Windows – Режим доступу: <http://www.kinemote.net/>
6. Nintendo Wii Remote controller specs - Engadget [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.engadget.com/products/nintendo/wii/remote-controller/specs/>
7. OpenNI 2 | The Structure Sensor – Режим доступу: <http://structure.io/openni>.
8. Virtual Projection Keyboards – Режим доступу: <http://www.laserkeyboard.com/virtual-projection-keyboards>.
9. Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review – Режим доступу: <http://www.cs.rutgers.edu/~vladimir/pub/pavlovic97pami.pdf>
10. Whole-Home Gesture Recognition Using Wireless Signals [Електронний ресурс] / P.Qifan, G. Sidhant, G. Shyam, P. Shwetak // The 19th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. – 2013.

УДК 005.8

¹Сіваковська О. М., к.т.н., ¹Ліщина В. О., к.т.н., ¹Андрушак І. Є., д.т.н.

¹Луцький національний технічний університет

²Сидорчук Л. Л., к.т.н., ²Тригуба А. М., д.т.н.

²Львівський національний аграрний університет

ДО ПРОБЛЕМ УПРАВЛІННЯ КОНФІГУРАЦІЄЮ ПРОЕКТУ

Сіваковська О. М., Ліщина В. О., Андрушак І. Є., Сидорчук Л. Л., Тригуба А. М. До проблем управління конфігурацією проекту. Проаналізовано стандарти та праці науковців з управління конфігурацією проекту. Виокремлено аспекти елементів конфігурації в системі управління конфігурацією проекту. Розкрито відношення між проектом та зазначеними елементами конфігурації. Описано концепції гармонізації управління конфігурацією проекту та області управління конфігурацією.

Ключові слова: управління, конфігурація, проект, узгодження, продукт, стандарт.

Сиваковская Е. Н., Лищина В. А., Андрушак И. Е., Сидорчук Л. Л., Тригуба А. Н. К проблемам управления конфигурацией проекта. Проанализированы стандарты и работы ученых по управлению конфигурацией проекта. Выделены аспекты элементов конфигурации в системе управления конфигурацией проекта. Раскрыто отношение между проектом и указанными элементами конфигурации. Описаны концепции гармонизации управления конфигурацией проекта и области управления конфигурацией.

Ключевые слова: управление, конфигурация, проект, согласование, продукт, стандарт.

Olena Sivakovska, Valeriy Lishchyna, Igor Andrushchak, Leonid Sydorчук, Anatoliy Tryhuba. About some problems of Project Configuration Management. The standards and works of scientists on the project configuration management have been analyzed. The aspects of the configuration elements in the project configuration management system were singled out. The relationship between the project and the specified configuration elements has been disclosed. The concepts of harmonization of project configuration management and configuration management areas have been described too.

Keywords: management, configuration, project, coordination, product, standard.

Постановка наукової проблеми. Після появи стандарту з управління конфігурацією проектів "Practice Standard for Project Configuration Management" стало зрозуміло, що для успішної реалізації проектів потрібні знання з управління їх конфігурацією. Зазначений стандарт забезпечує використання найбільш придатних процесів та інструментів у добре спроектованій системі управління конфігурацією продуктів, дозволяючи тим самим проектним, програмним, а також портфельним менеджерам визначити правильне місце для відповідних функцій управління [10]. Даний стандарт пропонується для використання у великих і малих проектах, а також у проектах, які носять технічний і не технічний характер. Він також може застосовуватися у будь-якій (прикладній) галузі. Стандарт з управління конфігурацією проектів розроблений не лише для програмних, портфельних та менеджерів проектів, а й для членів команди проектів та усіх зацікавлених сторін.

Професійне управління проектами застосовує управління конфігурацією для того, щоб активно підтримувати проектний напрям та інфраструктуру проектів. Для досягнення певних властивостей продуктів, управління конфігурацією проектів може використовувати послідовні і багаторазові інструменти. У рамках процесу проектного планування, виконання та контролю, управління конфігурацією проектів має вирішальне значення [10].

Аналіз досліджень. Аналізуючи наукові засади управління конфігурацією проектів, закладені у відповідному стандарті, приходимо до висновку, що основним завданням цього процесу є «гармонізація» конфігурації проектів з конфігурацією продуктів. Однак, на жаль, у згаданому стандарті відсутні будь-які відомості про процес «гармонізації». Залишилися нерозкритими питання, що стосується особливостей управління конфігурацією проектів на етапах їх життєвого циклу, а також за наявності відхилень у конфігурації продуктів від їх моделей тощо. Окрім того, залишаються невирішеними питання щодо впливу проектного середовища на процес управління конфігурацією проектів. І хоча відповідне завдання певним чином формулювалося у наукових працях С. Д. Бушуєва [1], Н. С. Бушуєвої [2], І. В. Кононенка [3], В. А. Рача [8], Ю. М. Теслі [9], методичні засади її вирішення залишаються нерозробленими.

На особливу увагу щодо вдосконалення процесу управління конфігурацією проектів заслуговують наукові праці В.В. Морозова та С. І. Рудницького [4, 5, 6]. У зазначених працях ставиться та вирішується завдання розроблення моделі узагальненого процесу управління конфігурацією складних проектів. Зокрема, вказані автори звернули увагу на потребу розвитку термінологічної системи з управління конфігурацією проектів [5]. У зазначеній праці вони вперше звернули увагу на те, що для успішної реалізації проектів важливо не лише управляти конфігурацією продуктів, але й обґрунтовувати процес управління конфігурацією проектів. У ній проаналізовано

особливості та відмінності процесів управління конфігураціями продуктів та проектів, а також розроблений підхід до формування структури термінологічної системи в галузі управління конфігурацією проектів. Автори означили та дали формулювання термінам: 1) конфігурація продукту проекту; 2) конфігурація проекту; 3) конфігурація оточення проекту. Окрім того, у цій статті запропоновано розглядати конфігурацію проекту як систему, що складається з конфігурації процесу проекту та конфігурації компонентів проекту. Важливим, на наш погляд, є також питання виокремлення процесу управління конфігурацією оточення проекту.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Ефективне управління проектом потребує послідовних і відтворюваних процесів (або методологій) для управління в обмеженні обсягу, часу, вартості та якості, а також для забезпечення успіху проекту. Професійне управління проектами застосовує управління конфігурацією для того, щоб активно підтримувати проектний напрямок та інфраструктуру.

Управління конфігурацією застосовується протягом життєвого циклу елемента конфігурації, забезпечує видимість і контроль його виконання, функціональні та фізичні властивості. Управління конфігурацією включає наступні аспекти всіх елементів конфігурації (ЕК), що містяться в будь-якій системі: цілісність, підзвітність, видимість, відтворюваність, координованість, формальну керованість і простежуваність. Для досягнення попередніх властивостей, управління конфігурацією проекту (УКП) може використовувати послідовні і багаторазові інструменти. У рамках процесу проектного планування, виконання та контролю, управління конфігурацією (УК) має вирішальне значення.

УК – це область, яка допомагає забезпечувати післяпроектну функціональність, що є запланованою і задокументованою. Вимоги УКП урізноманітнюються залежно від проекту з мінімальними зусиллями – до проекту з головною метою. Наприклад: 1) Збільшення в обмеженні допустимої швидкості на місцевому шосе вимагає проект заміни десяти дорожніх знаків з обмеження швидкості. В даному випадку УК може обмежуватися зчитуванням (виявленням) дорожніх знаків, які потребують заміни, та оновлення знакової інвентаризації – для відображення зміни. 2) Власник нової автомийки вимагає проект будівництва об'єкту. УК може включати розробку списку устаткування, що ідентифікує кожен фізичний компонент в об'єкті (у тому числі ідентифікація частин, затверджених постачальниками, вимоги технічного обслуговування і графіки, історію обслуговування), а також управління розвитком об'єкта. 3) Зміни в звичках харчування споживачів вимагає проект з розробкою нової можливості постійно локалізувати / перерозподілити товар на полиці, холодильнику та морозильній камері. Тут УК може включати в себе планування та забезпечення автоматизованих систем спостереження, які об'єднують і оптимізують продаж продуктів та інвентарю з доступного простору для демонстрації продукту.

Рисунок 1 ілюструє відношення між проектом та зазначеними елементами конфігурації (ЕК).

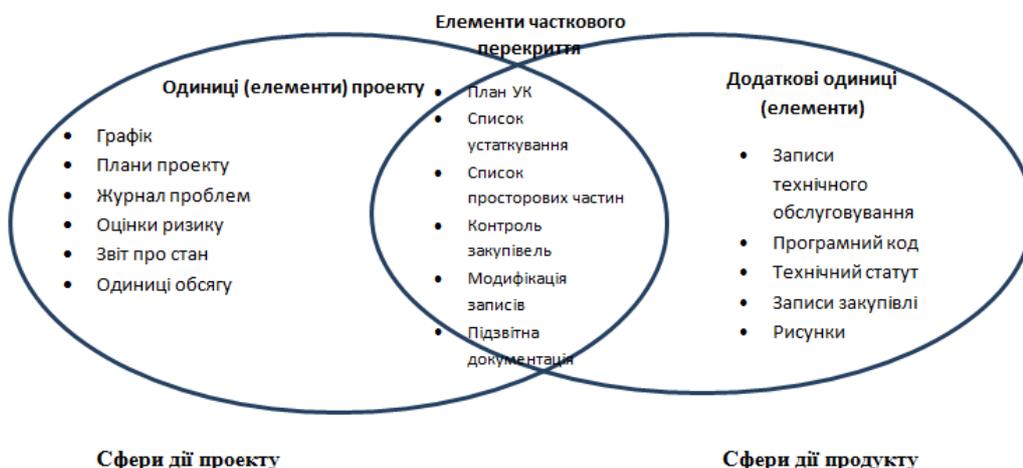


Рисунок 1 – Перекриття проекту і результативних (досягнутих) елементів конфігурації

Для окремого проекту без будь-яких клієнтів (тобто, вкладників або користувачів програми), УК може бути підпорядкована плану управління проектом.

Проекти реалізуються часто в різноманітних організаціях. Конкретні організації часто мають свої власні стратегії і процедури УК. Завдання менеджера проекту є планування і виконання УКП на проектних складових конфігурації, узгоджуючи з потребами УК і можливостями всіх ланок, що займаються проектом.

Термін "узгодження (гармонізація)" використовується для опису стану, в якому система управління конфігурацією проекту керує особливими елементами конфігурації; не суперечить процесам на практиці, графіках, або використовуваних ресурсах; також надає частковий словниковий запас, необхідний для ефективної інтерфейсної комунікації між зацікавленими сторонами. Рисунок 2 описує концепції гармонізації.

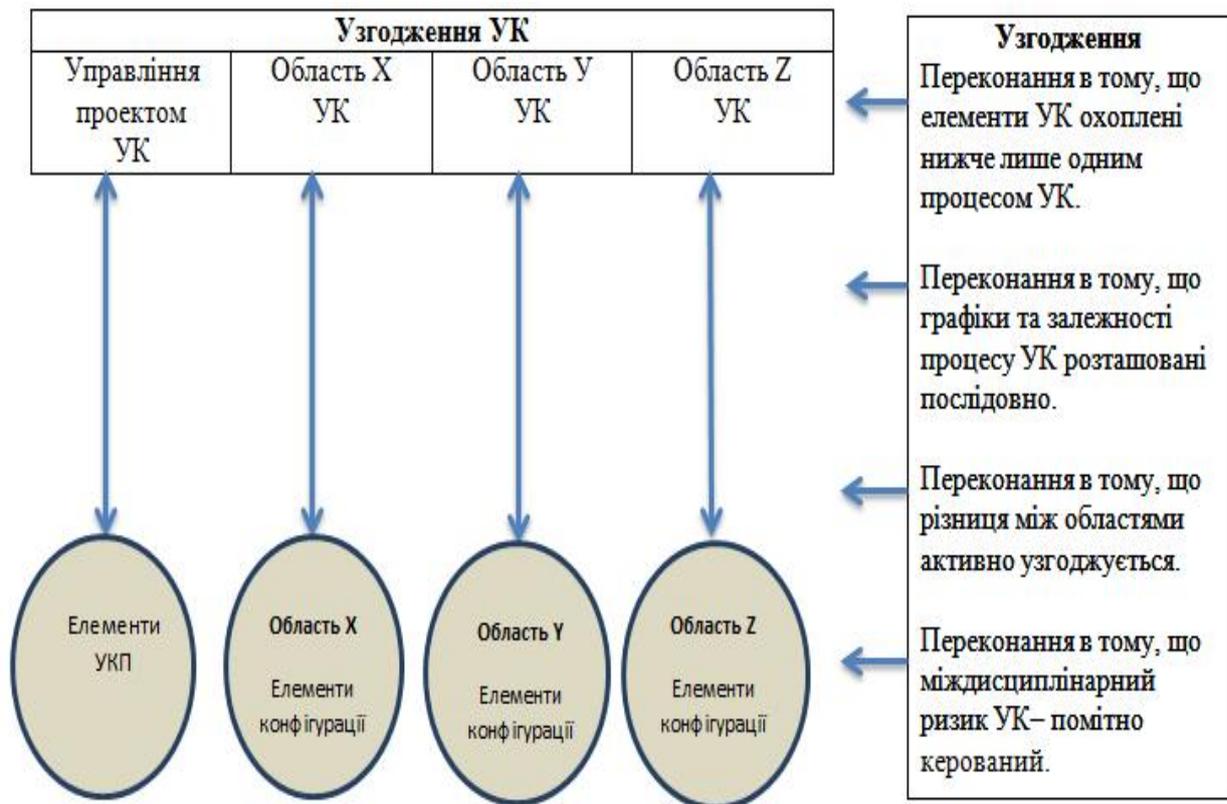


Рисунок 2 – Узгодження УКП та області УК

Рисунок 3 розширює поняття гармонізації декількох підходів до УКП та проекту за участю декількох областей. Рисунок відображає також деякі можливості забезпечення взаємовигідної роботи УКП та області УК.

Управління змінами в затвердженому базовому проекті є основною функцією УКП. На початку планування команда проекту повинна визначити елементи проекту, що вимагає УК і процеси для управління ними.

Деякі проекти можуть захищати інформацію про конфігурацію під дуже строгим контролем уповноважених урядом або регулюючою галуззю. У цих випадках, зовнішні обставини або організаційна політика встановлює процеси і політику («базисну лінію»), за якими буде слідувати проект. Ці процеси і політика описані в планах проекту, зокрема, в документації, що описує систему управління змінами.

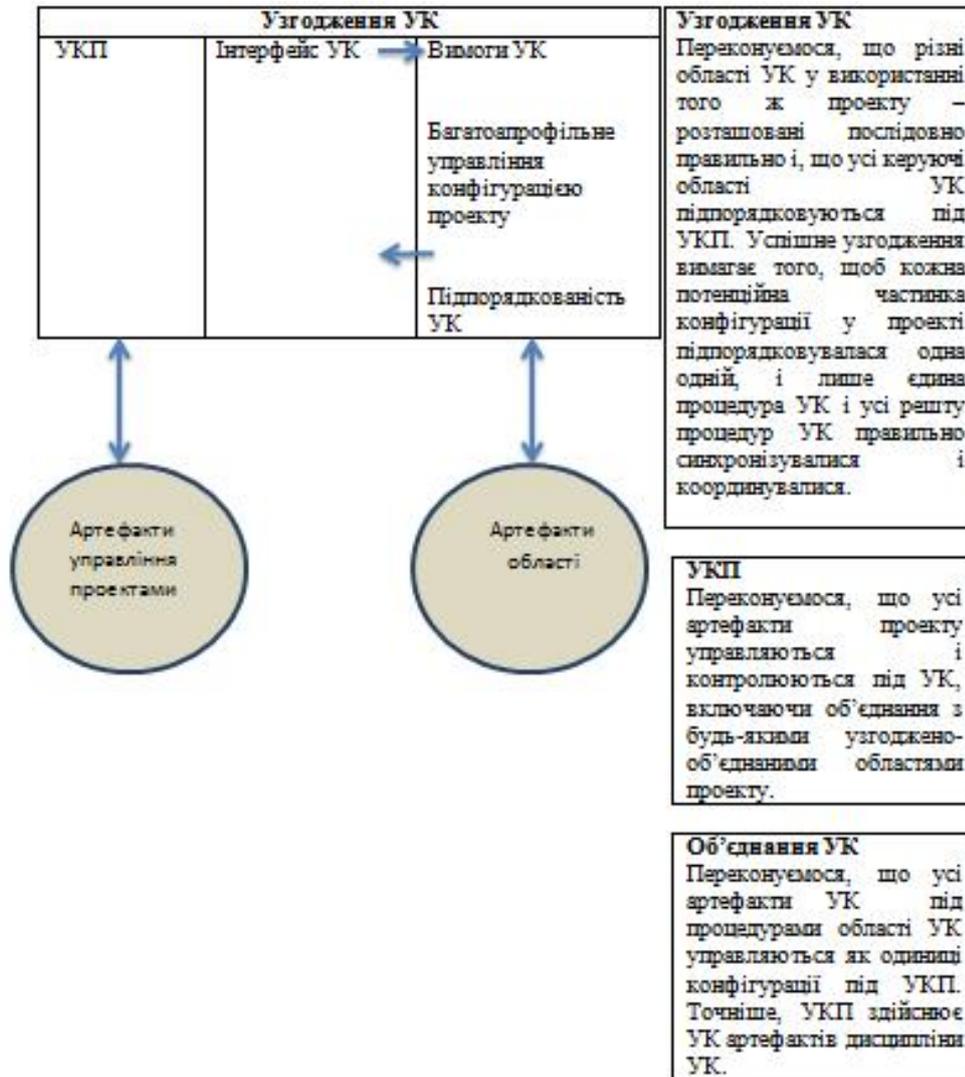


Рисунок 3 – УКП і область УК

УКП забезпечує аудиторські звіти, висновки, контрольні звіти, стан дієвого питання, результатів, а також супутньої документації, що зберігається, і є доступною завжди в інформативній формі для зацікавлених сторін, менеджерів проектів і вище керівництво для того, щоб переглянути її в будь-який момент часу, визначаючи стан успішності проекту.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Аналіз процесу та наявних методів і моделей управління конфігурацією продуктів у їх проектах, розкритих у стандарті ISO 10007 та наукових працях, проаналізованих вище, свідчать про те, що вони не враховують зв'язку із цими проектами, а тому не забезпечують їх системної єдності.

Аналіз процесу та наявних методів і моделей управління конфігурацією проектів, розкритих у практичному стандарті та опублікованих у наукових працях, свідчать про те, що вони базуються на процесі управління конфігурацією продуктів, однак не передбачають процесу узгодження цих конфігурацій, а відтак унеможливають виключення недоречностей через їх неузгодженість.

Для підвищення ефективності реалізації процесу управління конфігурацією в проектах слід розробити концептуальну модель, яка б дозволяла визначити основні сутності цього процесу та зв'язку між ними [7]. Деталізація елементів конфігурації також дозволить розробити нові методи та моделі управління конфігурацією проектів.

Таким чином, слід зробити висновок, що процеси управління конфігурацією продуктів і їх проектів мають бути узгодженими, тобто такими, щоб забезпечити синхронізацію процесів формування конфігурації продуктів з відповідним ресурсним забезпеченням їх проектів.

Для узгодження цих конфігурацій слід розробити відповідний метод. У стандарті з управління конфігурацією хоча і зазначено, що слід синхронізувати щось з чимось, але як це зробити не розкрито. Тобто, не зазначено, що слід розглядати (розробити) процес узгодження конфігураціями.

1. Бушуев С. Д. Креативные технологии управления проектами и программами / С. Д. Бушуев, Н. Д. Бушуева, И. А. Бабаев [и др.]. – К.: «Саммит-Книга», 2010. – 768 с.
2. Бушуева Н. С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития/ Н. С. Бушуева. – К.: Наук. світ, 2007. – 270 с.
3. Кононенко И. В. Модели и методы информационной поддержки разработки стратегий организаций, оптимизации портфелей проектов и содержания проектов/ И. В. Кононенко// Східноєвропейський національний університет імені Володимира Даля: Збірник наукових праць «Управління проектами та розвиток виробництва», 2014, № 3 (51). – С. 76–82.
4. Морозов В. В. Інформаційні системи і технології в управлінні проектами. Навчальний посібник [Текст]/ В. В. Морозов, О. Б. Данченко [та ін.]. – К.: Університет економіки та права «КРОК», 2011. – 167 с.
5. Морозов В. В. Концептуальная модель процесса управление конфигурацией в проектах/ В. В. Морозов, С. И. Рудницкий// "Восточно-Европейский журнал передовых технологий" № 1/10 (61) ч.3 , 2013, С. 187 – 193.
6. Морозов В. В. Управління проектами: процеси планування проектних дій [Текст]: Підручник/ В. В. Морозов, І. В. Чумаченко [та ін.] – К.: Університет економіки та права «КРОК», 2014. – 673 с.
7. Обґрунтування конфігурації каскаду малих дериваційних гідроелектростанцій на гірських річках/ О. Сидорчук, М. Бабич, А. Татомир [та ін.]// Вісник ЛНАУ. Агроінженерія дослідження. – Львів: Львів. нац. агроуніверситет. – 2012. – Вип. 16.– С. 373–378.
8. Рач В. А. К построению моделей проектного менеджмента [Текст]/ В. А. Рач// Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць. – Луганськ: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2000. – № 2 (2). – С. 18 –23.
9. Тесля Ю. Н. Продуктовые системы планирования проектов/ Ю. Н. Тесля, Н. Ю. Егорченкова, А. В. Егорченков, Д. С. Катаев// Управління проектами та розвитком виробництва. Вип. № 1 (41). – 2012. – С. 13– 19.
10. Practice Standard for Project Configuration Management/ Project Management Institute// Four Campus Boulevard, Newton Square, PA 19073-3299, USA, 2007. – 53 p.

УДК 681.3, 004.6

Степаненко А.В., студент магістратури,
Хлевний А.О., асистент кафедри технологій управління, к.т.н.
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ ЧАСОВИХ РЯДІВ MICROSOFT ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДАЖІВ

Степаненко А.В., Хлевний А.О. Використання алгоритму часових рядів Microsoft для прогнозування продажів. У статті розглядається прогнозування продажів продукції за відомою історією продажів та без урахування додаткових факторів алгоритмом часових рядів Microsoft. У роботі аналізуються переваги та недоліки зазначеного алгоритму, робляться висновки щодо доцільності його застосування у прогнозуванні. Практична реалізація алгоритму часових рядів Microsoft довела його ефективність при прогнозуванні продажів на основі історичних даних.

Ключові слова: прогнозування, алгоритм часових рядів Microsoft, ARIMA, ARTXP

Степаненко А.В. Использование алгоритма временных рядов Microsoft для прогнозирования продаж. В статье рассматривается прогнозирование продаж продукции по известной истории продаж и без учета дополнительных факторов алгоритмом временных рядов Microsoft. В работе анализируются преимущества и недостатки указанного алгоритма, делаются выводы о целесообразности его применения в прогнозировании. Практическая реализация алгоритма временных рядов Microsoft доказала его эффективность при прогнозировании продаж на основе исторических данных.

Ключевые слова: прогнозирование, алгоритм временных рядов Microsoft, ARIMA, ARTXP

Stepanenko A.V. Microsoft Time Series algorithm application for sales forecasting. The article deals with the forecasting of product sales by known sales history without additional factors with the help of Microsoft Time Series algorithm. The study is concentrated on the analysis of the advantages and drawbacks of the given algorithm. Authors give the conclusions about the expediency of Microsoft Time Series algorithm application in product sales forecasting. The outcomes of practical Microsoft Time Series algorithm leveraging proved its effectiveness in forecasting sales based on historical data.

Key words: forecasting, ARIMA, ARTXP, Microsoft Time Series algorithm

Постановка наукової проблеми. На сучасному етапі можливість прогнозувати майбутнє, спираючись лише на попередні дані, веде до стратегічних переваг, та може бути ключем до успіху організації. Прогнозування алгоритмом часових рядів Microsoft – це прогнозування тимчасової змінної, що перетворюється на важливий інструмент у вирішенні проблем, оскільки дозволяє моделювати складні системи, де мета полягає в прогнозуванні поведінки системи, а не в роботі системи. Дійсно, в останні кілька десятиліть все більше уваги приділяється цій проблемі. Розробки в таких галузях як статистика та комп'ютерні науки стали підґрунтям для виникнення методів часових рядів Microsoft, які замінили застарілі методи, основані в першу чергу на інтуїції.

Метою даної статті є проаналізувати переваги та недоліки використання алгоритму часових рядів Microsoft для прогнозування продажів продукції за відомою історією продажів без впливу інших факторів та показати його практичне застосування. Такий вид завдання найчастіше зустрічається в роботі компаній, коли ми не можемо використовувати факторний аналіз і повинні спиратися виключно на історичні дані. Програмні рішення будуються для того, щоб впоратися з величезною кількістю даних.

Аналіз досліджень. У роботі Чугуєвої І.О.[1] спостерігається, що загалом всі прогностичні методи можна розділити на дві основні групи: статистичні та структурні методи відповідно. До першої групи належать прогностичні моделі, які використовують статистику для прогнозування результатів [3] - кінцева модель представлена аналітичною формулою. Друга група складається з покрокових методів, де кінцевий алгоритм виглядає як певний набір етапів. У наших дослідженнях статистичні підходи представлені ARIMA (реалізовано в Microsoft Time Series). Microsoft SQL Server [4] забезпечує регресійні алгоритми, оптимізовані для прогнозування безперервних значень.

У даній роботі ми попередньо аналізуємо підхід до вирішення завдання прогнозування продажів. Актуальним завданням є оцінка ефективності маркетингових кампаній з метою реклами та просування продукту на ринок. Ці заходи є засобом збільшення продажів. Отже, якщо ми можемо передбачити продажі якогось продукту заздалегідь, а потім порівняти його з фактичними даними, ми можемо зафіксувати прибутковість проведених маркетингових кампаній.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Методи прогнозування дають прогноз на основі статистичних взаємозв'язків між вхідними стовпцями в наборі даних. Головною

ідеєю є правильне тлумачення поточних даних для отримання об'єктивних законів. Вхідні дані представлені набором даних. У проведеній експериментальній роботі нами розглядаються три основні категорії: назва продукту, продажі та розглянутий період. Щоб полегшити сприйняття моделі прогнозування, ми досліджуємо один продукт. Методи прогнозування застосовуються до набору даних для отримання ймовірного прогнозу на майбутній період.

Алгоритм часових рядів Microsoft

Алгоритм часових рядів Microsoft (Microsoft Time Series) забезпечує алгоритми регресії, які оптимізовані для прогнозування безперервних значень, таких як продаж продуктів з часом. В той час, як інші алгоритми Microsoft, такі як дерева рішень, вимагають додаткових стовпців нової інформації, як вхідні дані для прогнозування тенденції, а модель часових рядів цього не вимагає. Модель часових рядів може передбачати тенденції, що ґрунтуються тільки на оригінальному наборі даних, який використовується для створення моделі. Можна також додавати нові дані до моделі, коли ви робите прогноз і автоматично включаєте нові дані до аналізу тенденцій [4].

Алгоритм часових рядів Microsoft містить два окремих алгоритми для аналізу:

1) алгоритм ARTXP (для короткострокового прогнозу, для регресії дерев з перехресним прогнозом) [2], який був введений в SQL Server 2005, оптимізований для прогнозування наступного ймовірного значення в серії;

2) алгоритм ARIMA був доданий в SQL Server 2008 для підвищення точності довгострокового прогнозування.

За замовчуванням Analysis Services використовує кожен алгоритм окремо для навчання моделі, а потім поєднує результати, щоб отримати найкращий прогноз для змінної кількості прогнозів. Також можна обрати лише один з алгоритмів на основі ваших даних та вимог до прогнозування [4].

Microsoft Research розробила оригінальний алгоритм ARTXP, який використовувався в SQL Server 2005, засновуючи реалізацію на алгоритмі дерева рішень Microsoft. Таким чином, алгоритм ARTXP може бути описаний як модель авторегресії дерева для представлення даних періодичних часових рядів. Цей алгоритм пов'язує змінну кількість минулих елементів з кожним поточним елементом, який передбачається [4].

Алгоритм ARIMA був доданий до алгоритму часових рядів Microsoft в SQL Server 2008 для поліпшення довгострокового прогнозування. Це реалізація процесу обчислення авторегресійних інтегрованих ковзних середніх (рухомих середніх). Методологія ARIMA дає змогу визначати залежності в спостереженнях, що виконуються послідовно в часі, і може включати випадкові потрясіння як частина моделі. Метод ARIMA також підтримує мультиплікативну сезонність [4].

За замовчуванням, алгоритм часових рядів Microsoft використовує обидва методи, ARTXP і ARIMA, і поєднує результати для поліпшення точності прогнозування. Якщо необхідно використати тільки конкретний метод, можна встановити параметри алгоритму для використання тільки ARTXP або тільки ARIMA, або керувати комбінуванням результатів алгоритмів [4].

Переваги та недоліки алгоритму часових рядів Microsoft

Беручи до уваги, що цей алгоритм є «закритим джерелом» і поставляється «out of the box», він готовий до використання і ми можемо швидко розпочати його застосування до вихідних даних. Але обмеження полягає в тому, що ми можемо маніпулювати тільки дозволеними значеннями параметрів, і це визначає його плюси та мінуси. Як конкретна реалізація концепції методу дерев рішень корпорації Майкрософт на високому рівні, цей підхід успадковує також переваги та недоліки методу дерев рішень.

Якщо проаналізувати дві вбудовані моделі всередині цього підходу, а саме ARIMA і ARTXP, то переваги і недоліки можуть бути представлені в наступному вигляді:

Плюси моделі ARIMA:

1. Добре для довгострокового прогнозування.
2. Підтримує мультиплікативну сезонність.
3. Поєднує авторегресію.
4. Відома модель, перевірена з плином часу.

Мінуси моделі ARIMA:

1. Неможливо запуснути моделювання політики.
2. Традиційні методи ідентифікації моделі суб'єктивні.

3. Не підтримує крос-прогноз.

Плюси моделі ARTXP:

1. Підтримує крос-прогноз.
2. Дає відповідні прогнози в найближчому майбутньому.
3. Краще дивитися на різні змінні, що впливають один на одного з плином часу.

Мінуси моделі ARTXP:

1. Менш стабільний.
2. Не підходить для довгострокового прогнозування.
3. Висока складність розрахунків для довгострокових прогнозів (вимагає набагато більше часу).

У нашому дослідженні ми використали короткостроковий та довгостроковий прогнози. *Короткостроковий прогноз* являє собою прогноз на кілька кроків вперед, тобто здійснюється побудова прогнозу не більше ніж на 3% від обсягу спостережень або на 1-3 кроки вперед. Для побудови даного прогнозу ми використали алгоритм ARTXP. *Довгостроковий прогноз* - це прогноз більш ніж на 5% від обсягу спостережень, або на 7 і більше кроків вперед. Також під цим типом прогнозу розуміють прогноз на один або половину сезонного циклу. Для побудови даного прогнозу ми використали алгоритм ARIMA.

Після застосування алгоритму ми отримали наступні результати (рис.1).

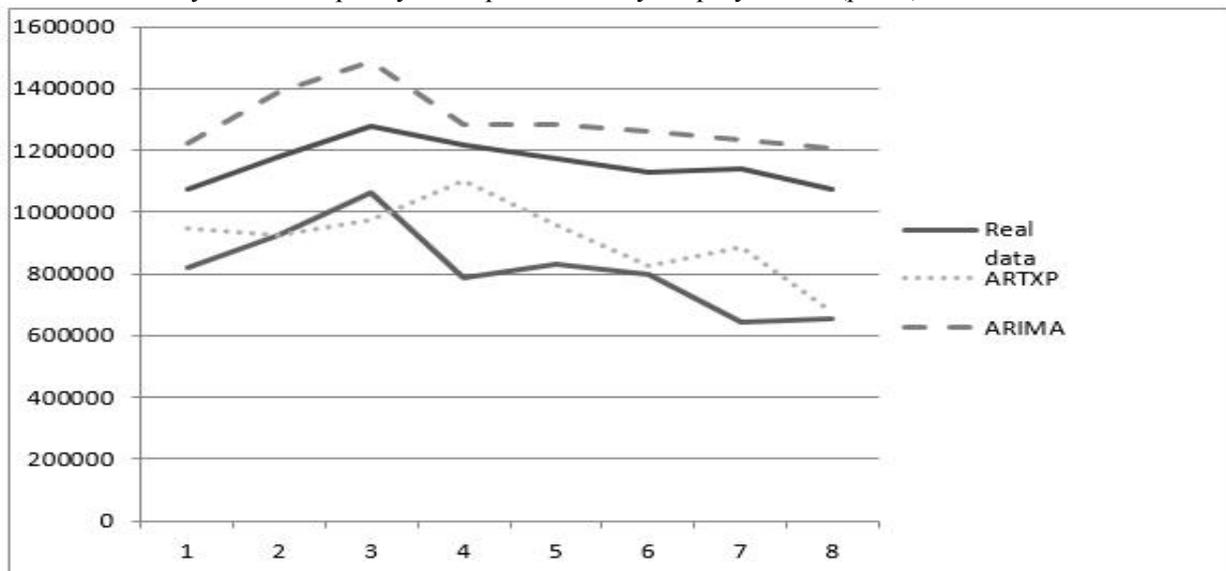


Рис. 1. Результати роботи алгоритмів для першого продукту

На першому сірою лінією відмічено графік продажів, крапами – прогноз з використанням алгоритму ARTXP, пунктирною лінією – прогноз з використанням алгоритму ARIMA, чорною лінією – прогноз з використанням суміші алгоритмів. Вісь ординат відображає суму продажів товарів у тис. гривень, а вісь абсцис відображає місяці. Графік (рис.1) демонструє досить дивний результат, оскільки ARTXP показав найкращий результат на усьому проміжку. Проте цей метод повинен показувати найліпший результат на короткострокових прогнозах. Пояснити це ми не можемо, оскільки ми не володіємо додатковою інформацією про продукти в базі.

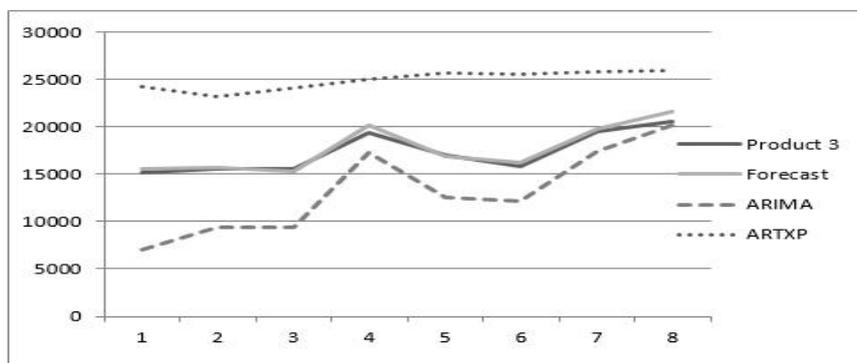


Рис. 2. Результат роботи алгоритмів для другого продукту

На графіку рис.2 видно, що алгоритм ARIMA підвищує свою точність при довгостроковому прогнозуванні, тоді як ARTXP показує найліпший результат на короткостроковому прогнозі. Проте змішаний алгоритм знову показує кращі результати на усьому проміжку. Такий самий результат показало прогнозування щодо інших продуктів. Мінімальне відхилення прогнозу від реальних показників становить 2%, а максимальне – 20%. В середньому відхилення значень в прогнозі від реальних даних становить 10-12%.

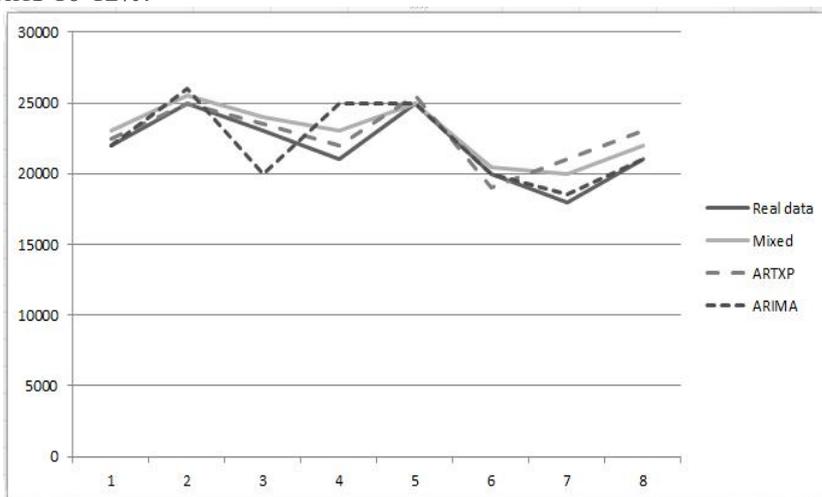


Рис.3 Результат роботи алгоритмів для третього продукту

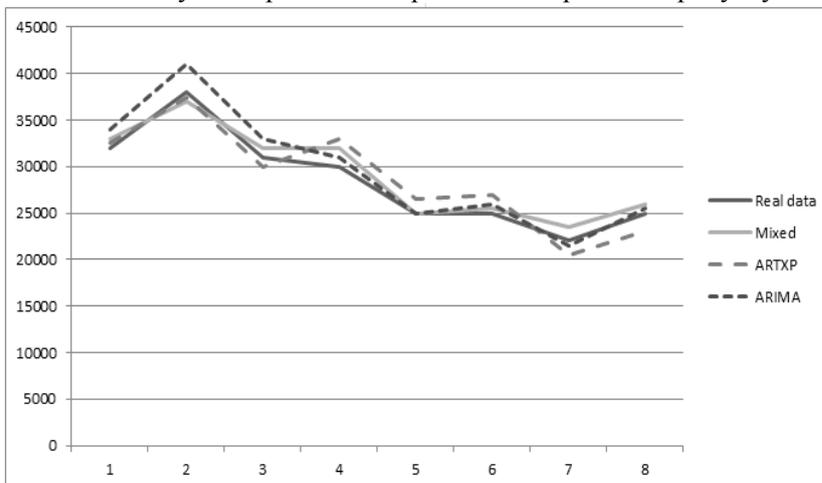


Рис.4 Результат роботи алгоритмів для четвертого продукту

Для графіків на рис.3 та рис.4 було використано дані продажів за найбільший проміжок часу, і результат аналізу підтвердив, що використання ARIMA доцільне для довгострокових прогнозів, оскільки на довгому проміжку часу він показує найбільшу точність, а ARTXP показує найліпшу точність на короткому проміжку часу. Використання обох методів одночасно показує середній результат і може бути використаним коли немає чіткого розуміння який саме прогноз необхідний, короткостроковий чи довгостроковий.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Практична реалізація методу часових рядів та його окремих алгоритмів довела, що алгоритм ARIMA дає найкращі результати при довгострокових прогнозуваннях. Алгоритм ARTXP дає найкращі результати при короткотривалих прогнозах, а змішаний алгоритм демонструє точність на усьому проміжку прогнозування. Таким чином практична реалізація алгоритму часових рядів Microsoft довела його ефективність при прогнозуванні продажів на основі історичних даних. В подальшій роботі спробуємо проаналізувати та порівняти прогнозування продажів методом дерев рішень та генетичним алгоритмом.

1. Чугуева И.А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобия. Дисертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.: 05.13.18 / И.А. Чугуева. – М., 2012. – 153 с.
2. Алгоритм временных рядов (Майкрософт). Режим доступа: <http://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/analysis-services/data-mining/microsoft-time-series-algorithm?view=sql-server-2017>.
3. Geisser S. Predictive Inference: An Introduction. Monographs on Statistics and Applied Probability / S. Geisser. – NY: Chapman & Hall, 1993. – 265 p.
4. Microsoft Developer Network, Available from: <www.msdn.com>.
5. TreePlan Software. Introduction to Decision Trees. Available from: <<http://treeplan.com/chapters/introduction-to-decision-trees.pdf>>.
6. Pandey A.K. Early Software Reliability Prediction: A Fuzzy Logic Approach / A.K. Pandey, N.K. Goyal. – New Dehli: Springer India, 2013. – 153 p.
7. Xu G. Applied Data Mining / Guandong Xu, Yu Zong, Zhenglu Yang.–CRC Press, 2013.–284 p.
8. Gordon L. Using Classification and Regression Trees (CART) in SAS Enterprise Miner For Applications in Public Health / Leonard Gordon // SAS Global Forum 2013. Paper 089-2013. – 2013. – 8 p.
9. Loh W.-Y. Classification And Regression Trees / W.-Y. Loh // WIREs Data Mining and Knowledge Discovery.–2011.–Vol.1.–pp.14-23.
10. Lytvynenko T.I. Problem of data analysis and forecasting using decision trees method / T.I. Lytvynenko // Problems in programming. – 2016. – Vol.2-3. – pp.220-226.
11. Wu X. Top 10 Algorithms In Data Mining / Xindong Wu, Vipin Kumar, J. Ross Quinlan, Joydeep Ghosh, Qiang Yang, Hiroshi Motoda, Geoffrey J. McLachlan, Angus Ng, Bing Liu, Philip S. Yu, Zhi-Hua Zhou, Michael Steinbach, David J. Hand, Dan Steinberg // Knowledge and Information Systems. – 2008. – Vol.14, Iss.1. – pp.1-37.
12. Skiena S. The Algorithm Design Manual / Steven S. Skiena. – London: Springer-Verlag, 2008. – 730 p.
13. Bright Hub Project Management. Disadvantages to Using Decision Trees. Available from: <<http://www.brighthubpm.com/project-planning/106005-disadvantages-to-using-decision-trees/>>.

УДК 338.48:004.738.52

Ю.Й. Тулашвілі, д. пед. н., Ю. В. Турбал, д. т. н.

Національний університет водного господарства та природокористування

РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕГРОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ SMART ТУРИЗМУ

Тулашвілі Ю.Й., Турбал Ю.В. Реалізація інтегрованого підходу до побудови рекомендаційної системи SMART туризму. У статті подані результати дослідження з розробки рекомендаційної системи для підтримки Smart-туризму по містах України. Програмний комплекс реалізований на підходах інтегрованих систем для інформаційного обміну та базується на об'єднанні ресурсів веб-порталу з програмним забезпеченням сучасних гаджетів у вигляді M-Tourism Applications.

Ключові слова: інтегрована інформаційна система, мобільний додаток, веб-портал, парсинг, туристична рекомендаційна система, Smart-туризм.

Тулашвили Ю.И., Турбал Ю.В. Реализация интегрированного подхода при построении рекомендательной системы SMART туризма. В статье представлены результаты исследования по разработке рекомендательной системы для поддержки Smart-туризма по городам Украины. Программный комплекс реализованный на подходах интегрированных информационных систем и базируется на объединении информационного веб-портала с программным обеспечением современных гаджетов в виде M-Tourism Applications.

Ключевые слова: интегрированная информационная система, мобильное приложение, веб-портал, парсинг, туристическая рекомендательная система, Smart-туризм.

Tulashvili Yu.I., Turbal Yu.V. The implementation of an integrated approach in the construction of the SMART tourism recommendation system. The article presents the results of a study on the development of a recommendatory system to support Smart Tourism in the cities of Ukraine. The system is implemented on the approaches of integrated information systems and is based on combining the information web portal with the software of modern gadgets in the form of M Tourism Applications.

Keywords: integrated information system, mobile application, web portal, parsing, tourist recommendation system, Smart tourism.

Постановка наукової проблеми. Основною проблемою, яка розглядається в статті, є проблема підвищення якості інформаційного забезпечення надання послуг в мережі сервісу Smart City Tourism на основі аналізу накопиченої інформації про популярні туристичні напрямки.

Для інформаційної підтримки у галузі туризму сьогодні широко застосовування знаходять інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Засоби ІКТ, особливо такі, що базуються на технології Інтернет, значно забезпечують просування туристичних послуг, підвищення рівня інформаційної, консультаційної підтримки, сприяють ефективному економічному зростанню всіх видів туризму. Це обумовлює потребу в синтезі нових підходів ІКТ, які б поєднувались з Smart-методами в сфері міського культурного туризму. Цього можна досягнути шляхом розробки спеціалізованих інформаційних систем для управління доступом до інформаційних потоків в мережі туристичних послуг, що являє собою актуальне науково-прикладне завдання. Рішення проблеми вбачаємо у забезпеченні повної або часткової обізнаності споживачів туристичних послуг, зокрема, щодо популярних на момент інформаційного пошуку туристичних напрямків, що досягається інтерактивною взаємодією Інтернет користувачів із засобами Smart туризму. Взаємодія в мережі туристичних послуг з вільним доступом та можливістю аналізу привабливості туристичних destinations створює можливість визначати потреби туристів і сприяти підвищенню якості пропонуваного туризму для виходу на туристичний ринок.

Аналіз досліджень. Туристичні рекомендаційні системи (ТРС) сьогодні виявилися цінним інструментом для онлайн-користувачів, який робить пошук інформації легшим [1]. ТРС сьогодні використовує веб-портали і програмне забезпечення для сучасних гаджетів що взаємодіють на основі підходів до побудови інтегрованих інформаційних систем (ІІС) [2]. Такі підходи у ІКТ знаходять свою реалізацію як сучасні тенденції в туристичній галузі: електронний туризм і мобільний туризм. Електронний туризм відноситься до галузі досліджень, в якій використання ІКТ розглядається як основа інформаційно-інтенсивного напрямку в туристичній індустрії [3]. Мобільний туризм ставить нові завдання і можливості для інноваційних персоналізованих послуг і полягає в використанні мобільних пристроїв в якості основної платформи для доступу до інформації [4]. Отже, використання ТРС для управління ефективністю сфери міського культурного туризму сприятиме впровадженню концепції Smart-туризму та є актуальним спрямованням з підвищення рівня інформаційно-консультаційної підтримки туристів. Процес надання туристичних послуг для споживачів, які постійно використовують Smart-елементи розглядається сьогодні як нова якість у туристичній галузі [5].

Метою даного дослідження є розробка рекомендаційної системи для підтримки Smart-туризму по містах України. Система заснована на підходах використання ТРС, що ґрунтується на спільній взаємодії Інтернет-ресурсів з мобільними програмними додатками (M-Tourism Applications), як реалізації інтегрованого підходу до побудови ІС.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Розвиток і активне впровадження в індустрію туризму сучасних ІКТ забезпечило швидке поширення туристичних інформаційних систем на базі Інтернету. Їх головна мета – допомогти туристам знайти кращу альтернативу серед туристичних маршрутів.

Розроблена ТРС є ІС, що являє собою ієрархічно організований комплекс організаційних та технічних методів, програмних, алгоритмічних і інформаційних інструментів, які мають модульну структуру і забезпечують наскрізне узгоджене управління інформаційними потоками.

Були висунуті наступні функціональні вимоги до проектування ТРС на основі ІС: об'єднання веб-порталу та додатків сучасних гаджетів; підтримки розширених процедур звірки даних; підтримки онлайн доступу до даних; підтримки певних моделей даних реальних об'єктів; підтримки управління даними за всією організаційною логікою рекомендацій.

Для розробки ТРС як ІС з функціями інформаційної підтримки та наданням оптимальних послуг в галузі міського культурного туризму ми аналізуємо алгоритмічні підходи, що активно використовуються при проектуванні інформаційних продуктів для аналізу даних.

В літературних джерелах широко подаються загальні принципи побудови персоналізованих електронних туристичних путівників (ПЕТП). Так, автори публікації [7] аналізують популярні ПЕТП і розглядають проблему пошуку туристичного маршруту, що дає максимальний ефект від кількості відвідуваних туристичних destinations.

Проблема створення персоналізованих туристичних маршрутів, що в основному пов'язана із функціональністю створення маршрутів туристів, електронних гідів і ПЕТП, була визначена як «проблема проектування туристичних поїздок» [8].

Більшість існуючих прототипів ТРС засновані на веб-технологіях, де логіка рекомендацій підтримується в системі консолідації сховищ даних (DW). У джерелі [9] визначається DW як сховище, що буде забезпечувати безпечний централізовано керований репозиторій даних з сукупності джерел.

Автор [10] розкриває основну ідею інтерактивної аналітичної обробки (OLAP), яка полягає в забезпеченні навігації за даними для інтерактивного генерування спеціальних запитів до DW.

Література, що відноситься до використання технологій DW і OLAP, охоплює широке коло тем, включаючи бази даних, в яких розміщується інформація для підтримки прийняття рішень, аналітичні моделі з використанням сховища даних, системи підтримки прийняття рішень для аналізу агрегованої інформації [11].

За результатами аналізу алгоритмічних підходів, що активно використовуються розробниками туристичних програм і моделей для визначення туристичних маршрутів, ми прийшли до висновку, що позитивний ефект від впровадження ТРС можна отримати завдяки використанню концепції DW і OLAP на принципах відкритих систем, відповідно до визнаних стандартів та перевірених рішень. Діяльність переноситься у віртуальний простір, де взаємодія проходить в режимі реального часу, йде оперативний обмін інформаційними ресурсами, різко виростає рівень поінформованості користувачів туристичної продукції в системі взаємодії ресурсів E-Tourism із сучасними додатками M-Tourism.

Кожен турист в рамках ТРС стає автономною одиницею споживання туристичних послуг міського культурного туризму і користувачем системи, що працює з розширеними інформаційними потоками, програмними та іншими ресурсами. Зв'язок користувача міського культурного туризму з DW забезпечується через мобільні персоналізовані електронні путівники (МПЕП), що являють собою M-Tourism Applications [4]. МПЕП також відіграє роль засобу отримання, завантаження, перетворення і переміщення даних від користувача міського культурного туризму до DW, що дозволяє інтегрувати і накопичувати різномірні дані, згенеровані туристами, у формі даних про популярні туристичні destinations.

Неоднорідність даних, сформованих користувачами МПЕП, які використовують DW як вузли мережі ТРС, надає інформації додаткової гнучкості, здатності адаптуватися до реальних умов інтелектуальних туристичних процесів, яка дозволяє поширювати її в інтелектуальних туристичних інформаційних середовищах.

При розробці ТРС на основі системного підходу використовувалися п'ять рівнів інтеграції. Перший рівень – це інтеграція туристичних об'єктів і процесів, що зводиться до інтеграції інформаційної підтримки туристичних послуг на рівні сервера. На цьому рівні інтеграції

використовуються веб-технології. Мова програмування серверної частини системи – PHP. Web-фреймворк є Yii2 Framework.

Другий рівень інтеграції визначається на рівні користувача, який реалізує інтеграцію мобільних додатків і інструментів для інтерактивної взаємодії з системними ресурсами. Для реалізації користувачького зв'язку було розроблено мобільний додаток на Android Studio.

Третій рівень – архітектурний, який визначає оптимальну і універсальну стратегію доступу до даних.

Четвертий рівень – передавання даних мобільному додатку. На цьому рівні інтеграції здійснюється збір, структурування та передавання даних.

П'ятий рівень – інтеграція апаратних і програмних платформ з необхідною математичною моделлю, яка буде напрацьовувати логіку рекомендацій для взаємодії в складі ТРС.

Взаємодія відбувається за клієнт-серверною структурою обміну даними, що є основою розробленої структурної схеми ТРС для інформаційної підтримки користувачів в галузі Smart City Tourism, що додана на рис. 1.

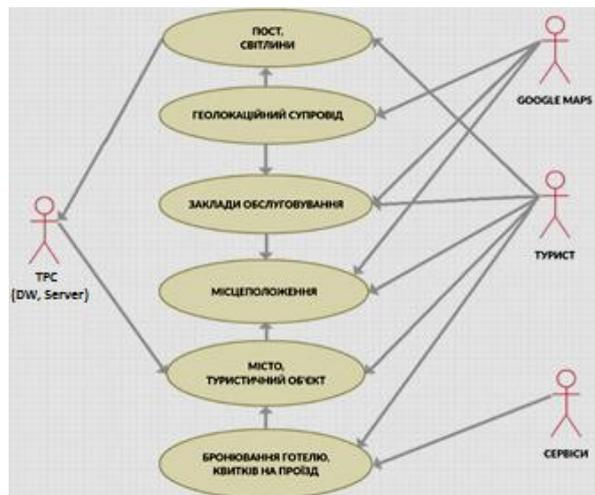


Рис. 1. Діаграма прецедентів ІС інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму

Під час побудови формальної моделі ІС інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму взаємодія конкретного користувача системи подається у вигляді сукупності взаємодіючих сутностей:

- туристичних об'єктів;
- замовлень туристичної послуги у сервісних центрах;
- суб'єктів-споживачів туристичної послуги.

Такі елементи являють собою оптимальний набір для взаємодії конкретного користувача інформаційної підтримки ТРС та надання послуг у сфері туризму Smart City. Це означає, що ми пропонуємо всі перспективні туристичні напрямки S^{dest} , що були обрані більшістю користувачів у певному туристичному регіоні. Такий підхід можна виразити такою залежністю:

$$S^{dest} = (\forall s) [(R(s) \in G) \& (R(s) \in N)], \quad (1)$$

де R – набір туристичних напрямків, якими цікавились туристи, як результат бінарних відносин між споживачами туристичної продукції та M-Tourism Applications;

G – сукупність споживачів туристичних послуг, які шукали цікаві для них напрямки;

N – набір туристичних напрямків, які об'єднують всі туристичні регіони.

МПЕП на основі смартфонів, які постійно підключені до Інтернету, забезпечують зв'язок між користувачами Smart City Tourism і ТРС для отримання рекомендацій по туризму. Коли користувачі шукають інформацію в ТРС, використовуються запити до DW. DW, що застосовується у ТРС, побудовано таким чином, що він може інтегрувати кілька розрізнених джерел даних. База даних для побудови ТРС реалізує широкий спектр туристичних напрямків. Після того, як туристи зацікавляться туристичними напрямками, інформація про це заноситься в базу даних. DW зазвичай робиться шляхом вилучення інформації з транзакційної системи. Це робиться за допомогою методів очищення і інтеграції даних, денормалізації даних і подальшого перетворення їх в структуру, яка підходить для

аналітики. У подальшому для створення рекомендацій щодо туристичних напрямків використовується підхід OLAP.

Обрання інформаційно-інтелектуально-аналітичної компоненти проектованої ІС дає змогу забезпечити ефективність інформаційного супроводу та надання сервісних послуг користувачам міського культурного туризму. Реалізація такої архітектури дає можливість для проведення збору даних залучати зовнішні інформаційні ресурси (сайти туристичних агентств) та для сервісної підтримки використовувати апробовані програмні додатки з вільним доступом.

Фрагмент діаграми класів для реалізації процедури парсингу даних про туристичні дестинації, безпосередньо під час взаємодії мобільного додатку з веб-порталом у Інтернет, наведено на рис. 2.

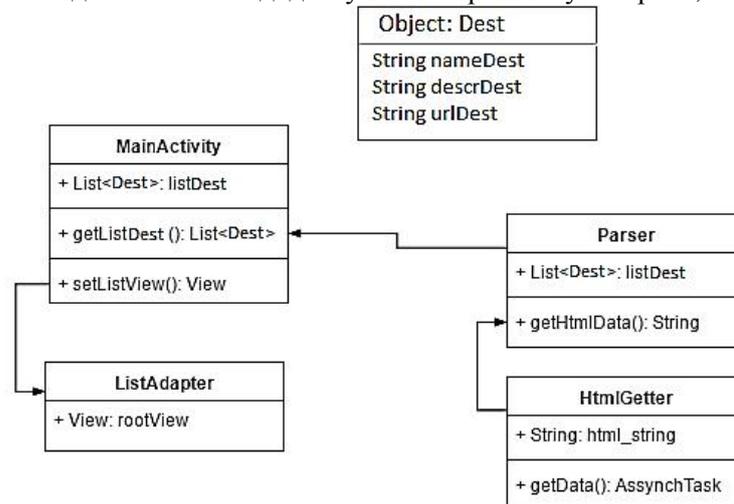


Рис. 2. Діаграма класів, що реалізують взаємодію мобільного додатку з веб-порталом

На діаграмі класів подано такі класи:

MainActivity – даний клас виконує вхід у програму та доступ до функціоналу ТРС. Для взаємодії додатку з веб-порталом він містить посилання на клас Parser. Також, існує метод котрий отримує колекцію даних. Другий метод передає колекцію в адаптер, що виводить її через ListView на екран.

HtmlGetter – клас, що видобуває данні з веб-порталу.

Parser – перетворює рядок з HtmlGetter у колекцію об'єктів Dest.

Dest – об'єкт із трьома полями.

ListAdapter – клас, що відтворює поля списків на екрані.

Впровадження ТРС “Електронний гід” (рис. 3), як новітнього туристичного ІКТ-продукту для Smart-туризму з функцією МПЕП, забезпечує просування туристичних послуг міського туризму, підвищення рівня їх інформаційно-консультаційної підтримки.

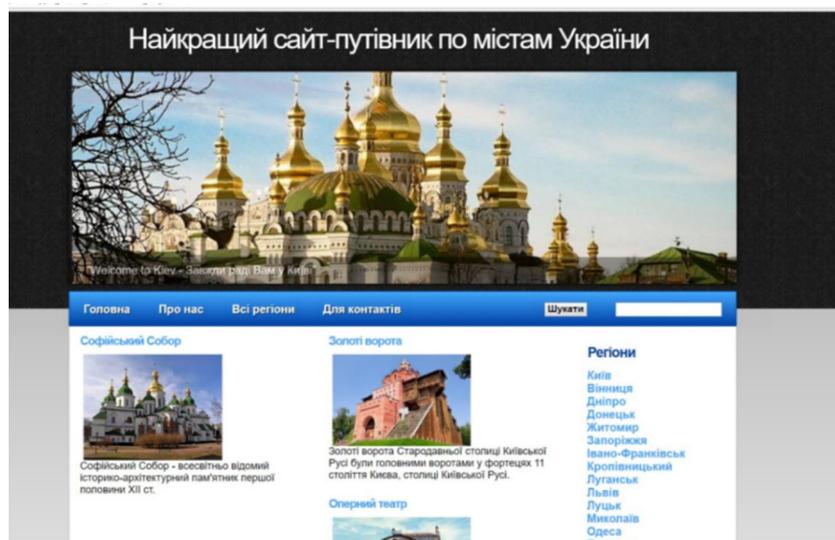


Рис. 3. Вигляд сторінки веб-порталу BESTGUIDE (bestguide.com.ua), що опрацьовується процедурою парсингу

eGuide (рис. 4) є клієнтською програмою M-Tourism Application в системі інформаційного супроводу туристичних подорожей містами України та розроблена на мові програмування Java для пристроїв на платформі Android у середовищі Android Studio. Програма дозволяє оперативно отримувати інформацію, щодо відомих туристичних атракцій у всіх регіонах України, знаходити потрібні установи туристичної інфраструктури (заклади харчування, магазини, банківські установи, парки відпочинку та інші публічні місця), обмінюватися даними з сервером системи, пишучи пости. Додаток підключається до сервера системи BESTGUIDE і транслює інформацію в режимі реального часу. Додаток здатний встановлювати зв'язок, не виходячи з нього, за потребою із сервісом Google Maps, розрахувати оптимальний маршрут до визначеної туристичної дестинації, відслідковувати переміщення туристів по вулицям міста в реальному часі.



Рис. 4. Видгляд ListViewActivity M-Tourism Application eGuide після виконання процедури парсингу

Туристичний ІКТ-продукт, створений на основі хмарних технологій, застосовується у Smart-туризмі для інтелектуального сприйняття всіх видів туристичної інформації про дестинації міського туризму. Програмно-технічна організація обміну в ІС дозволяє збирати та зберігати інформацію на гаджетах і в хмарних сховищах про поїздки користувачів-туристів та отримувати доступ до інформації про дестинації міського туризму в режимі онлайн.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Таким чином, в результаті дослідження визначено основні компоненти та функції окремих елементів інформаційної підтримки ТРС і надання послуг в сфері туризму Smart City. Розроблено інформаційне програмне забезпечення ТРС, що забезпечує безперервний та надійний доступ до інформації, щодо туристичних напрямків. Процес інформаційного забезпечення реалізовано з використанням сучасних технологій і протоколів обміну даними. Ці технології включають збір даних, їх передачу за допомогою 3G або 4G, зберігання їх у сховищах даних на просторі FTP-сервера, інтерактивну аналітичну обробку даних за допомогою сформованих структур зрізів даних.

Елементи аналізу включають в себе знання туристичних об'єктів, їх можливостей і параметрів, які формують дані інформаційної підтримки, можливість надання периферійних послуг для онлайн-бронювання та придбання готельних номерів і проїзних квитків і геолокації туристичних дестинацій та геолокації різних сервісних установ.

Подальші дослідження будуть спрямовані на поглиблення знань про об'єкти запропонованої ТРС, підвищення її якісних характеристик щодо інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму на основі розробки математичних моделей оптимізації процесу рекомендації туристичних маршрутів в середині системи Smart City.

1. A Survey on Mobile Tourism Recommender Systems. Publication in the 3rd ICCIT 2013/ [Damianos Gavalas, Vlasios Kasapakis, Charalampos Konstantopoulos, Konstantinos Mastakas, Grammati Pantziou] – Beirut, Lebanon 19-21 June, pp. 131-135.
2. Матов О. Я. Сучасні технології інтеграції інформаційних ресурсів / О. Я. Матов, І. О. Храмова // Реєстрація, зберігання і обробка даних, Т. 11 № 1, 2009. – С. 33-42.
3. Artemenko O. E-tourism recommender systems: a survey and development perspectives / Olga Artemenko, Natalya Kunanec, Volodymyr Pasichnyk // Econtechmod an international quarterly journal, Vol. 6. No. 2, 2017. – pp. 91-95.

4. Pasichnyk V. Intellectual innovative system for personalized support of tourist trips / V. Pasichnyk, V. Savchuk // *Econtechmod : an international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes.* – Lublin ; Rzeszow, 2016. – Volum 5, number 1. – pp. 79–87.
5. Кормягина Н. Н. Smart-туризм как часть Smart-концепции, Маркетинг и логистика: научно-практический журнал, Выпуск №6 (14), 2017. – С. 45-57.
6. О. Я. Матов, И. О. Храмова, "Сучасні технології інтеграції інформаційних ресурсів"/ Н. Н. Кормягина // Реєстрація, зберігання і обробка даних, Т. 11, № 1, 2009. – С. 33-42.
7. О. А. Смірнов, А. С. Кожанова, О. В. Коваленко, Обґрунтування необхідності створення систем технічної діагностики інтегрованих інформаційних систем / О. А. Смірнов, А. С. Кожанова, О. В. Коваленко // Системи обробки інформації, № 6 (113), 2013. – С. 255-257.
8. A Survey on Algorithmic Approaches for Solving Tourist Trip Design Problems / [Damianos Gavalas, Charalampos Konstantopoulos, Konstantinos Mastakas, and Grammati Pantziou] *Journal of Heuristics.* June 2014, Volume 20. – pp. 291-328.
9. Vansteenwegen P. The mobile tourist guide / P. Vansteenwegen and D. Van Oudheusden. An or opportunity. *Operational Research Insight*, 20(3):21–27, 2007. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1057/ori.2007.17>
10. Спирли Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка и реализация / Э. Спирли. Том.1, М.: Издательство Вильямс, 2001. – 400 с.
11. Romero O. On the Need of a Reference Algebra for OLAP / O. Romero, A. Abell'o, In *Proceedings of the International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery*, Volume 4654 – pp. 99-110, 2007. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/bb99/36dc85acfc794636140f02644f4f29a754c9.pdf>.

УДК 658.012.1:656.13

Філь Н.Ю., Бінковська А.Б.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПРИ УПРАВЛІННІ АВТОТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ В УМОВАХ НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Філь Н.Ю., Бінковська А.Б. Метод визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах в умовах нечіткої інформації. У статті проведено аналіз факторів, що впливають на рівень безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах, на підставі чого розроблено метод визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом. Для реалізації методу визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі використано Fuzzy Logic Toolbox Matlab.

Ключові слова: автомобільна дорога рівень безпеки, водій, методи нечіткого виведення, Мамдані, Сугено, фазифікація, агрегування, активізація, акумулювання, дефазифікація.

Филь Н.Ю., Бинковская А.Б. Метод определения уровня безопасности при управления автотранспортным средством на автомобильных дорогах в условиях нечеткой информации. В статье проведен анализ факторов, влияющих на уровень безопасности при управлении автотранспортным средством на автомобильных дорогах, на основании чего разработан метод определения уровня безопасности при управлении автотранспортным средством. Для реализации метода определения уровня безопасности при управлении автотранспортным средством на автомобильной дороге использовано Fuzzy Logic Toolbox Matlab.

Ключевые слова: автомобильная дорога уровень безопасности, водитель, методы нечеткого вывода, Мамдани, Сугено, фазификация, агрегирование, активизация, аккумулялирование, дефазификация.

Fil N.U., Binkovska A.B. The method for determining safety level in the management of a vehicle on highways under fuzzy information. The article analyzes the factors affecting safety level when driving a vehicle on highways based on which the method for determining safety level while driving a vehicle has been developed. Fuzzy Logic Toolbox Matlab was used to implement the method for determining safety level while driving a vehicle on highways.

Keywords: highways, safety level, driver, fuzzy inference methods, Mamdani, Sugeno, phasing, aggregation, activation, accumulation, defuzzification.

Постановка проблеми.

Мережа автомобільних магістралей є однією з основних складових транспортної системи України, що задовольняє потребам суспільства в пасажирських та вантажних перевезеннях автомобільним транспортом. В сучасних умовах розширення зовнішньоекономічних торговельних відносин, інтеграції України у систему міжнародних транспортних коридорів необхідно удосконалити систему транспортного забезпечення. Це надасть можливості для модернізації та підвищенню якості транспортно-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг України, дозволить розвивати вітчизняну економіку [1, 2].

Перспективи розвитку мережі автомобільних доріг пов'язані з вирішенням наявних проблем транспортно-дорожнього комплексу. Згідно зі Стратегією реформування та розвитку дорожньої галузі України [3], Концепції Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013 - 2018 роки, Транспортної стратегії України на період до 2020 року, Транспортної політики України та її наближення до норм Європейського Союзу (ЄС) [4], розвиток автомобільних доріг загального користування повинен здійснюватися в напрямку їх інтеграції до Європейської транспортної мережі, що спрямована на приведення стану доріг до відповідних міжнародних вимог. В цих нормативних документах зазначаються наступні проблеми розвитку автомобільних доріг, а саме:

- недостатній рівень використання геополітичного положення України та можливостей її транспортних комунікацій для міжнародного транзиту вантажів територією України;
- незадовільний транспортно-експлуатаційний стан автодоріг;
- невідповідність технічних стандартів автомобільних доріг України стандартам ЄС за якістю та ваговими навантаженнями;
- незадовільний рівень безпеки дорожнього руху;
- відставання розвитку автомобільних доріг від темпів автомобілізації країни;
- низький рівень сервісного обслуговування транспортної інфраструктури;
- недостатній обсяг фінансування та інвестицій у розбудову доріг і розвиток галузі.

Наслідком незадовільного стану дорожніх умов є велика кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Кількість ДТП з тяжкими наслідками в Україні є однією найбільших серед країн ЄС [5-6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботі [7] проводиться аналіз факторів, що призводять до ДТП. Визначено що в 57% випадків головна причина ДТП – помилка людини; в 27% випадків причинна ДТП є проблема взаємодії людини і дороги; в 6% випадків причинна ДТП є проблема взаємодії людини і автомобіля; в 3% випадків причиною ДТП є проблема складного взаємодії людини, автомобіля і дороги.

Результати аналізу оцінки ризиків від дорожньо-транспортних пригод, що можуть використовуватися при оцінці рівня безпеки дорожнього руху наведено в роботі [8].

В роботі [9] встановлено причинний взаємозв'язок між ефективністю реалізації заходів та зміною кількості пригод та кількості поранень, що очікуються, або їх важкості. Визначено, що забезпечення безпеки на автомобільному транспорті України повинно йти шляхом розробки та впровадження системи «людина - автомобіль-дорога», що базується на комплексному врахуванні дорожніх, технічних і соціально-економічних факторів.

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі за рахунок розробки методу визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах в умовах нечіткої інформації.

Основні результати дослідження

Для визначення рівня безпеки при управлінні автомобільним засобом на автомобільній дорозі розглянемо систему «водій – автотранспортний засіб – автомобільна дорога – навколишнє середовище».

В цій системі для кожного елемента можна виділити декілька параметрів, які мають значний вплив на рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі:

- водій (досвід роботи, стан здоров'я (температура й артеріальний тиск);
- автотранспортний засіб (його технічний стан, вік автотранспортного засобу);
- автомобільна дорога (стан дорожнього покриття, рельєф, наявність або відсутність дорожніх знаків);
- навколишнє середовище (перешкоди, погодні умови, оглядовість траси).

Для вирішення поставленого завдання пропонується використати методи нечіткого виводу для чого визначаються входні і вихідні змінні об'єкту управління, на основі входних змінних вибираються управляючі змінні. Виділені величини представляються у вигляді лінгвістичних змінних. Для кожної з лінгвістичних змінних формуються терм-множини у вигляді нечітких змінних.

Формалізація часткових параметрів елементів системи «водій – автотранспортний засіб – автомобільна дорога – навколишнє середовище» у вигляді лінгвістичних змінних наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Формалізація часткових параметрів

Частинний параметр стану	Універсум	Терми для лінгвістичної оцінки
v_1 значення артеріального тиску	[70/ 50;200/110]	низьке (нзд); нормальне(нд); високе (вд)
v_2 температура тіла	[33;42]	низька (нзт), нормальна (нт), висока (вт)
v_3 стаж керування автотранспортним засобом	[0;10]	малий (мс); середній (сс); великий (вс)
v_4 стан автотранспортного засобу	[0;30]	новий (нст), середній (сст); старий (стст)
v_5 стан автомобільної дороги	[0, 10] у.о.	сухо (сух), слякота (сл.), ожеледь (ож)
v_6 швидкість автотранспортного засобу	[0, 100]	низька (нш), середня (сш), висока(вш)

Рівень безпеки при управлінні автомобільним засобом на на автомобільній дорозі може бути визначений $R = \{ \text{«дуже поганий»}, \text{«поганий»}, \text{«задовільний»}, \text{«добрий»}, \text{«дуже добрий»} \}$.

Нехай терми лінгвістичних змінних представлені параметричним нечіткими числами з трапецієподібними і трикутними функціями приналежності як найбільш поширеними [10-11].

Для визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі враховуються наступні параметри для водія артеріальний тиск $v_1 \in [70/50; 200/110]$, але нормальним вважається артеріальний тиск $v_1 \in [110/70; 140/90]$.

Задаємо функції приналежності для змінної «Артеріальний тиск» трапецієвидного виду:

$$\mu_{\text{нзд}}(v_1) = \begin{cases} 1, & v_1 \in [70; 100) \\ \frac{110 - v_1}{10}, & v_1 \in [100; 110); \\ 0, & v_1 > 110 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{нд}}(v_1) = \begin{cases} 0, & v_1 < 100; v_1 > 140, \\ \frac{v_1 - 100}{10}, & v_1 \in [100; 110), \\ 1, & v_1 \in [110; 130], \\ \frac{130 - v_1}{10}, & v_1 \in (130; 140]. \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{вд}}(v_1) = \begin{cases} 0, & v_1 < 140, \\ \frac{v_1 - 130}{5}, & v_1 \in (140; 145], \\ 1, & v_1 \in [145; 200]. \end{cases} \quad (3)$$

Крім того, до основних показників стану водія відноситься температура тіла $v_2 \in [33; 42]$. З медичної точки зору нормальною температурою тіла вважається $v_2 \in [36,2; 36,8]$.

Задаємо функції приналежності для змінної «Температура тіла» трапецієвидного виду:

$$\mu_{\text{нзд}}(v_2) = \begin{cases} 1, & v_2 \in [33; 35,5), \\ \frac{v_2 - 35,5}{1,5}, & v_2 \in [35,5; 36), \\ 0, & v_2 > 36. \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{\text{нд}}(v_2) = \begin{cases} 0, & v_2 < 36; v_2 > 37, \\ v_2 - 36, & v_2 \in [36; 36,2), \\ 1, & v_2 \in [36,2; 36,8], \\ \frac{37 - v_2}{0,02}, & v_2 \in (36,8; 37]. \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{\text{вд}}(v_2) = \begin{cases} 0, & v_2 < 37, \\ \frac{v_2 - 37}{0,05}, & v_2 \in (37; 37,5], \\ 1, & v_2 \in [37,5; 42]. \end{cases} \quad (6)$$

Важливе значення має стаж керування автотранспортним засобом (рік) v_3 – малий – $[0, 2)$, середній – $(1,5, 5,5)$, великий – $(5, 10]$.

$$\mu_{\text{нзд}}(v_3) = \begin{cases} 1, & v_3 \in [0;1.5), \\ v_3 - 1.5, & v_3 \in [1.5;2), \\ 0, & v_3 > 2. \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{\text{нд}}(v_3) = \begin{cases} 0, & v_3 < 1.5; v_3 > 5.5, \\ \frac{v_3 - 1.5}{0.5}, & v_3 \in [1.5;2), \\ 1, & v_3 \in [2,5], \\ \frac{5.5 - v_3}{0.5}, & v_3 \in (5,5.5]. \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{\text{вд}}(v_3) = \begin{cases} 0, & v_3 < 5, \\ 5 - v_3, & v_3 \in (5;5.5], \\ 1, & v_3 \in [5.5;10] \end{cases} \quad (9)$$

Стан автотранспортного засобу можна визначити v_4 , як новий [0;6], середній [5;10], старий [9;30].

$$\mu_{\text{нзд}}(v_4) = \begin{cases} 1, & v_4 \in [0;5), \\ v_4 - 6, & v_4 \in [5;6), \\ 0, & v_4 > 6. \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{\text{нд}}(v_4) = \begin{cases} 0, & v_4 < 5; v_4 > 10, \\ v_4 - 5, & v_4 \in [5;6), \\ 1, & v_4 \in [6,9], \\ 9 - v_4, & v_4 \in (9;10] \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{\text{вд}}(v_4) = \begin{cases} 0, & v_4 < 9, \\ 9 - v_4, & v_4 \in (9;10] \\ 1, & v_4 \in [10;30] \end{cases} \quad (12)$$

Стан автомобільної дороги залежить від погодних умов та можна визначити v_5 : ожеледь – [0, 4), слякота – (3, 6), сухо – (5, 10].

$$\mu_{\text{ож}}(v_5) = \begin{cases} 1, & v_5 \in [0;3), \\ v_5 - 3, & v_5 \in [3;4), \\ 0, & v_5 > 4. \end{cases} \quad (13)$$

$$\mu_{\text{сл}}(v_5) = \begin{cases} 0, & v_5 < 3; v_5 > 6, \\ v_5 - 3, & v_5 \in [3;4), \\ 1, & v_5 \in [4,5], \\ 5 - v_5, & v_5 \in (5;6]. \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu_{\text{сух}}(v_5) = \begin{cases} 0, & v_5 < 5, \\ 5 - v_5, & v_5 \in (5;6] \\ 1, & v_5 \in [6;10] \end{cases} \quad (15)$$

Швидкість автотранспортного засобу (км/год) v_6 : дозволена швидкість – [0,100].

$$\mu_{\text{ниш}}(v_6) = \begin{cases} 1, & v_6 \in [0;40), \\ \frac{v_6 - 40}{10}, & v_6 \in [40;50), \\ 0, & v_6 > 50. \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{\text{сш}}(v_6) = \begin{cases} 0, & v_6 < 50; v_6 > 80, \\ \frac{v_6 - 50}{10}, & v_6 \in [50;60), \\ 1, & v_6 \in [60;70], \\ \frac{v_6 - 70}{10}, & v_6 \in (70;80] \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{\text{вш}}(v_6) = \begin{cases} 0, & v_6 < 70, \\ \frac{70 - v_6}{10}, & v_6 \in (70;80] \\ 1, & v_6 \in [80;100] \end{cases} \quad (18)$$

Необхідно кожній комбінації параметрів вхідних змінних поставити у відповідність рівень безпеки, а також побудувати вихідне значення рівня безпеки в залежності від можливих значень вхідних параметрів [10-12].

Причинно-наслідкові зв'язки між значеннями вхідних змінних і рівнем безпеки на автомобільній дорозі формалізуються у вигляді сукупності нечітких логічних правил. Формат базового правила виведення «якщо-то» (if-then) називається нечіткою імплікацією. Умовою правила може бути твердження «S низька», де «низька» – терм заданий нечіткою множиною на універсальній множині лінгвістичної змінної S. Наслідком (висновком) для даної умови може бути один з термів вихідного параметра, тобто рівень безпеки на автомобільній дорозі.

Розглянемо проектування системи нечіткого виводу у середовище MathLab, яке складається з наступних кроків [10-11].

Крок 1. Для завантаження основного fis-редактору надрукуємо слово fuzzy у командному рядку Matlab.

Крок 2. Оберемо тип системи. Для цього в меню File в підменю New fis... оберемо команду Mamdani.

Вибір нечіткої моделі типу Мамдані обумовлений тим, що правила бази знань є прозорими та інтуїтивно зрозумілими, тоді як для моделей типу Сугено не завжди ясно які лінійні залежності «входи-вихід» необхідно використовувати і як їх отримати.

Крок 3. Додамо другу вхідну змінну. Для цього в меню Edit оберемо команду Add input.

Крок 4. перейменуємо першу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівої кнопки миші на блоці input1, введемо нове позначення v_1 в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 5. перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення v_2 в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 6. перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення v_3 в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 7. Перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення v_4 в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 8. Перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення v_5 в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 9. Перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення v_6 в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 10. Перейменуємо вихідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці output1, введемо нове позначення g в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 11. Задамо ім'я системи. Для цього в меню File в підменю Export оберемо команду To disk і введемо ім'я файлу, наприклад, Rizuk.

Крок 12. Перейдемо в редактор функцій належності. Для цього зробимо швидке подвійне натиснення лівої кнопки миші на блоці.

Крок 13. Задамо діапазон змін першої змінної.

Крок 14. Задамо функції належності першої змінної. Для лінгвістичної оцінки цієї змінної будемо використовувати 3 терми з трикутними функціями належності, які встановлені за замовченням. Задамо найменування термів першої змінної. Для цього робимо одне натиснення лівою кнопкою миші по графіку першої функції належності (Рис. 1 – 7).

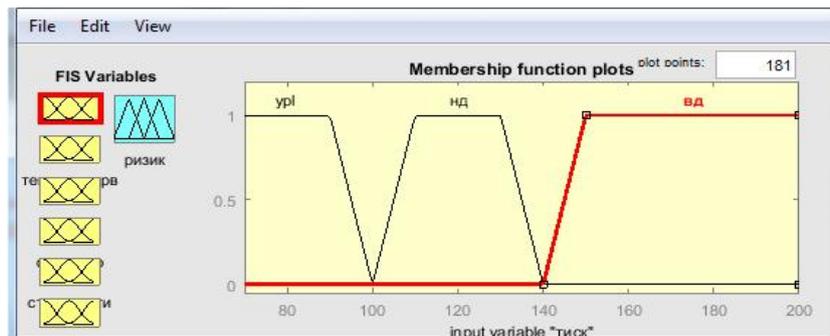


Рис. 1. Функції приналежності вхідного параметру «Артеріальний тиск»

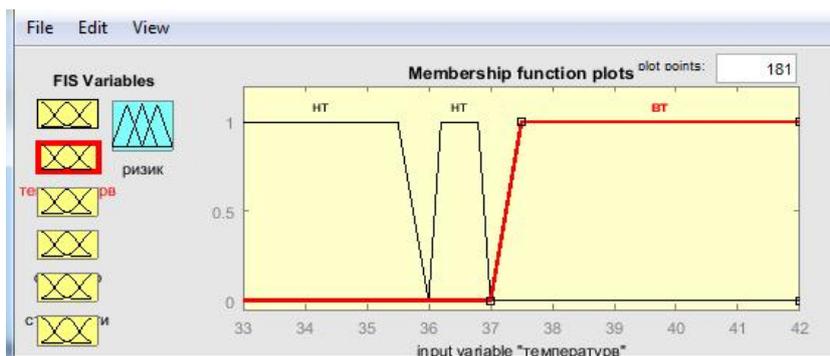


Рис. 2. Функції приналежності вхідного параметру «Температура»

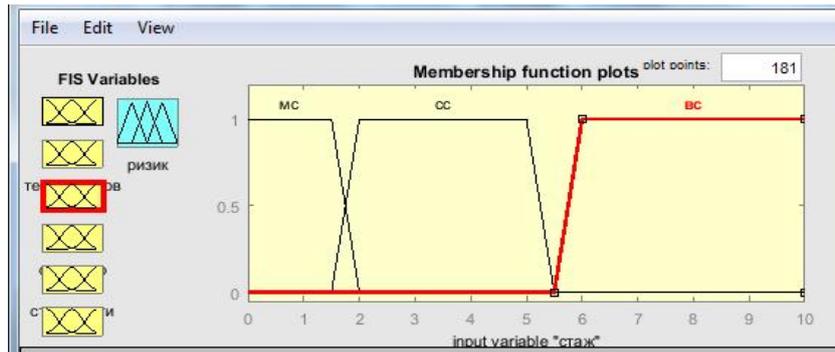


Рис. 3. Функції приналежності вхідного параметру «Стаж водіння»

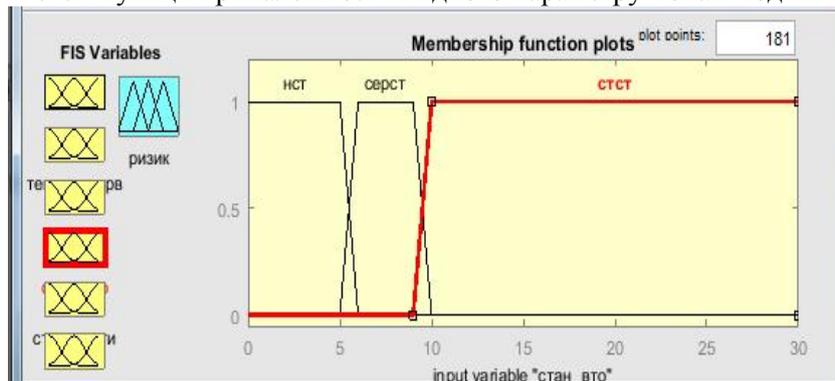


Рис. 4. Функції приналежності вхідного параметру «Стан автомобільного засобу»

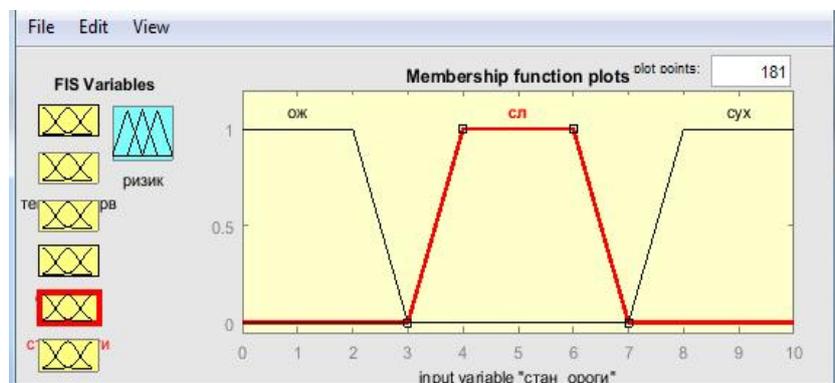


Рис.5. Функції приналежності вхідного параметру «Стан автомобільної дороги»

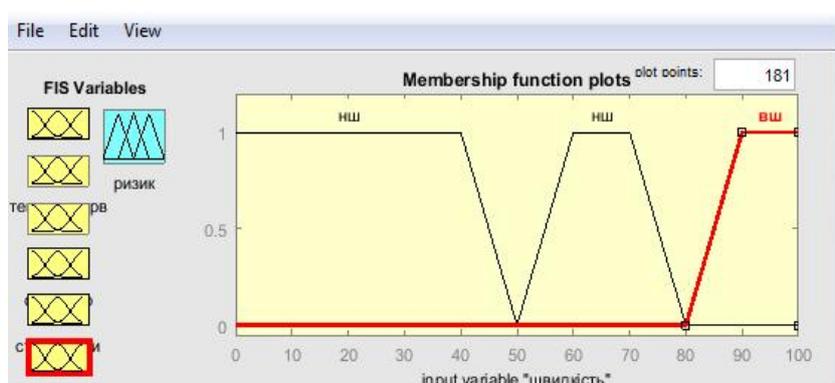


Рис. 6. Функції приналежності вхідного параметру «Швидкість автотранспортного засобу»

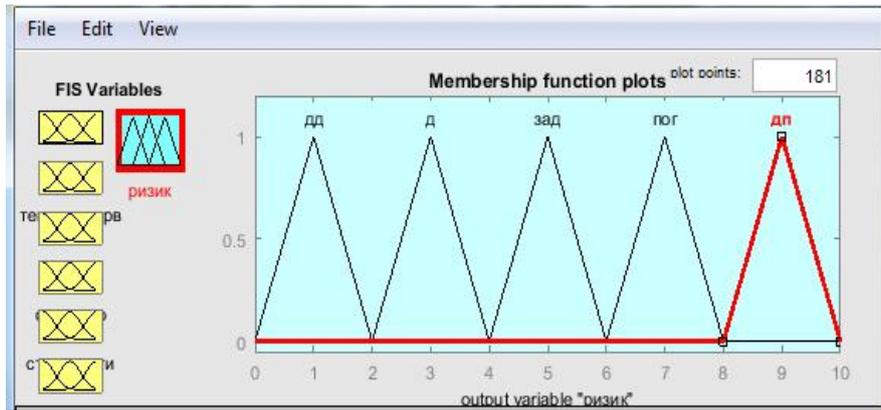


Рис. 7. Функції приналежності вихідного параметру

Крок 15. Аналогічно задамо функції належності для всіх змінних.

Крок 16. Задамо залежності між входами і виходом, які наведено в базі знань.

Крок 17. Задамо найменування і параметри цих залежностей.

Крок 18. Перейдемо в редактор бази знань RuleEditor. Для цього оберемо в меню Edit команду Edit rules... і введемо правила. Для вводу правила необхідно обрати відповідну комбінацію термів і залежностей і натиснути кнопку Add rule (Рис. 9).

Авторами сформована база з 85 правил системи нечіткого виведення типу «ЯКЩО ..., ТО ...». Наприклад, ЯКЩО (температура тіла водія дуже висока) АБО (температура тіла водія дуже низька) І (стаж водіння малий) АБО (стаж водіння середній), ТО (безпека дуже погана) (Рис. 8).

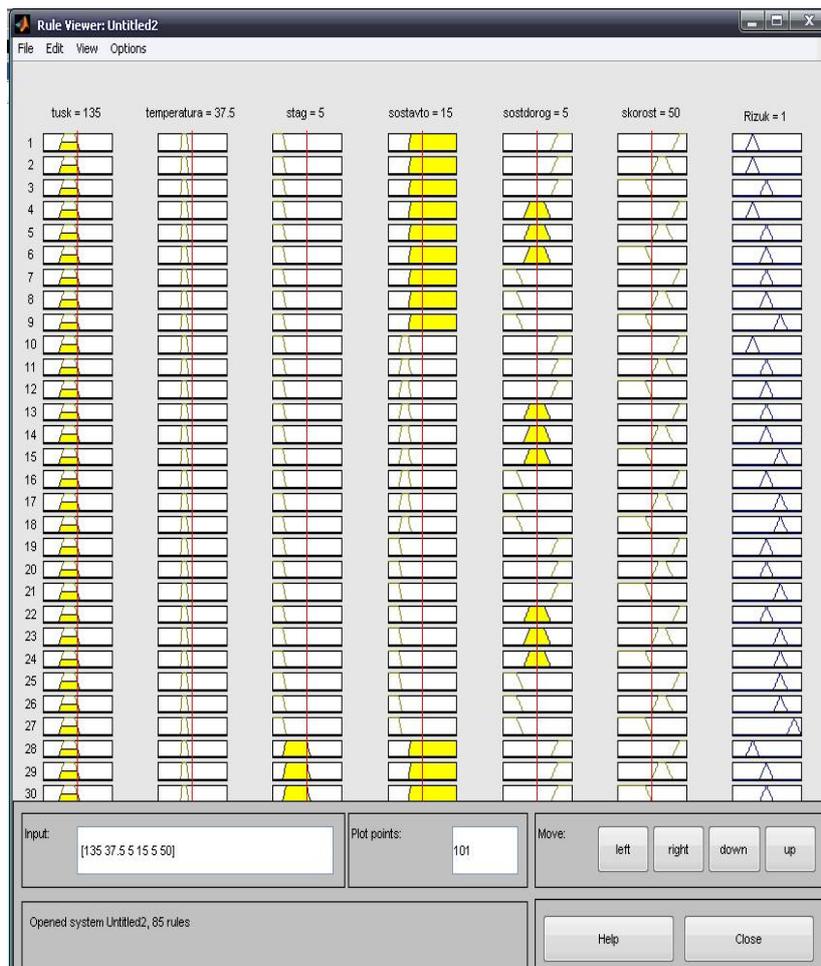


Рис. 8. Правила нечіткого висновку

Дефазифікацією є зворотне перетворення нечіткої множини в чітку множину. Мета дефазифікації полягає в тому, щоб, використовуючи результати акумуляції вихідних лінгвістичних змінних, отримати кількісні значення, які можуть використовуватись зовнішніми по відношенню до системи нечіткого виведення приладами [10-11].

В моделі, що розглядається, ідентифікація рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі проводиться за методом центру тяжіння [10-11].

Активізація в системах нечіткого виводу – це процедура або процес знаходження ступеня істинності кожного з елементарних логічних висловлювань (підзаклучень), що становлять консеквенти ядер всіх нечітких продукційних правил. Оскільки заключення робляться щодо вихідних лінгвістичних змінних, то ступенями істинності елементарних підзаклучень при активізації ставляться у відповідність елементарні функції приналежності.

Якщо висновок (консеквент) нечіткого продукційного правила є простим нечітким висловлюванням, то ступінь його істинності дорівнює алгебраїчному добутку вагового коефіцієнта і ступеня істинності антецедента даного нечіткого продукційного правила.

Якщо висновок являє собою складене висловлювання, то ступінь істинності кожного з елементарних висловлювань дорівнює алгебраїчному добутку вагового коефіцієнту і ступеня істинності антецедента даного нечіткого продукційного правила.

Функції приналежності $\mu(y)$ кожного з елементарних підзаклучень консеквентів всіх продукційних правил знаходяться за допомогою методів:

- 1) min-активізації нечіткої композиції:

$$\mu(y) = \min\{c; \mu(x)\}; \quad (19)$$

- 2) prod-активізації:

$$\mu(y) = c \mu(x); \quad (20)$$

- 3) average-активізації:

$$\mu(y) = 0.5(c + \mu(x)). \quad (21)$$

де $\mu(x)$ та c – відповідно функції приналежності термів лінгвістичних змінних та ступеню істинності нечітких висловлювань, що утворюють відповідні консеквенти ядер нечітких продукційних правил.

Поверхні визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі за факторами «Температура» і «Артеріальний тиск», «Температура» і «Стаж водіння» представлені на рис. 9-10.

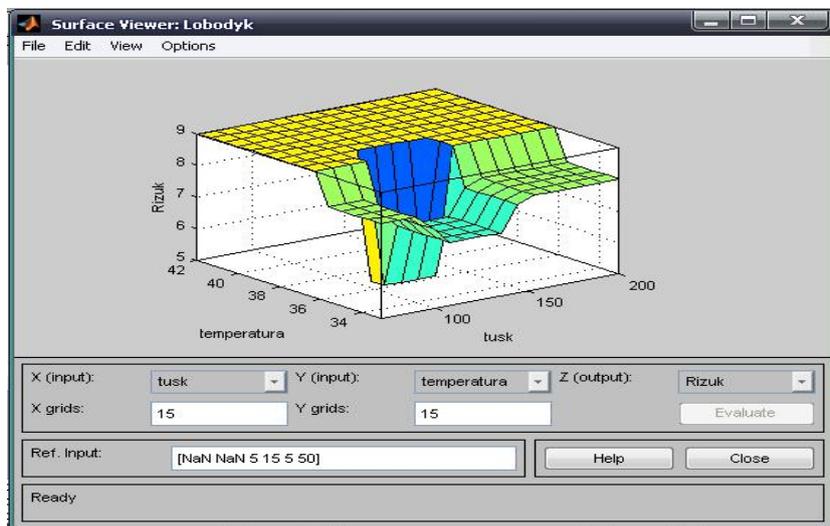


Рис.9 Залежність вихідної змінної від вхідних «Температура» і «Артеріальний тиск»

2) Проаналізуємо висновки та сформулюємо можливі рекомендації для випадкових даних (Табл.

Таблиця 2 – Значення рівня безпеки

1	Артеріальний тиск	120	110	110	150	70	120
2	Температура тіла	36	35,8	38	36	36,8	38
3	Стаж водіння	3	3	9	3	9	3
4	Стан авто	18	10	17	18	10	18
5	Стан дороги	сл	сл	сл	сл	сух	сл
6	Максимальна швидкість	90	100	90	90	80	90
7	Рівень ризику	пог	зад	пог	дп	дд	дп

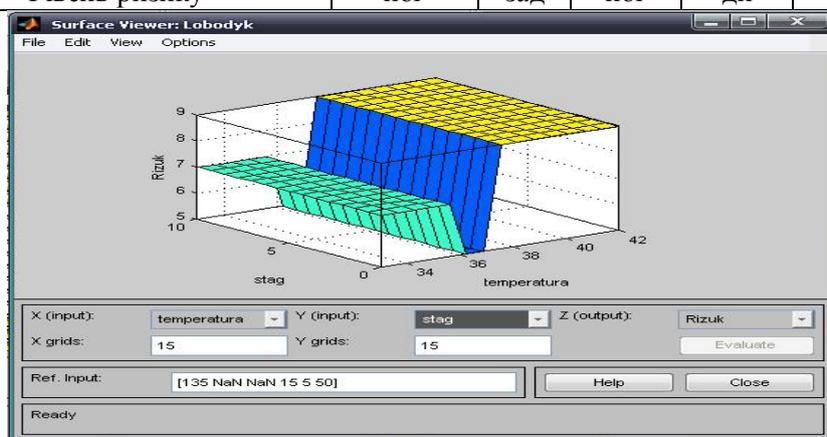


Рис. 10. Залежність вихідної змінної від вхідних «Температура» і «Стаж водіння»

Таким чином, в роботі отримали подальший розвиток методи нечіткої логіки за рахунок розповсюдження на нову предметну область визначення рівня безпеки на автомобільні дороги, що на відміну від існуючих дозволяє одночасно враховувати не тільки стан автомобільної дороги, а стан водія й автотранспортного засобу.

Висновки

В роботі пропонується для визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі розглядати систему «водій – автотранспортний засіб – автомобільна дорога – навколишнє середовище».

Розроблено метод визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі: визначені вхідні і вихідні лінгвістичні змінні, сформовано базу правил системи нечіткого виводу, яка містить 85 правил нечіткого виводу. Наведено приклад використання розробленого методу визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах.

В подальшому планується розробити експертну систему визначення рівня безпеки на автомобільній дорозі.

1. Кудрицька Н.В. Транспортно-дорожній комплекс України: сучасний стан, проблеми та шляхи розвитку: [монографія] / Н.В. Кудрицька. - К.: НТУ, 2010. – 338 с.
2. Пасічник А. М. Сучасні транспортно-митні технології міжнародних перевезень товарів: монографія / за ред. А. М. Пасічника. – Дніпро: АМСУ, 2012. – 288 с.
3. Ремига Ю.С. Аналіз тенденцій розвитку транспортної інфраструктури України // Збірник наукових праць НАУ. - 2008. - №20. - С.263-273.
4. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу / [Т. Сирийчик, А. Фургальські, Ч. Клімкевич, М. Камола та інш.]; за ред. Марчіна Свенціцькі. - К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2010. - 102 с.
5. Офіційний сайт Управління Державтоінспекції Міністерства внутрішніх справ України [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/>.

6. Нефёдов Л.И. Модели и методы управления чрезвычайными природными ситуациями на магистральных автомобильных дорогах / Л.И. Нефёдов, Н.Ю. Філь, Ю.Л. Губин, Е.М. Мельниченко. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 136 с.
7. Факторы, влияющие на безопасность дорожного движения. Общая характеристика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edu.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=70:-2006&catid=22:2011-11-18-18-18-46&Itemid=25
8. Рябушенко О.В. Використання методів оцінки ризиків при аналізі втрат від дорожньо-транспортних пригод. – Вісник ХНАДУ. – 2013. – № 61-62. – С. 86-90.
9. Шаша И.К. Совершенствование системы оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности дорожного движения. – Вісник ХНАДУ. – 2013. – № 61-62. – С. 81-85.
10. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB. - СПб: БХВ-Петербург, 2003. - 736 с.
11. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. / С.Д. Штовба – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288с.
12. Філь Н.Ю. Метод визначення рівня безпеки на автомобільній дорозі в умовах нечіткої інформації / Н.Ю. Філь, М.О. Лободюк, Ю.А. Літовський // Матеріали V Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 22 листопада 2018 р. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2018 р. – 295 с. – Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/view/konferentsii>

УДК 377.352

Чеб С. С.

Луцький центр професійно-технічної освіти

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ ТА СТВОРЕННЯ ПЕДАГОГІЧНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Чеб С. С. Деякі особливості програмного середовища розробки та створення педагогічних програмних засобів навчального призначення. У статті розміщено інформацію про особливості розробки сучасних педагогічних програмних засобів навчального призначення, новітні тенденції їх апробації та впровадження в навчально-виробничий процес, проаналізовано основні характеристики ключових програмних продуктів для створення електронних дидактичних ресурсів, враховуючи доступність, навчальні цілі та рівень інформаційної культури майбутніх викладачів інформатики та інформаційних технологій.

Ключові слова. Педагогічні програмні засоби навчального призначення, мультимедіа, електронне тестування, електронні дидактичні ресурси, програмний продукт.

Чеб С. С. Некоторые особенности программной среды разработки и создания педагогических программных средств учебного назначения. В статье размещена информация об особенностях разработки современных педагогических программных средств учебного назначения, новейшие тенденции их апробации и внедрения в учебно-производственный процесс, проанализированы основные характеристики ключевых программных продуктов для создания электронных дидактических ресурсов, учитывая доступность, учебные цели и уровень информационной культуры будущих преподавателей информатики и информационных технологий.

Ключевые слова. Педагогические программные средства учебного назначения, мультимедиа, электронное тестирование, электронные дидактические ресурсы, программный продукт.

Cheb S. S. Some features of the software environment for the development and creation of teaching software teaching aids. The article contains information on the peculiarities of the development of modern pedagogical programmed educational facilities, the latest trends in their approbation and implementation in the educational process, analyzed the main characteristics of key software products for the creation of electronic didactic resources, taking into account accessibility, educational goals and the level of information culture of future teachers of computer science and information technology.

Keywords. Educational software for educational purposes, multimedia, electronic testing, electronic didactic resources, software product.

Постановка проблеми. Сучасні освітні комп'ютерні програми (електронні підручники, навчально-методичні комплекси, комп'ютерні задачник, навчальні посібники, гіпертекстові інформаційно-довідкові системи – архіви, каталоги, довідники, енциклопедії, тестуючі та моделюючі програми-тренажери тощо) розробляються на основі мультимедійних технологій, які виникли на стику багатьох галузей науки [1].

Сьогодні сучасні українські освітяни використовують різноманітні програмні пакети для розробки навчально-змістових модулів, що відповідають вимогам сучасності. Вони мають значно ширші можливості подання навчальної інформації, ніж у разі використання традиційної друкованої продукції. Замість статичного тексту, що розміщується послідовно, навчально-методичний комплекс формується як складноструктурований текст з організацією оперативного переходу від одного фрагменту інформації до будь-якого іншого. Навчальний текст містить гіперпосилання на різні мультимедіа-об'єкти: пояснювальні тексти, графічні ілюстрації, анімації, аудіо- і відеокліпи, програми, html-сторінки тощо. Можливість інтерактивної взаємодії з мультимедіа-об'єктами активізує навчальну діяльність кожного здобувача освіти, створює умови для найбільш зручного, індивідуального сприйняття навчальної інформації [2]. Це значно підвищує функціональність ППЗ НП, поліпшує засвоєння матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Такими питаннями, як розробка електронних засобів навчання та впровадження нових інформаційних технологій у навчальний процес займаються А. Башмаков, Т. Валецька, Л. Гризун, Р. Гуревич, М. Жалдак, Н. Маркус, Е. Носенко, А. Осінта, О. Руденко-Моргун, Ф. Хоменко та ін. Ефективність зазначених досліджень досить висока, адже вони характеризуються міцною теоретичною базою, використанням науково-достовірного матеріалу та результатами, що мають велику практичну цінність.

Особливу увагу дослідників привертають можливості організації навчальної діяльності із застосуванням інноваційних технологій, одним з яких є електронний підручник як ключове поняття електронного навчання та ефективного засобу організації самостійної роботи здобувачів освіти [3].

Постановка задачі. Для створення електронних дидактичних ресурсів можуть використовуватись різні інструментальні засоби: PowerPoint і MS Word, Authorware та AuthoPlay, які

полегшують процес створення простих електронних дидактичних ресурсів. Для того, щоб розробити електронні дидактичні ресурси з використанням гіпермедіа та мультимедіа технологій педагогі повинні вибрати програму-редактор, яка використовуватиметься для створення сторінок мультимедіа та гіпермедіа засобів. Існує безліч інструментальних середовищ для розробки мультимедіа та гіпермедіа, що дозволяють створювати повнофункціональні мультимедійні додатки [4]. До таких програмних пакетів можна віднести Forge Converters, eBook Creator, NATATA eBook Compiler, Adobe Captivate тощо.

Основна частина. Проаналізуємо деякі з цих програмних засобів, які є найбільш оптимальними для створення електронних дидактичних ресурсів, враховуючи доступність, навчальні цілі та рівень інформаційної культури майбутніх викладачів інформатики та інформаційних технологій.

Forge Converters – це програмний продукт, який використовується для створення електронних посібників. Він є аналогом таких програм як Authorware, eLearning. Більш того ця програма є досить проста у використанні. Forge Converters, допомагає розробити індивідуальну структуру, яка відповідає потребам змісту електронного підручника. Текстовий редактор надає можливість здійснювати форматування і редагування, що збільшує функціональність програми. (рис. 1).

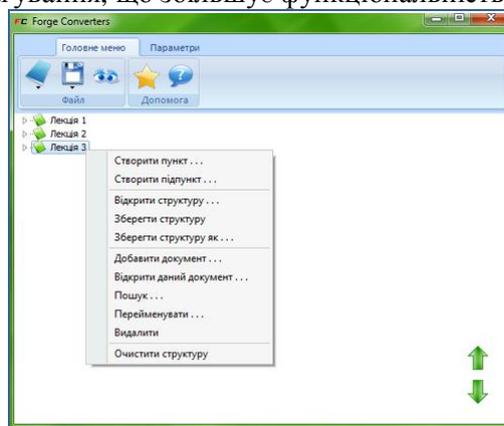


Рис. 1 Головне меню програми Forge Converters

Одним з найкращих програмних продуктів для створення електронних засобів навчання серед усіх існуючих, вважається продукт компанії Adobe, багатофункціональний програмний пакет **Adobe Captivate**. За допомогою Captivate можна створювати і редагувати інтерактивні відеоуроки, тренажери, скріншоти, ігри тести та повноцінні електронні програмні комплекси. Для створення відеоуроків, можливий запис в реальному часі. Створені за допомогою Captivate скріншоти займають набагато менше місця, ніж повноцінні записи з екрану.

Користувачі можуть редагувати проекти Adobe Captivate, додаючи ефекти, активні точки, текстові області, відео і т. д. Автори можуть редагувати вміст і змінювати час появи того чи іншого елемента. Натисканням на активні точки можна перейти як на інші слайди, так і на зовнішні посилання.

Captivate підтримує імпорт зображень, презентацій PowerPoint, відео, аудіо .flv в будь-які слайди проекту (рис. 2).



Рис. 2 Головне меню програми Adobe Captivate 4

Natata eBook Compiler - утиліта для створення електронних підручників на основі завантажених сайтів або спеціально підготовлених наборів html-сторінок із зображеннями. Підтримує формати HTML, CSS, WAV, TXT, GIF, JPG, MID, JavaScript, DHTML, Flash, PDF, DOC (MS Word) та багато інших форматів. Програма об'єднує всі сторінки в одну оболонку (exe file), що дозволяє обмежити кількість переглядів книги, доступ до HTML коду та ін.

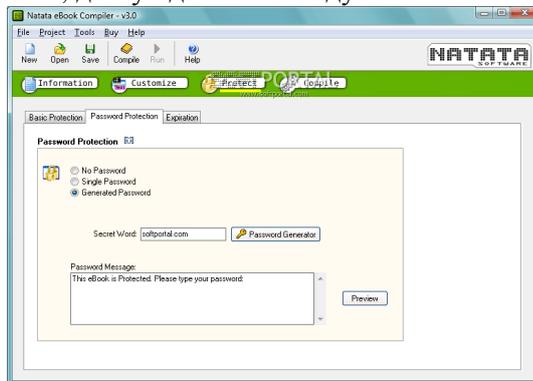


Рис. 3 Вікно програми Natata eBook Compiler

Програми для створення autorun.exe файлів

Розробник електронних засобів навчання часто може стикатись з такою проблемою, як поєднання усіх готових частин електронного підручника (теоретичний блок, тестування, тренажери, відеоуроки) в готовий проект.

Це можна зробити двома способами:

1. використати Web-інтерфейс та за допомогою навичок Web-дизайну написати оболонку, яка поєднає всі компоненти в готовий проект (рис. 4);



Рис. 4 Використання Web-інтерфейсу для компіляції підручника

2. використати спеціалізований програмний пакет, який дозволяє створювати файли автозавантаження autorun.exe (даний тип програмного забезпечення використовується для створення майже всіх видів інсталяційних програм).

Одним з найкращих програмних продуктів в цій галузі є програма **Autoplay Media Studio** - потужна програма для створення меню автозавантаження CD/DVD. Ця програма створить всі необхідні файли і його графічну оболонку. Користувачеві залишиться лише записати готовий проект на свій CD чи DVD-диски. AutoPlay Media Studio не вимагає від користувача ніяких особливих знань і дуже простий в освоєнні, має дружній і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з можливістю вибору необхідної кількості сторінок проекту. На цих сторінках можна розміщувати об'єкти, які можуть являти собою графіку, музику, текст, відео, Flash, HTML і ін. Будь-якому елементу можна призначити певну дію. Наприклад, при наведенні на малюнок курсору миші, може виникати текст з коментарями, при натисканні на кнопку "Відкрити" відкриється теоретичний блок електронного підручника і т. д. Програма дозволяє виконати сотні різних дій, які можна пов'язати з об'єктами. У AutoPlay Media Studio присутня велика кількість вже готових шаблонів (рис. 5).

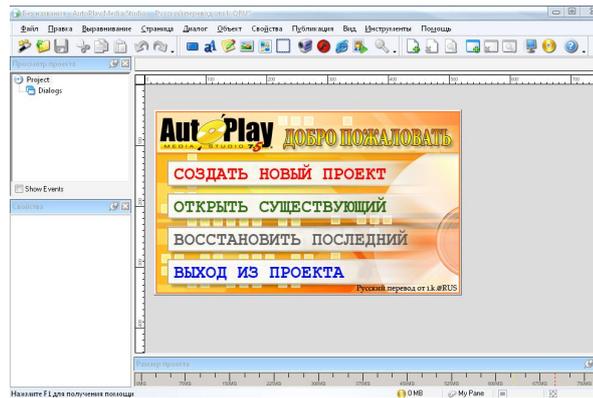


Рис. 5 Головне меню програми AutoPlay Media Studio

Програми для створення електронного тестування

Важливим і невід'ємним елементом будь якого електронного підручника є системи електронної перевірки знань. До найбільш поширених програм для створення електронного тестування можна віднести: AD Tester, Test Maker, Майстер-тест, Easy Quizzy, Question Writer.

AD Tester - програма для створення електронних тестів. Має можливість вставки малюнка до питання та різні варіанти питань: питання з однією правильною відповіддю, питання з декількома правильними відповідями, питання на встановлення відповідності, питання на встановлення послідовності. питання з відкритою відповіддю (самостійне введення відповіді). Можна копіювати текст питання з текстового редактора. Є можливість налагодження часу тестування та відповідної системи оцінювання (рис. 6).

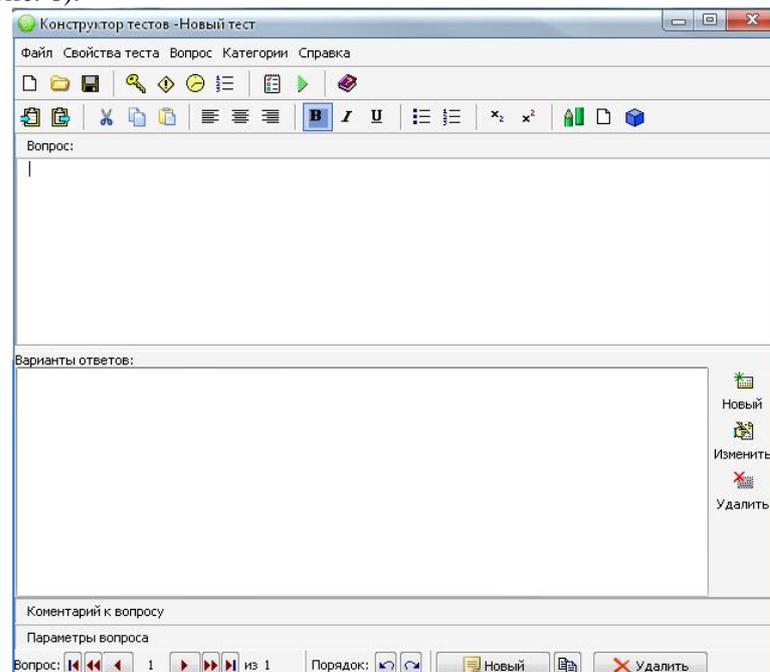


Рис. 6 Вікно конструктора програми Ad Tester

Test Maker - програма для створення тестів та подальшого проходження тестування по них. Тести складаються з питань та чотирьох варіантів відповідей до кожного питання, лише одна з яких правильна. Тести складаються з будь-якої кількості питань з відповідями. Кожен тест записується в файл. Ці файли називаються тестовими. Тестові файли мають розширення *.tbt і складаються з імені файлу, паролю, імені тесту та короткого опису тесту. Пароль потрібен, щоб обмежити доступ до файлу. Без паролю, який задає користувач при створенні файлу, файл не можливо доповнити, відредагувати та стерти (за допомогою програми) (рис. 7).

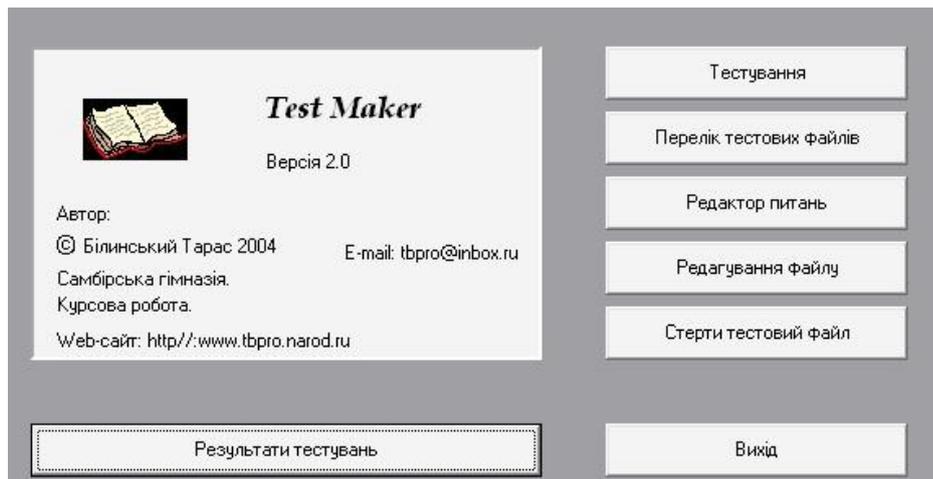


Рис. 7 Стартове вікно програми Test Maker

Майстер-тест - це безкоштовний Інтернет сервіс (<http://master-test.net/uk>), що дозволяє створювати тести. Ви можете створювати як он-лайн тести так і скачати і проходити тест без підключення до Інтернету. І для цього не потрібно встановлювати на комп'ютер додаткові програми (рис. 8).



Рис. 8 Головна сторінка сайт Майстер тест

Easy Quizzy - це програма, що дозволяє створювати комп'ютерні тести знань. Кожен створений тест являє собою незалежний виконуваний файл, який запускається на будь-якому комп'ютері під управлінням Windows. Він задає користувачеві питання і виставляє оцінку на основі заданої шкали балів (рис. 9).

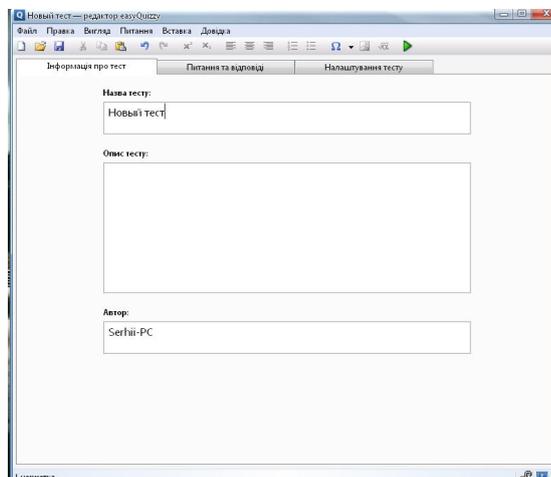


Рис. 9 Вікно конструктора програми Easy Quizzy

Question Writer – спеціалізований програмний пакет для створення електронних тестів. Даний програмний пакет дозволяє створювати електронне тестування і конвертувати тести у формат flash та надає можливість інтегрувати тести у Web-застосунки. Користувальницький інтерфейс обробляє кожне питання у вигляді окремого документа. Інтерфейс документа доступний у вигляді каталогу на лівій стороні і великій панелі попереднього перегляду на правій стороні. Ця панель може відображати попередній перегляд питання, розділу або всього тесту. Програмне забезпечення використовує декілька інтерфейсів документа, що дозволяє кільком тестам бути відкритими одночасно. Також пропонується велика кількість шаблонів оформлення тесту та велика кількість різноманітних налаштувань (рис. 10).

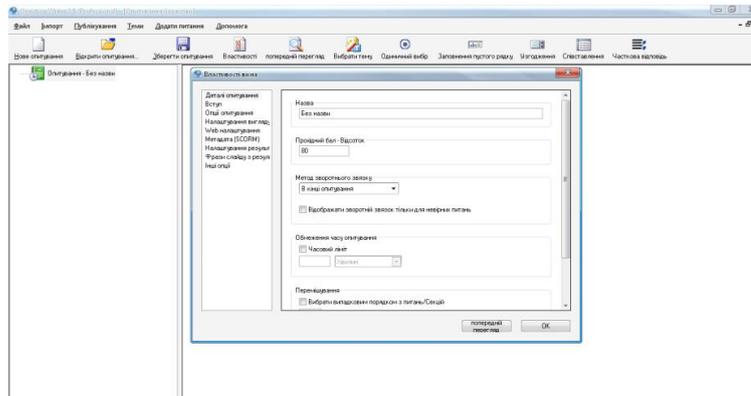


Рис. 10 Вікно конструктора програми Question Writer

Перспективи подальших досліджень. В наш час існує велика кількість розробників електронних навчальних ресурсів. Проте, необхідно відмітити, що велика частина цих педагогів-розробників незнайома з технологією створення електронних засобів навчання, з одного боку. З іншого боку, фахівці з інформаційних технологій - програмісти, дизайнери, розробники мультимедійних компонентів, як правило, не володіють методиками рішення дидактичних завдань. Розробник ЕЗН в окремих випадках може поєднувати в одній особі автора курсу, методиста і фахівця з інформаційних технологій. У зв'язку з цим на сьогодні загальноприйнята необхідність залучення до створення ЕЗН наступних фахівців: автора учбових і методичних матеріалів; методиста, що володіє як особливостями навчання здобувачів освіти, так і специфікою створення і застосування електронних засобів навчання; програміста, дизайнера, розробника мультимедійних компонентів [5]. Поєднання всіх цих спеціалістів в єдиний творчий колектив дозволить створювати електронні засоби навчання найвищого рівня, які будуть надійним помічником як педагога, так і здобувача освіти.

1. Пінчук О. П. Використання мультимедійних продуктів у системі загальної середньої освіти. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/170/156>;

2. Загірняк М.В., Чорний О.П., Романенко С.С. Комп'ютеризований навчально-методичний комплекс дисципліни «Електричні машини». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ees.kdu.edu.ua/wp-content/uploads/2013/04/8_.pdf;

3. Чернюк Т. І. Електронний підручник як засіб навчання іноземній мові студентів нефілологічних спеціальностей. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://visnyk.chnpu.edu.ua/?wpfb_dl=3197;

4. Трет'як Н. С. Інструментальні засоби створення електронних дидактичних ресурсів. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/22_NIOBG_2007/Informatica/25011.doc.htm;

5. Технологія створення електронних засобів навчання. Інтернет-ресурс «Нова педагогіка». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.novapedahohika.com/noloms-684-1.html>.

УДК 004.931

Ших Н.В., к. пед. н., доцент

Шаклеїна І.О., к. ф.-м. н., доцент

Інститут фізики, математики, економіки та інноваційних технологій

Дрогобицький державний педагогічний університет ім. Івана Франка

АНАЛІЗ РОБОТИ ФРОНТАЛЬНИХ КЛАСИФІКАТОРІВ БІБЛІОТЕКИ OPENCV

Ших Н.В., Шаклеїна І.О. Аналіз роботи фронтальних класифікаторів бібліотеки OpenCV. У статті проведено аналіз п'яти моделей класифікаторів для детектування фронтальних облич стандартного пакету OpenCV 3.0.0. та визначено особливості їх практичного використання. На основі аналізу особливостей каскадних класифікаторів проведено обчислювальний експеримент щодо визначення точності, повноти та швидкодії кожного із класифікаторів. У якості вхідних моделей використано набори даних Fddb і AFW, які дозволяють оцінити роботу алгоритмів пошуку облич у природному середовищі. Для оцінки алгоритмів використано перехресну перевірку на десятих підмножинах зображень з наступним усередненням результатів. З метою аналізу співвідношення рівнів істинних та хибних детекцій й оцінки якості роботи для кожного класифікатора побудовано PR- та ROC-криві. Проведені розрахунки показали, що найвищу швидкодію показав класифікатор OpenCV-lbp, проте найбільш ефективним щодо результатів детектування фронтальних облич згідно всіх врахованих параметрів є використання класифікатора OpenCV-alt.

Ключові слова: машинний зір, детектування, бібліотека OpenCV, класифікатор, F-міра.

Ших Н.В., Шаклеїна І.А. Анализ работы фронтальных классификаторов библиотеки OpenCV. В статье проведен анализ пяти моделей классификаторов для детектирования фронтальных лиц стандартного пакета OpenCV 3.0.0. и определены особенности их практического использования. На основании анализа особенностей каскадных классификаторов проведен вычислительный эксперимент по определению точности, полноты и быстродействия каждого из классификаторов. В качестве входных моделей использовались наборы данных Fddb и AFW, которые позволяют оценить работу алгоритмов поиска лиц в естественной среде. Для оценки алгоритмов использовано перекрестную проверку на десяти подмножествах изображений с последующим усреднением результатов. С целью анализа соотношения уровней истинных и ложных детекций и оценки качества работы для каждого классификатора построено PR- и ROC-кривые. Проведенные расчеты показали, что наилучшее быстродействие показал классификатор OpenCV-lbp, однако наиболее эффективным по результатам детектирования фронтальных лиц согласно всех учетных параметров является использование классификатора OpenCV-alt.

Ключевые слова: машинное зрение, детектирование, библиотека OpenCV, классификатор, F-мера.

Shykh N.V., Shakleina I.O. Analysis of the work of the front classifiers of the OpenCV library. The article analyzes five models of classifiers for detecting frontal faces of the standard OpenCV 3.0.0 package. and the features of their practical use are determined. On the basis of the analysis of the features of cascade classifiers, a computational experiment was performed to determine the accuracy, completeness and performance of each classifier. As input models, Fddb and AFW data sets are used that allow us to evaluate the work of natural person search algorithms. To evaluate the algorithms, a cross-check on ten subsets of images was used, with subsequent averaging of the results. In order to analyze the correlation between levels of true and false detections and to evaluate the quality of work for each classifier, PR and ROC curves were constructed. The calculations performed showed that the OpenCV-lbp classifier showed the highest performance, however, the most effective for detecting frontal faces according to all the parameters considered is the use of the OpenCV-alt classifier.

Keywords: machine vision, detection, OpenCV library, classifier, F-measure.

Вступ

Детектування облич є початковим етапом у вирішенні завдань ідентифікації особи, розпізнавання миміки, статі і віку людини, актуальність яких зумовлена поширенням біометричних систем ідентифікації та контролю доступу як до фізичних об'єктів так і у системах авторизації (зокрема і на мобільних пристроях), управління акаунтами в соціальних мережах тощо.

Сучасні дослідження у галузі машинного зору та розпізнавання образів спрямовані на розробку і удосконалення алгоритмів детектування людських облич у природному середовищі із урахуванням певного відхилення голови відносно вертикальної осі. Згідно [1], однією з проблем класифікації обличчя на зображенні є досить великі варіації класу «обличчя». Складність проблеми також зумовлюється впливом зовнішніх умов (інтенсивність і розміщення джерела світла, перекриття частини обличчя волоссям чи головним убором), положень, в яких людина може знаходитись відносно детектора, а також в незначній площі обличчя відносно площі загальної сцени.

Основне призначення детектування як основи розпізнавання обличчя, полягає в тому, щоб із вхідного зображення утворити базис меншої розмірності, який буде містити мінімальну інформацію, що дала б змогу правильно ідентифікувати людину.

При розробці систем машинного зору важливим завданням є вибір ефективного засобу для детектування. Вартою уваги є бібліотека машинного зору OpenCV, що містить декілька вбудованих засобів для детектування облич, які базуються на основі використання різних типів класифікаторів, кожен з яких представлений однією чи декількома моделями, оскільки для детектування облич, як

правило, навчають окремі моделі для різних кутів повороту голови щодо камери ($0^\circ \pm \psi$ - фронтальний, $45^\circ \pm \psi$ - напівфронтальний, $90^\circ \pm \psi$ - профільний) [2-4]. Зазначена бібліотека має відкритий вихідний код і ліцензію, яка дозволяє випускати комерційні продукти з використанням функціоналу бібліотеки. В багатьох роботах, присвячених засобам та технологіям машинного зору, відмічено позитивні аспекти та ефективність роботи детекторів, які містить ця бібліотека [5-7].

В роботі [7] проведено ґрунтовний аналіз бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV, виділено її переваги та особливості та здійснено порівняння даної бібліотеки з бібліотеками комп'ютерного зору LTP і VXL, в функціонал яких входить технологія розпізнавання плоских зображень. Проведені дослідження показали, що за всіма виділеними авторами критеріями ефективності бібліотека OpenCV має кращі результати.

OpenCV включає в себе різні моделі класифікаторів. Широке практичне використання знайшли, зокрема, моделі класифікаторів, які використовуються для детектування обличчя при фронтальному положенні (анфас). Згідно документації, застосування таких класифікаторів є ефективним при повороті голови до 30° , а допустимою межею вважається кут 45° . Перед розробником, що має потребу використати реалізувати детектування обличчя у власному проєкті засобами бібліотеки OpenCV постає питання вибору певної моделі класифікатора з запропонованих. Аналіз даного питання показує, що незважаючи на значну кількість робіт, присвячених зазначеній бібліотеці машинного зору, **актуальним** залишається питання дослідження ефективності роботи фронтальних класифікаторів згідно певних параметрів з метою визначення оптимального детектора.

Особливості практичної оцінки детекторів

До стандартного пакету OpenCV 3.0.0, на основі якого проводились тести, включено п'ять моделей класифікаторів для детектування фронтальних обличчя, чотири з яких використовують ознаки Хаара [8] і один – локальні бінарні шаблони (LBP) – OpenCV-default, OpenCV-alt, OpenCV-alt2, OpenCV-alt-tree, OpenCV-lbp, кожен з яких представлений відповідним xml-файлом. Всі вони адаптовані до використання в комплексі з алгоритмом машинного навчання AdaBoost (adaptive boosting – адаптивне покращення), який розроблено для навчання «слабких класифікаторів» [9].

Основні характеристики цих детекторів наведено в таблиці 1 [10].

Таблиця. 1. Основні характеристики детекторів обличчя OpenCV

Назва класифікатора	Тип класифікатора	Число посл. наближень	Мін. розмір скан. вікна	Мін. крок пошуку, пікс.
OpenCV-default	Haar	25	24×24	1
OpenCV-alt	Haar	22	20×20	1
OpenCV-alt2	Haar	20	20×20	1
OpenCV-alt-tree	Haar	47	20×20	1
OpenCV-lbp	LBP	20	24×24	1

Для детектування обличчя використовується підхід на основі скануючого (ковзного) вікна, покладений в основу методів розпізнавання Віоли Джонса і Майкла Джонса: статичний кадр сканується вікном пошуку, яке послідовно рухається із кроком, що дорівнює його розміру, і до кожного положення застосовується класифікатор [11]. При цьому для кожного вікна обчислюється близько 200000 комбінацій взаємного розміщення ознак за рахунок зміни масштабу ознак та їх положення у вікні сканування. Таке сканування проводиться послідовно для різних масштабів, однак масштабується не саме зображення, а скануюче вікно (змінюється розмір комірки). Всі знайдені ознаки потрапляють до класифікатора, який приймає рішення, чи можна вважати виділену область обличчям людини.

Звідси впливають дві особливості каскадних класифікаторів, які слід враховувати при проведенні тестів:

- 1) час обробки зображення залежно від його змісту (однорідність фону, освітленість, умови зйомки, чіткість тощо), оскільки заздалегідь неможливо передбачити, на якій стадії каскаду фонову ділянку буде відкинуто;
- 2) час обробки зображення залежно від розміру зображення, тобто те саме зображення меншого розміру буде опрацьоване швидше.

З огляду на зазначене вище, для оцінки роботи детекторів обличчя доцільно використовувати спеціалізовані бази даних: Fddb (Face Detection Data set and Benchmark), AFW (Annotated Faces in the

Wild), MALF (Multi-Attribute Labelled Faces), IJB-A (IARPA Janus Benchmark A) та інші. Деякі з них (FDDB, MALF, IJB-A) мають готові розроблені стандартизовані алгоритми оцінки.

На основі ознайомлення з матеріалами роботи [10] для тестування було обрано набори даних FDDB і AFW, які дозволяють оцінити роботу алгоритмів пошуку облич у природному середовищі. FDDB представлена колекцією з 2845 фотографій із розмірами до 0,25 Мп та містить анотації для 5171 облич з розмірами від 20×20 пікселів, в тому числі у різних положеннях, із різною мімікою, із різною чіткістю у кадрі, кольорових і у відтінках сірого. AFW містить 205 великих фотографій із розмірами 0,5-5 Мп і анотації для 468 облич.

Якість роботи обраних для порівняння класифікаторів можна оцінити за допомогою ROC (Receiver Operator Characteristic) і PR (Precision-Recall) кривих [12].

Нагадаємо, що у задачі детектування облич області зображення, які містять обличчя людини, відносять до позитивного класу (positive), а всі решта – до негативного (negative). Підмножина правильно детектованих облич описується величиною TPR (True Positive Rate), а частка об'єктів, помилково детектованих як обличчя – FPR (False Positive Rate). Аналогічно визначаються метрики TNR (True Negative Rate) і FNR (False Negative Rate).

Для оцінки детекторів використовуються наступні параметри:

- 1) показник повноти: $\text{Recall} = \text{true positive} / (\text{true positive} + \text{false negative})$. Співпадає із величиною TPR.
- 2) критерій точності: $\text{Precision} = \text{true positive} / (\text{true positive} + \text{false positive})$. Показує частку правильних відповідей серед усіх відповідей системи.

У роботі застосовуються PR-криві, що відображають залежність точності алгоритму від його повноти, для заданого вирішуючого правила. Для спрощення розрахунків у роботі використано наступне правило: зображення класифікується як таке, що містить об'єкт, якщо у область локалізації потрапило не менше як 50% обличчя. Даний підхід описано у роботі [10].

Виклад основного матеріалу досліджень

Швидкісні характеристики системи детектування оцінювалися на базі апаратної платформи із процесором Intel Core i5-4460 @ 3,20GHz, 8Gb RAM. Для дослідження роботи фронтальних класифікаторів розроблено додаток, інтерфейс якого наведено на рис.1.

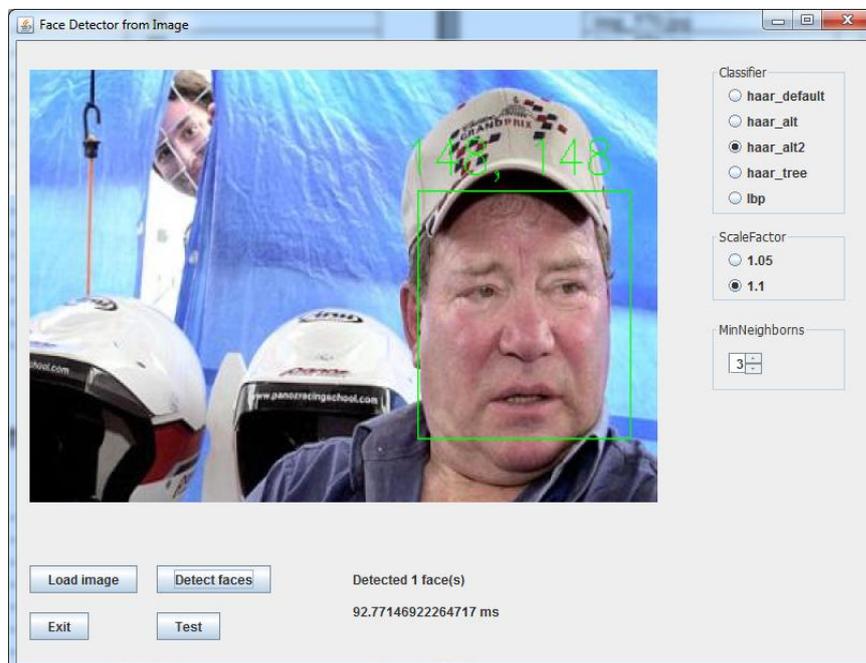


Рис. 1. Інтерфейс додатку для тестування роботи фронтальних детекторів

Слід зазначити, що для задання параметрів визначення меж обличчя в OpenCV використовується стандартна функція `faceCascade.detectMultiScale()`. Параметрами функції, які безпосередньо впливають на результат детектування є:

- ScaleFactor – визначає те, на скільки буде збільшуватися ковзаюче вікно пошуку на кожній ітерації (1.1 означає на 10%, 1,05 на 5% тощо), тобто чим більше це значення, тим швидше працює алгоритм.
- MinNeighbors – визначає «чутливість» детектора: чим більше значення параметра встановлено, тим частіше класифікатор буде пропускати реальні обличчя (більше значення помилки TNR), але і вірогідність розпізнавання областей без обличчя як обличчя (FPR) теж буде нижчою (оптимальне значення параметра – 3-6).
- MinSize – визначає мінімально можливий розмір обличчя на фото.

Авторами було розглянуто три варіанти постановки завдання: виявлення дрібних (MinSize від 20×20 пікс.), середніх (від 40×40 пікс.) і великих (від 80×80 пікс.) облич.

Для кожного детектора розраховувалися PR-криві, що залежать від параметра minNeighbors. В цілому алгоритми були протестовані з 9 наборами значень параметрів:

1) minNeighbors – {3-6} (при значенні 3 превалює повнота виявлення, при значенні 6 – точність);

2) мінімальний розмір шуканих об'єктів (MinSize) і пов'язаний з ним масштабний коефіцієнт (ScaleFactor), який використовується при побудові піраміди зображень – {(20; 1,05)}.

Для оцінки алгоритмів використано перехресну перевірку на десятих підмножинах зображень з наступним усередненням результатів. AFW містить 205 великих фотографій із розмірами 0,5-5 Мп і анотації для 468 облич. При проведенні розрахунків у роботі використано наступне правило: зображення класифікується як таке, що містить об'єкт, якщо у область локалізації потрапило не менше як 50% обличчя [10].

Для кожного детектора побудовано PR-криві (Precision-Recall) та проведено ROC (Receiver Operator Characteristic) аналіз, що дає змогу проаналізувати співвідношення рівнів істинних та хибних детекцій. З метою оцінки якості роботи обраних для порівняння класифікаторів побудовано PR- та ROC-криві (рис. 2).

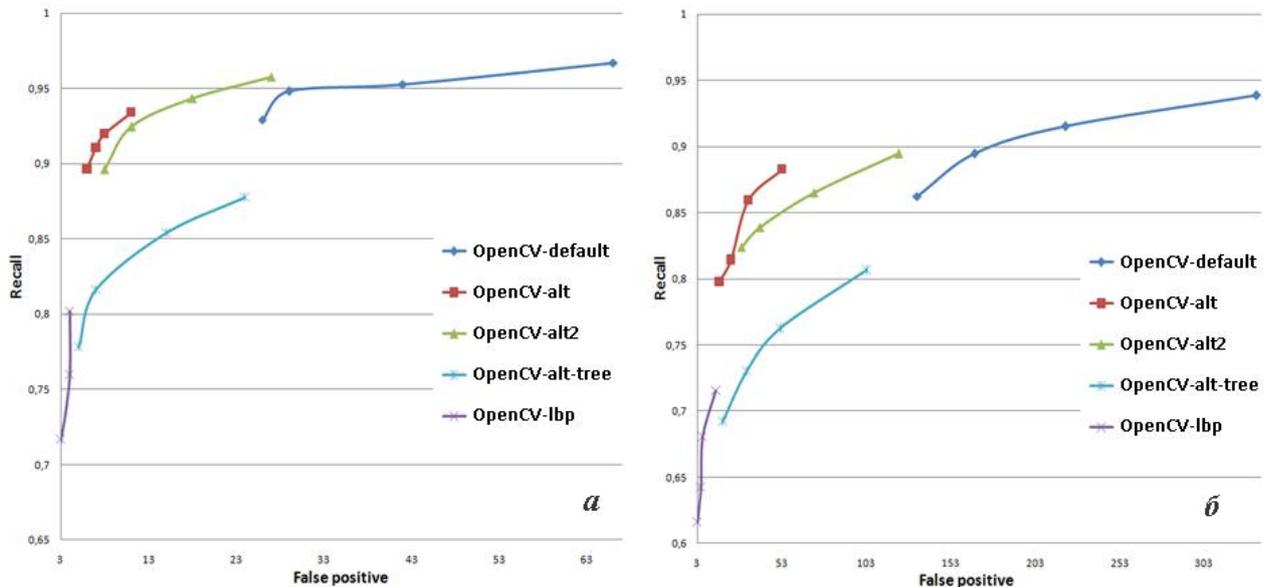


Рис. 2. ROC-криві для задачі детектування облич розміром від 40×40 пікселів на бенчмарках Fddb (а) та AFW (б)

Отримано, що класифікатор OpenCV-default показав найбільшу кількість хибних спрацьовувань.

У зв'язку з існуванням оберненої залежності між точністю та повнотою пошуку облич для визначення ефективності проведено розрахунок F-міри по кожному з досліджуваних класифікаторів. Найкращу швидкість детектування показав класифікатор OpenCV-lbp, однак за показниками точності та повноти він займає лише третю позицію (рис. 3).

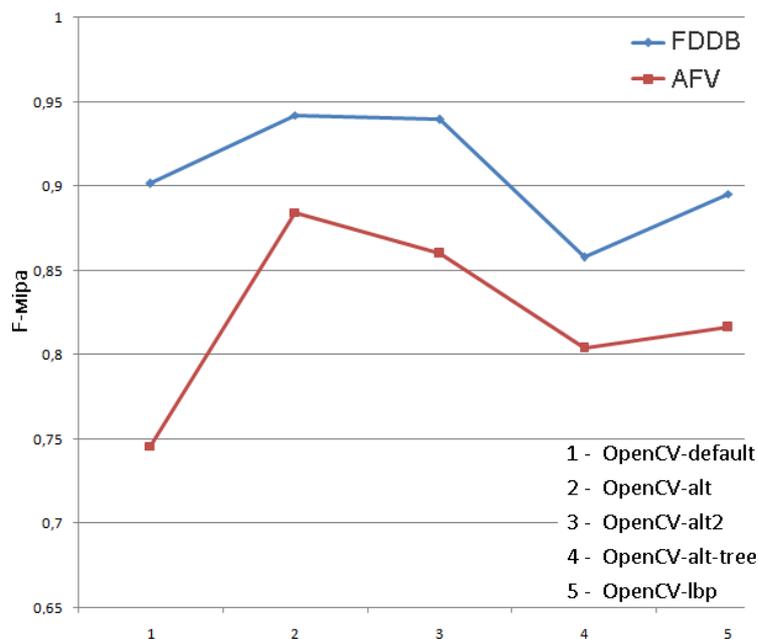


Рис. 3. Значення F-міри класифікаторів на бенчмарках FDDB та AFW

Висновки

Проведені розрахунки дають змогу зробити висновок, що найбільша швидкість обробки зображень у класифікатора OpenCV-lbp, який може бути використаний у системах, де ключовим фактором є швидкість отримання інформації. Проте, найбільш ефективним щодо якості детектування фронтальних облич є використання класифікатора OpenCV-alt, який показав добрі результати як для FDDB так і для AFW наборів даних та може бути використаних у системах, де превалює результативність детектування.

1. Yang, M. H. Detecting faces in images: A survey / M. H. Yang, D. J. Kriegman, N. Ahuja // Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002. – vol. 24, №1. – p. 34 – 58.
2. Baggio D.L. Mastering OpenCV with Practical Computer Vision Projects/ Baggio D. L., Emami S., Escrivá D.M. : Packt Publishing. – 2012. – 321 p.
3. Laganière R. OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook/ R.Laganière : Packt Publishing. – 2011. – 298 p.
4. OpenCV. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://opencv.org/>
5. Гулієв Н.Б. Ідентифікація рухомих об'єктів в потоці відеоданих. / Н.Б. Гулієв, І.Ф. Войтюк // Матеріали конференції CSIT'2018. – 2018, – с. 21-22.
6. Дмитриев Д.В. Применение алгоритмов сегментации для классификации изображений / Д.В. Дмитриев, С.Н. Капранов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6
7. Булатников Е.В. Сравнение библиотек компьютерного зрения для применения в приложении, использующем технологию распознавания плоских изображений. / Е.В. Булатников, А.А. Гоева. // Вестник МГУП имени Ивана Федорова. – 2015 – №6 – с. 85– 91.
8. Lienhart R, Maydt J. An extended set of Haar-like features for rapid object detection. IEEE International Conference on Image Processing; 2002: 1: 900 – 903.
9. Freund Yoav. A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting / Yoav Freund, Robert E. Schapire. // Journal of computer and system sciences, 1997 – 55. – p. 119 –139.
10. Kalinovskii I.A. Review and testing of frontal face detectors. / I.A. Kalinovskii, V.G. Spitsyn. // Computer Optics. 2016 – 40(1) – p. 99– 111.
11. Viola P. Robust real-time face detection/ P.Viola, M. Jones, // IJCV – 2004. – 57(2), – p 137–154.
12. Davis J. The relationship between Precision-Recall and ROC curves / J. Davis, M. Goadrich // International Conference on Machine Learning. – 2006. – p. 233 – 240.

УДК 004

Ялова К.М.

Дніпровський державний технічний університет

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ МІСТА

Ялова К.М. Концептуальні положення автоматизації моніторингу стану зелених насаджень міста. У статті розглядаються результати аналізу предметної області щодо розв'язку завдання автоматизації процесу моніторингу стану зелених насаджень міста (на прикладі Дніпропетровського регіону) та пропонуються її функціональна AS-IS модель, що відображає особливості інвентаризації та обліку об'єктів зеленого господарства. Представлений алгоритм діджиталізації процесу моніторингу та розроблена модель відповідають вимогам адекватності, незалежності від програмних засобів, універсальності та можуть бути ефективно застосовані при розробці інформаційної системи, як інструментарію підвищення якості інформаційних процесів описаної предметної області

Ключові слова: автоматизований моніторинг стану зелених насаджень, функціональна модель предметної області, інформаційна система, алгоритм.

Яловая Е.Н. Концептуальные положения автоматизации мониторинга состояния зеленых насаждений города.

В статье рассматриваются результаты анализа предметной области относительно автоматизации процесса мониторинга состояния зеленых насаждений города (на примере Днепропетровского региона) и предлагается ее функциональная AS-IS модель, которая отображает особенности инвентаризации и учета объектов зеленого хозяйства. Представленный алгоритм диджитализации процесса мониторинга и разработанная модель отвечают требованиям адекватности, независимости от программных средств, универсальности и могут быть эффективно применены при разработке информационной системы, как инструментария повышения качества информационных процессов описанной предметной области.

Ключевые слова: автоматизированный мониторинг состояния зеленых насаждений, функциональная модель предметной области, информационная система, алгоритм.

Yalova K. Conceptual propositions of the city's green plantations monitoring automation. Results of the data domain analysis concerning automation of the city's green plantations condition monitoring are considered in the article (on the example of the Dnipropetrovsk region). The data domain AS-IS functional model, displaying green plantations inventory and registration features, is proposed in the article. The presented monitoring digitalization algorithm and the developed model meet the requirements of the adequacy, independence from software, universal and have all possibilities to be an effective tool for data domain information processes quality improvement and automated information system development.

Keywords: automated green plantations monitoring, data domain functional model, information system, algorithm.

Постановка наукової проблеми. Результати щорічного екологічного рейтингу найзабруднених міст України демонструють невпинне лідерство міст Дніпропетровського регіону. Так за даними рейтингу 2018 р. [1] середнє значення індексу забруднення повітря міст Дніпропетровського регіону становить 11,8, що майже втричі перевищує безпечний рівень забруднення. Зважаючи на постійне промислове забруднення повітря, заходи щодо підтримки належного стану зелених насаджень (ЗН) в містах та навколо них є вкрай актуальною задачею. ЗН міста – це сукупність деревини, кущів та трав'янистих насаджень, що виконують функції, пов'язані зі створенням оптимальних умов для праці і відпочинку мешканців [2]. Роль ЗН у містах неоцінена: вони впливають на газовий склад повітря, утилізуючи вуглекислий газ, сприяють оздоровленню повітряного басейну, формують мікроклімат, захищають від пилу за рахунок її затримки на найдрібніших ворсинках листя [3]. Однак приблизно 60% дерев міст Дніпропетровського регіону мають вік 50-70 років і потребують на пильний догляд, своєчасну обрізку крони, прибирання сухих частин дерева, омолодження або спилування аварійних дерев. Щорічно старі та недоглянуті насадження не витримують природних явищ: буревіїв, хуртовин, штормових вітрів та стають причиною знеструмлення вулиць, нанесення матеріальних збитків та становлять загрозу життю мешканцям. Без створення та впровадження ефективних екологічних планів щодо омолодження ЗН, посилення відповідальності за збереження насаджень підприємствами, на території яких вони розташовані, контролю за самовільним спилуванням дерев – через 15-20 років міста Дніпропетровщини можуть перетворитися на пустелю.

Наразі для ведення обліку ЗН застосовується низькоефективна паперова технологія обробки інформації, а дані стосовно кількісного та якісного, дендрологічного та фітосанітарного стану насаджень мають фрагментарний, вкрай приблизний характер. Застосування інформаційних технологій (ІТ) та автоматизованої обробки інформації може значно підвищити якість інформаційних процесів, пов'язаних з інвентаризацією, обслуговуванням та розробкою рішень щодо озеленення та раціонального використання ЗН.

Аналіз досліджень. Розв'язку задачі моніторингу та оптимізації обліку дендрологічного та фітосанітарного стану ЗН міст Дніпропетровського регіону присвятили свої наукові праці такі

науковці як: В.М. Ловинська, І.А. Зайцева, О.А. Пономарьова, А.В. Тищенко [4-6] та ін. В своїх роботах вони обґрунтовують доцільність актуалізації даних щодо стану ЗН міст. Основний напрямок досліджень перелічених авторів – це методи, способи, засоби оцінювання дендрологічного та фітосанітарного стану ЗН Дніпропетровського регіону. Питанням підвищення якості моніторингу стану ЗН за рахунок впровадження ІТ займалися такі науковці як: А.Р. Яцольт, В.В. Івчанська [7], С.О. Бовсуновський, О.В. Рябчевський, К.Ю. Браткова [8], П.Г. Хомюк, О.Г. Часковський, М.М. Король, Р.Р. Вицега [9]. Не зважаючи на глибину проведених наукових досліджень, питання діджиталізації процесу моніторингу стану ЗН міста, розробки, впровадження та ефективного застосування ІТ в цьому процесі залишається актуальним науково-практичним завданням. Доцільно зауважити, що запропоновані автором рішення відповідають завданням та сфері реалізації п.3.3 «Розвиток екомережі та рекреаційних зон» Стратегії розвитку Дніпропетровської області до 2020р. [10], що полягає у проведенні інвентаризації ЗН у містах та районах Дніпропетровської області, поліпшення стану ЗН та стану природоохоронних територій.

Виклад основного матеріалу. Моніторинг стану ЗН здійснюється з метою оцінки їх стану та динаміки якісних змін, в тому числі негативних (порушення життєвої стійкості, пошкодження і знищення природними або антропогенними факторами тощо). До цілей моніторингу також відноситься контроль за ефективністю виконання природоохоронних заходів щодо поліпшення якості ЗН, прогнозу їх стану, інформаційного забезпечення господарської діяльності в галузі створення, утримання, контролю та охорони ЗН. Інвентаризація та моніторинг ЗН здійснюється з метою [11]:

- одержання достовірних даних щодо кількісних і якісних характеристик ЗН;
- посилення відповідальності за збереження ЗН балансоутримувачів, власників чи користувачів земельних ділянок, підприємств, організацій, установ, на території яких вони розташовані;
- сприяння створенню та формуванню високодекоративних і екологічно ефективних та стійких до несприятливих умов навколишнього природного середовища ЗН;
- використання даних інвентаризації під час розробки програм розвитку зеленого господарства міст;
- відновлення, реконструкції та експлуатації об'єктів зеленого господарства та проведення в необхідних випадках профілактичних, лікувальних заходів; організації невиснажливого використання озелених територій;
- установлення відповідності кількості ЗН до чинних будівельних та санітарних норм.

Актуальність запропонованих рішень продиктована задачами, що постали перед державними органами Дніпропетровського регіону в умовах поглиблення екологічних проблем та негативного впливу невпинного скорочення кількості ЗН міст на індекс забрудненості повітря. Окрім того, неналежний стан моніторингу за фітосанітарним і дендрологічним станом насаджень та несвоєчасне прибирання сухостою щороку призводить до нещасних випадків, нанесення шкоди мешканцям міста та їх майну. Внаслідок чого виникає необхідність створення інформаційної бази для прийняття ефективних управлінських рішень стосовно раціонального використання озелених територій, посилення контролю за збереженням насаджень, запобігання самовільної вирубки дерев, розробки заходів із реконструкції та омолодження існуючого фонду ЗН. Якість моніторингу та обліку ЗН доцільно підвищити за рахунок заміни паперової технології обробки даних на сучасні, високоефективні механізми та інструментарії ІТ. Одним із можливих шляхів діджиталізації процесу моніторингу стану ЗН є розробка та впровадження ІС, застосування якої дозволить скоротити час обробки статистичних та ретроспективних даних, забезпечить повноту, достовірність та своєчасність видачі інформації, необхідної для прийняття ефективних управлінських рішень.

Основну інформаційного забезпечення ІС складає нормативно-правова база України, що регламентує процес інвентаризації та створення паспортів ЗН міст, а саме:

- Положення про державну систему моніторингу довкілля, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.98 р. за № 391;
- Інструкція з технічної інвентаризації ЗН у містах та селищах міського типу України, затверджена Державним комітетом будівництва, архітектури та житлової політики України від 24.12.2001 р. за № 226;
- Правила утримання ЗН у населених пунктах України, затверджені наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства 10.04. 2006 р. за №105;
- Інструкція про порядок проведення інвентаризації об'єктів нерухомого майна, затверджена наказом Держбуду України від 24.05.2001 р. за №127;
- Методика визначення відбудовної вартості ЗН, затверджена наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 12.05.2009 р. за №127;

- Порядок видалення дерев, кущів, газонів і квітників у населених пунктах, затверджений постановою КМУ від 01.08.2006 р. за №1045.

Цільовою аудиторією ІС можуть бути:

- департамент екології та природних ресурсів в ході проведення обов'язкових інвентаризацій ЗН міста, видачі дозвільних документів на спилування дерев, створення планів омолодження ЗН та озеленення міста;

- балансоутримувачі, власники або орендатори земельних ділянок, установ, підприємств і організацій, на території яких розташовані багаторічні ЗН;

- природоохоронні громадські та державні організації з метою посилення заходів із охорони навколишнього середовища та контролю за самовільним знищенням ЗН;

- мешканці міста за умови надання ефективного, зрозумілого он-лайн сервісу оповіщення про зміни стану ЗН та формування заявок на прибирання аварійних дерев і їх частин, скорочуючи відстань між мешканцями та організаціями, відповідальними за реалізацію догляду за станом ЗН.

Вивчення та аналіз початкових даних стосовно процесу обліку та інвентаризації ЗН міста, що здійснюються засобами існуючої ручної технології обробки інформації, дозволили розробити модель предметної області (ПрО) AS-IS, перший рівень декомпозиції якої відображений у графічній формі на рисунку 1 засобами функціонально-орієнтованої методології IDEF3.

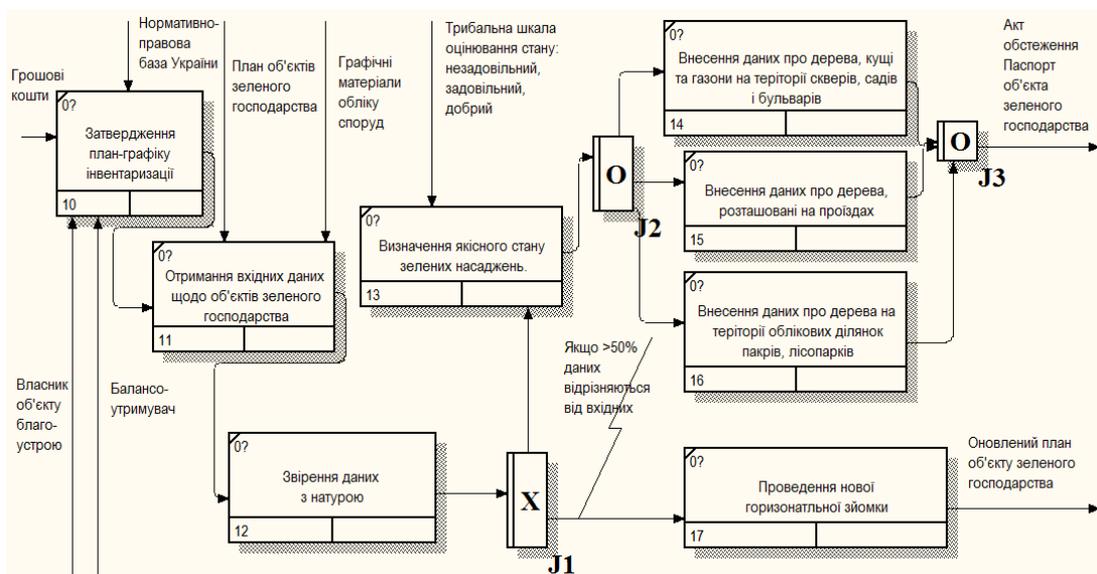


Рис. 1. Перший рівень декомпозиції моделі AS-IS ПрО

Побудова моделі AS-IS дозволяє систематизувати процеси ПрО і інформаційні об'єкти, що є значущими при розв'язку певної задачі автоматизації. На основі даних моделі AS-IS виявляють проблемні місця в організації та здійсненні бізнес-процесів, встановлюють необхідність змін існуючої структури. У математичній формі розроблену математичну модель можна представити наступним чином:

$$C = \langle E, G, S \rangle,$$

де C – це ПрО, що обмежується вимогами автоматизації задачі моніторингу стану ЗН; $E = \{E_1, \dots, E_N\}$ – це множина процесів ПрО, які характеризуються вхідними $I_i = \{i_1, \dots, i_N\}$ і вихідними $O_i = \{o_1, \dots, o_N\}$ потоками даних; Кожний E_N процес здійснюється, виходячи із правил і алгоритмів $A = \{a_1, \dots, a_N\}$ функціонування системи, та враховує ресурси $M_i = \{m_1, \dots, m_N\}$, що використовуються в ході виконання певного процесу. $G = \{G_1, \dots, G_N\}$ – це множина відношень між процесами, де результат i -го процесу є вхідним впливом на j -тий процес; S – глосарій ПрО рівня моделі, що формує уніфікований, семантично значущий опис всіх дефініцій ПрО та використовується для спрощення сприйняття даних про ПрО. Традиційний реінжиніринг передбачає використання моделі AS-IS для побудови моделі AS-TO-BE, розробки алгоритму автоматизації бізнес-процесів та проектування ІС в цілому. Автором пропонується алгоритм переходу від ручної обробки інформації до автоматизованої, опис кроків якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Алгоритм переходу до автоматизованого моніторингу стану ЗН

Крок алгоритму	Очікувані результати
Аналіз нормативно-правової та законодавчої бази і досвіду розв'язання поставленої проблеми вітчизняними та закордонними науковцями	Встановлено схеми взаємодії суб'єктів, відповідальних за ведення бухгалтерського та інвентаризаційного обліку садово-паркових об'єктів та ЗН міста. Встановлено цільову аудиторію, мету, завдання та концептуальні положення до розробки запропонованої ІС.
Дослідження існуючого кількісно-якісного дендрологічного та фітосанітарного стану ЗН	Сформовано вхідну інформацію стосовно ЗН із урахуванням способів посадки, видів, порід дерев, встановлення підприємств балансоутримувачів. Визначено поточний якісний стан ЗН за три бальною шкалою: добрий, задовільний і незадовільний.
Розробка інформаційного забезпечення ІС	Побудовано комплексну модель ПрО AS-TO-BE, що описує функціональні, структурні та архітектурні аспекти процесу автоматизованого обліку стану ЗН міста. Визначено схеми переходу від паперової технології обробки даних до ведення цифрового обліку фітосанітарного стану ЗН. Розроблено єдину БД із розподіленими правами доступу до її даних, реалізованими механізмами архівування, створення резервних копій БД та захисту інформації від несанкціонованих дій. Внесено первинні дані до БД та забезпечення можливості накопичення статистичних даних стосовно загальної площі, зайнятої ЗН, визначення кількості дерев і чагарників за видами насаджень, породами та віком.
Створення алгоритмів формування екологічно та економічно ефективних планів озеленення міста та оптимальних маршрутів обрізки і омоложення дерев	Розроблено алгоритми побудови оптимальних маршрутів проведення обрізки, озеленення та омоложення ЗН із двома цільовими функціями: мінімізація ресурсів та максимізація кількості оброблених дерев. Розроблено алгоритми автоматизованого створення ефективних планів озеленення міста, що враховують особливості мікроклімату, складу ґрунту, доступу до води конкретного району висадки дерев. Розроблено алгоритми модулів підтримки прийняття рішень стосовно кількості, виду, порід дерев, способу їх розсадки в рамках планів озеленення.
Програмна реалізація	Розроблено програмне забезпечення веб-орієнтованої ІС безкоштовними програмними засобами, його верифікація, тестування та публікація на хостингу в мережі Інтернет. Розроблено он-лайн сервіс оповіщення про зміну стану ЗН, необхідність проведення позачергової обрізки або спилування аварійних дерев від мешканців міста засобами мережі Інтернет.
Розробка методичних рекомендацій стосовно процесу взаємодії користувачів системи із розробленим програмним забезпеченням	Розроблено керівництво користувача ІС та системи підтримки прийняття рішень
Популяризація он-лайн сервісу сповіщення про зміну стану ЗН серед мешканців	Проведено заходи із поширення рекламної інформації про місію, мету та послуги ІС. Залучено мешканці міста до процесів підтримки актуальності відомостей стосовно стану ЗН.

Всі заходи з автоматизації моніторингу направлені на отримання стійкого позитивного екологічного, економічного та соціального ефекту за рахунок зменшення ризиків нанесенню збитків населенню і місту та підвищення якості заходів із охорони навколишнього середовища.

Висновки. На основі проведеного дослідження, можна зробити наступні висновки

1. Проведено аналіз ПрО стосовно здійснення інвентаризації та обліку стану ЗН міста на прикладі Дніпропетровського регіону.

2. Розроблено функціональну модель ПрО AS-IS, яка дозволяє встановити основні процеси, що піддаються автоматизації, діючих осіб, цільову аудиторію ІС, ресурси та інформаційне забезпечення, яке використовуються в ході здійснення підпроцесів ПрО.

3. Запропоновано алгоритм переходу від паперової технології обробки інформації до автоматизованої за рахунок розробки БД та веб-орієнтованої ІС.

До очікуваних якісних змін від запровадження ІС необхідно віднести наступне:

- Підвищення якості управлінських, господарських та технологічних рішень стосовно обслуговування наявного фонду ЗН та моніторингу їх стану, за рахунок застосування засобів ІТ.

- Підвищення якості, наукове обґрунтування та оптимізація вибору стратегій і тактики захисних, природоохоронних заходів для забезпечення раціональної екологічно обґрунтованої діяльності системи міського господарювання із використанням еколого-економічних критеріїв і врахуванням цільового призначення ЗН.

Запропоновані концептуальні положення автоматизації процесу моніторингу стану ЗН, на відміну від існуючої ручної технології обробки даних, забезпечать отримання повної, достовірної та своєчасної інформації стосовно заходів охорони навколишнього середовища та динаміки змін кількісно-якісного стану ЗН міста, підвищать якість контролю за самовільним знищенням дерев, проведенням омолодження та озеленення, що є особливо актуальним для регіонів із стійким і потужним промисловим забруднення, яким є Дніпропетровщина.

Наслідки впровадження ІС матимуть стійкий позитивний ефект, оскільки реалізація заходів автоматизації передбачає розробку інформаційного продукту багаторазового використання, який одночасно є джерелом і засобом подальшого розвитку. Запропоновані проектні рішення носять узагальнений характер та можуть бути застосовані для будь-якого населеного пункту України.

1. Топ найбрудніших міст України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://znaj.ua/society/vid-vas-smerdyt-top-najbrudnishyh-mist-ukrayiny>.

2. Матвеева Н.М. Формування альтернативного підходу щодо озеленення міст / Н.М. Матвеева, Р.М. Кадун // Комунальне господарство міст. – К.: Техніка. – 2013. – №111. – С. 261-266.

3. Заец Р. Системный подход к инновационному развитию крупного города по пути экоустойчивости / Р. Заец // Досвід та перспективи розвитку міст України. – Дніпропетровськ: Дніпромисто. – 2002. – Випуск 4. – С. 119-142.5

4. Ловинська В.М. Видовий склад та життєвий стан зелених насаджень проспекту Кірова та вулиці Титова м. Дніпропетровськ / В.М. Ловинська, І.А. Зайцева, А.В. Тищенко // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ. – 2013. – Вип. 18. – № 1. – С. 116-125.

5. Пономарьова О.А. Біорізноманіття та життєвий стан лінійних пришляхових насаджень м. Дніпро (на прикладі проспекту ім. Б. Хмельницького) / О. А. Пономарьова // «Наука. Молодь. Екологія-2018» (За матеріалами XIV-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Житомир, 17 травня 2018 року). – Житомир : ЖНАУ. – 2018. – С.179-183.

6. Зайцева І.А. Аналіз стану деревних рослин придорожньої лісосмуги між селищами Дослідне і Новоалександрівка (Запорізьке шосе м. Дніпропетровськ) / І.А. Зайцева, В.М. Ловинська, С.А. Ситнік // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ. – 2014. – №2 – 78-92.

7. Яшольт А.Р. Створення електронного екологічного паспорту зелених насаджень бульвару по вулиці Пирогова та меморіалу «Визволення» у м. Вінниця / А.Р. Яшольт, І.І. Івчанська // Збірник наукових статей Вінницького національного технічного університету. – Вінниця: ВНТУ. – 2013. – Вип.2. – С. 185-188.

8. Бовсуновський Є.О. Сучасні технології вимірювання параметрів зелених насаджень / Є.О. Бовсуновський, О.В. Рябчевський, К.Ю. Браткова // Наукоємні технології. – 2018. – №1(37). – С. 80-86.

9. Хомюк П.Г. Застосування сучасних технологій для інвентаризації зелених насаджень об'єктів природно-заповідного фонду / П.Г. Хомюк, О.Г. Часковський, М.М. Король, Р.Р. Вицега // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. К.:НУБПУ. – 2012. – Вип. 171(1). – С. 241-247.

10. Стратегія розвитку Дніпропетровської області до 2020 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/uploaded-files/rozvitku-dnipropetrovskoi-oblasti-na-period-do-2020-roku.pdf>

11. Бурак О.М. Проблеми і перспективи розвитку сфери озеленення в Україні /О.М. Бурак // Вісник Херсонського державного університету. – Херсон: ХДУ. – 2014. – Випуск 9. – Частина 3. – С. 154-157.

УДК 004.8

Яцюк С. М., к. пед. наук, доц., Яцюк А. В., аспірант
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

ДОСЛІДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ПРИКЛАДІ ПРОГРАМИ EXCEL

С. М. Яцюк. А. В. Яцюк. Дослідження штучного інтелекту на прикладі програми Excel. Стаття присвячена дослідженню питань, пов'язаних з розвитком штучного інтелекту. Узагальнено передумови виникнення та особливості штучного інтелекту. Досліджено нові можливості штучного інтелекту на прикладі програми Excel. Викладено перспективи розвитку штучного інтелекту та переваги його можливостей найближчим часом.

Ключові слова: штучний інтелект, розвиток, програма Excel, технології, прогрес, можливості.

С. М. Яцюк. А. В. Яцюк. Исследование искусственного интеллекта на примере программы Excel. Статья посвящена исследованию вопросов, связанных с развитием искусственного интеллекта. Исследовано предпосылки возникновения и особенности искусственного интеллекта на примере программы Excel. Изложены перспективы развития искусственного интеллекта и преимущества его возможностей в ближайшее время.

Ключевые слова: искусственный интеллект, развитие, программа Excel, технологии, прогресс, возможности.

Svitlana Yatsiuk. Andriy Yatsiuk. Studying the artificial intelligence by the Excel example. The article is devoted to the research of issues related to the development of artificial intelligence in the Excel program. The general preconditions for the emergence and features of artificial intelligence in Excel. The prospects of development of artificial intelligence and advantages of its possibilities in the near future are outlined.

Key words: artificial intelligence, development, Excel program, technology, progress, opportunities.

ВСТУП. Ера інформації все більше загострює питання використання штучного інтелекту – і не тільки на рівні наукових лабораторій та промислових підприємств. Сьогодні його проникнення в повсякденне життя – вже даність, яку людина навіть на завжди усвідомлює. Ступінь проникнення штучного інтелекту вже така, що провідні фахівці висказують думки стосовно впорядкування темпів його розвитку. У цьому зв'язку дослідження питань, пов'язаних із штучним інтелектом набувають особливого значення, що зумовлює актуальність обраної теми та доцільність проведення досліджень для розвитку цього питання.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ. Вказаному питанню приділяється значна увага тих, хто сьогодні формує технологічну складову розвитку світу – Ілон Маск, Стівен Хокінг, Марк Цукерберг, Джозеф Безос, не говорячи вже про те, скільки фахівців задіяно сьогодні в провідних лабораторіях та інститутах для розвитку штучного інтелекту як такого. Теоретичною основою роботи є наукові праці закордонних вчених, які в цих дослідженнях вбачають майбутнє для розвитку науки та промисловості, серед них – Бостром Н., Ланье Д., Маркоф Д., Форд М. Не обійшли своєю увагою це питання в своїх наукових дослідженнях й українські вчені, серед яких – Іванюк Д., Єфремов М., Твердохліб І.А., Улянівський Т., Панченко В., Резнікова Н. та багато інших. Інформаційною базою дослідження є також дані досліджень провідних зарубіжних та вітчизняних фахівців, матеріали наукових та аналітичних публікацій з досліджуваного питання.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ полягає в узагальненні передумов виникнення та особливостей штучного інтелекту, аналізі напрямів застосування штучного інтелекту, а також у дослідженні перспектив розвитку штучного інтелекту на прикладі програми Excel.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ. Ідея створення штучної подоби людини для вирішення складних задач і моделювання людського розуму витала в повітрі ще в найдавніші часи. Так, у древньому Єгипті була створена «оживаюча» механічна статуя бога Амона. У Гомера в «Іліаді» бог Гефест кував людиноподібні істоти-автомати. У літературі ця ідея обігривалася багаторазово: від Галатеї Пігмаліона до Буратіно папи Карло. Однак родоначальником штучного інтелекту вважається середньовічний іспанський філософ, математик і поет *Раймонд Луллій*, що ще в XIII столітті спробував створити механічну машину для рішення різних задач, на основі розробленої ним загальної класифікації понять.

У XVIII столітті *Лейбниц* і *Декарт* незалежно один від одного продовжили цю ідею, запропонувавши універсальні мови класифікації усіх наук. Ці роботи можна вважати першими теоретичними роботами в галузі штучного інтелекту.

Остаточне народження штучного інтелекту як наукового напрямку відбулося тільки після створення ЕОМ у 40-х роках ХХ століття. У цей же час Норберт Вінер створив свої основні роботи з нової науки — кібернетики.

Наприкінці 50-х років народилася модель лабіринтового пошуку. Цей підхід представляє задачу як деякий простір станів у формі графа, і в цьому графі проводиться пошук оптимального шляху від вхідних даних до результуючого. Були пророблені великі роботи з розробки цієї моделі, але для вирішення практичних задач ця ідея не знайшла широкого застосування. У перших підручниках з штучного інтелекту [Хант, 1986; Ендрю, 1985] описані ці програми — вони грають у гру «15», збирають «Ханойську вежу», грають у шашки і шахи.

Початок 60-х — це епоха евристичного програмування. *Евристика* — правило, теоретично не обґрунтоване, котре дозволяє скоротити кількість, переборовши в просторі пошуку. Евристичне програмування — розробка стратегії дій на основі відомих, заздалегідь заданих евристик [Александров, 1975].

У 1963-1970 р. до рішення задач стали підключати методи *математичної логіки*. Робинсон розробив *метод резолюцій*, що дозволяє автоматично доводити теореми при наявності набору вихідних аксіом. Приблизно в цей же час видатний вітчизняний математик Ю. С. Маслов запропонував так називаний *зворотний висновок*, згодом названий його ім'ям, що вирішує аналогічну задачу іншим способом [Маслов, 1983]. На основі методу резолюцій француз Альбер Кольмероз в 1973 р. створює мову логічного програмування *Пролог*. Великий резонанс мала програма «*Логік-теоретик*», створена Ньюэллом, Саймоном і Шоу, що доводила шкільні теореми. Однак більшість реальних задач не зводиться до набору аксіом, і людина, вирішуючи виробничі задачі, не використовує класичну логіку, тому логічні моделі при усіх своїх перевагах мають істотні обмеження по класах розв'язуваних задач.

Історія штучного інтелекту повна драматичних подій, одною із яких стала у 1973 р. так називана «доповідь Лайтхилла», що була підготовлена у Великобританії за замовленням Британської ради наукових досліджень. Відомий математик Д. Лайтхилл, ніяк з ШІ професійно не зв'язаний, підготував огляд стану справ в галузі ШІ. У доповіді були визнані визначені досягнення в галузі ШІ, однак їхній рівень визначався як такий, що розчарує, і загальна оцінка була негативна з позицій практичної значимості. Цей звіт відкинув європейських дослідників приблизно на 5 років тому, тому що фінансування ШІ істотно скоротилося.

Приблизно в цей же час істотний прорив у розвитку практичних додатків штучного інтелекту відбувся в США, коли до середини 1970-х на зміну пошукам універсального алгоритму мислення прийшла ідея моделювати конкретні знання фахівців-експертів. У США з'явилися перші комерційні системи, засновані на знаннях, чи експертні системи (ЕС). Став застосовуватися новий підхід до вирішення задач штучного інтелекту — *представлення знань*. Створені MYCIN і DENDRAL [Shortliffe, 1976; Buchanan, Feigenbaum, 1978], що стали вже класичними, дві перші експертні системи для медицини і хімії. Істотний фінансовий внесок вносить Пентагон, пропонуючи базувати нову програму міністерства оборони США (Strategic Computer Initiative — SCI) на принципах ШІ. Уже навздогін упущених можливостей на початку 80-х оголошена глобальна програма розвитку нових технологій ESPRIT (Європейський Союз), у яку включена проблематика штучного інтелекту.

У відповідь на успіхи США наприкінці 70-х у гонку включається Японія, оголосивши про початок проекту машин V покоління, заснованих на знаннях. Проект був розрахований на 10 років і поєднував кращих молодих фахівців (у віці до 35 років) найбільших японських комп'ютерних корпорацій. Для цих фахівців був створений спеціально новий інститут ICOT, і вони одержали повну волю дій, щоправда, без права публікації попередніх результатів. У результаті вони створили досить громіздкий і дорогий символічний процесор, що програмно реалізує Пролого-подібну мову, що не одержав широкого визнання. Однак позитивний ефект цього проекту був очевидний. У Японії з'явилася значна група висококваліфікованих фахівців в галузі ШІ, що домоглася істотних результатів у різних прикладних задачах. До середини 90-х японська асоціація ШІ нараховує 40 тис. чоловік.

Починаючи із середини 1980-х років, повсюдно відбувається комерціалізація штучного інтелекту. Зростають щорічні капіталовкладення, створюються промислові експертні системи. Зростає інтерес до систем, що самонавчаються. Видаються десятки наукових журналів, щорічно збираються міжнародні і національні конференції по різних напрямках ШІ. Штучний інтелект стає однією з найбільш перспективних і престижних галузей інформатики (computer science).

Штучний інтелект сьогодні – це здатність машин і програм аналізувати отриману інформацію, робити висновки, приймати на їхній основі рішення. Ключова характеристика ШІ-пристроїв – вміння постійно навчатися, накопичувати знання і успішно застосовувати їх, тобто це здатність до тих дій, які виконує людський мозок. Простіше кажучи, думати і реалізовувати задумане: наприклад, готувати певні коктейлі, керувати транспортними засобами або ставити діагнози людям.

Покажемо застосування систем штучного інтелекту на прикладі програми Excel.

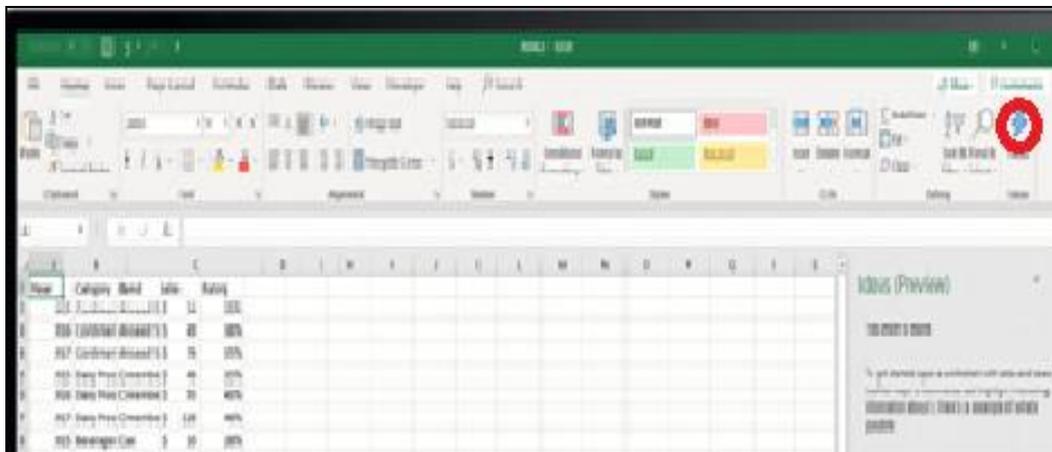
Сила програми Excel – у її простоті. По суті, Excel складається з трьох основних компонентів: клітинок із даними, упорядкованих у вигляді рядків і стовпців, потужного модуля обчислень і набору інструментів для роботи з даними. А поєднання цих компонентів забезпечує вражаючу гнучкість і універсальність, завдяки яким програму Excel щодня використовують сотні мільйонів фахівців на різних посадах, з різних галузей і країн.

На конференції Ignite (Jared Spataro, Corporate Vice President for Microsoft 365) було проанонсовано чотири нові можливості, які працюють на основі штучного інтелекту та покликані зробити програму Excel ще потужнішою:

- Ідеї
- Нові типи даних
- Вставлення даних із зображення
- Динамічні масиви

Ідеї – корисні розумні пропозиції

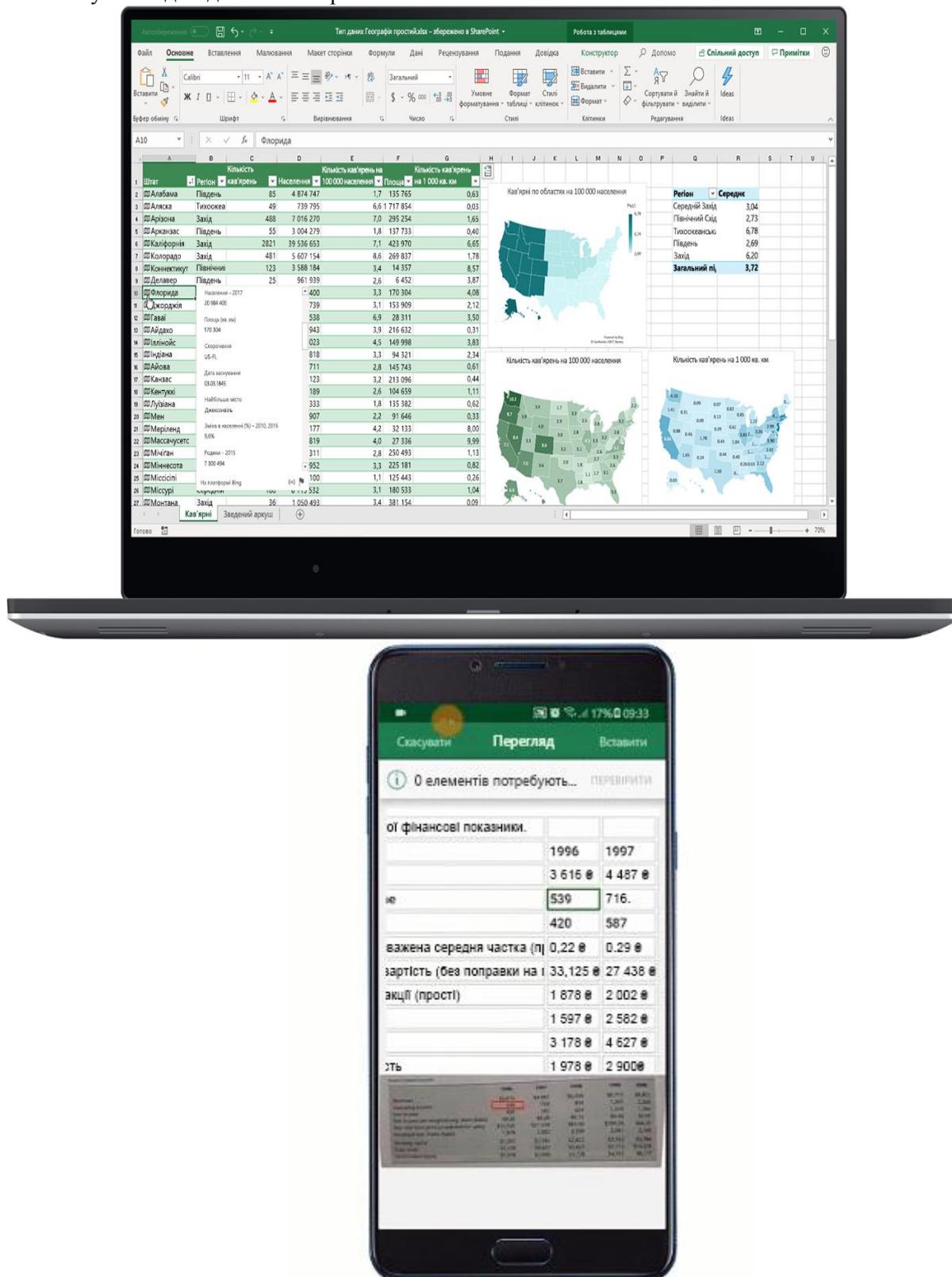
Аналітичний сервіс “Ідеї” працює на основі штучного інтелекту та допомагає розкрити всі можливості Office. Коли ви працюєте над документом, презентацією або електронною таблицею, ця функція стежить за вашими діями та пропонує рекомендації, які допомагають виконувати роботу швидше і якісніше. Наприклад, в Excel функція “Ідеї” вміє виявляти закономірності, тенденції та знаходити сторонні значення в наборах даних, що дає змогу аналізувати інформацію за лічені секунди. В Excel ця функція вже доступна для всіх, а в інших програмах, починаючи з PowerPoint Online, незабаром з'явиться підготовча версія Ідей. Щоб почати користуватися рекомендаціями, просто клацніть піктограму блискавки в Excel або PowerPoint Online



Нові типи даних уже в загальному доступі

Програма Excel від самого початку була одним із найкращих інструментів для роботи з числами. Але тепер вона вміє ще більше – зокрема, ми навчили її розпізнавати такі об'єкти реального світу, як “Біржа” й “Географія”. Ця функція на основі штучного інтелекту перетворює звичайні текстові дані на інтерактивну сутність із кількома рівнями інформації. Наприклад, якщо призначити простому алфавітному списку країн тип “Географія”, то в аналізі інших даних таблиці можна буде використовувати відомості про ці країни. Нові типи даних видаються дуже простими, але вони відкривають цілий ряд можливостей. І це лише перші ластівки: у майбутньому планується додати в Excel ще більше типів, і тоді рядки, стовпці, клітинки, логічний модуль та інструменти Excel можна буде використовувати, щоб упорядковувати й аналізувати будь-які поєднання чисел і складних сутностей, а також приймати програмні рішення щодо них. Типи даних “Біржа” й “Географія” вже доступні всім користувачам.

Ручне введення даних залишилось у минулому. Необхідно **вставляти дані із зображення**. Слід зробити на пристрій з Android знімок таблиці, роздрукованої на принтері або намальованої від руки, а потім одним клацанням перетворити цей знімок на звичайну таблицю Excel, яку можна буде редагувати. Незабаром функція вставлення даних із зображення з'явиться в програмі Excel для Android у вигляді підготовчої версії.



Легкі розрахунки за допомогою динамічних масивів

Динамічні масиви – ще одна можливість, що полегшує використання розширених формул. Вони дають змогу переносити результати формул, які повертають масиви значень, у порожні Нові

можливості діють на функціях FILTER, UNIQUE, SORT, SORTBY, SEQUENCE, SINGLE або RANDARRAY. З таблицями стало працювати легше, а раніше важко було навіть їх створити. Тепер завдання, для вирішення яких раніше необхідно було кілька клітинок і багато складних формул, потребують тільки однієї простої формули, яка повертає масив значень.

Динамічні масиви						
Сортування даних		Очищення даних		Фільтрування даних		
Імена	Відсортовані	Імена	Прибрані повтори	Імена	Уподобання	Тільки овочі
Марія	Аліна	Петро	Петро	Марія	М'ясо	=filter(
Петро	Василіна	Влад	Влад	Петро	Овочі	FILTER(масив,включити,{якщо пусто})
Дмитро	Влад	Влад	Аліна	Дмитро	Овочі	
Семен	Дмитро	Аліна	Семен	Семен	М'ясо	
Василіна	Марія	Семен	Марія	Василіна	Овочі	
Влад	Петро	Марія	Василіна	Влад	М'ясо	
Аліна	Семен	Семен	Дмитро	Аліна	Овочі	
		Василіна				
		Василіна				
		Дмитро				

Швидкий пошук даних

В програму Excel не тільки додаються нові можливості, а й постійно покращуються старі. Важлива увага приділена функціям пошуку, тож тепер вони працюють набагато швидше: якщо раніше для застосування функцій VLOOKUP, HLOOKUP і MATCH до великих наборів даних потрібно було кілька хвилин, то тепер – лічені секунди. Також підвищена продуктивність багатьох важливих операцій: копіювання та вставлення, скасування, умовного форматування, виділення та редагування клітинок, фільтрування, відкриття файлів і програмування.

	СТ_1	СТ_2	СТ_3	СТ_4	СТ_5	СТ_6	СТ_7	СТ_8	СТ_9	СТ_10	СТ_11	СТ_12
РЯД_2	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)	(2,6)	(2,7)	(2,8)	(2,9)	(2,10)	(2,11)	(2,12)	(2,13)
РЯД_3	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,5)	(3,6)	(3,7)	(3,8)	(3,9)	(3,10)	(3,11)	(3,12)	(3,13)
РЯД_4	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,5)	(4,6)	(4,7)	(4,8)	(4,9)	(4,10)	(4,11)	(4,12)	(4,13)
РЯД_5	(5,2)	(5,3)	(5,4)	(5,5)	(5,6)	(5,7)	(5,8)	(5,9)	(5,10)	(5,11)	(5,12)	(5,13)
РЯД_6	(6,2)	(6,3)	(6,4)	(6,5)	(6,6)	(6,7)	(6,8)	(6,9)	(6,10)	(6,11)	(6,12)	(6,13)
РЯД_7	(7,2)	(7,3)	(7,4)	(7,5)	(7,6)	(7,7)	(7,8)	(7,9)	(7,10)	(7,11)	(7,12)	(7,13)
РЯД_8	(8,2)	(8,3)	(8,4)	(8,5)	(8,6)	(8,7)	(8,8)	(8,9)	(8,10)	(8,11)	(8,12)	(8,13)
РЯД_9	(9,2)	(9,3)	(9,4)	(9,5)	(9,6)	(9,7)	(9,8)	(9,9)	(9,10)	(9,11)	(9,12)	(9,13)
РЯД_10	(10,2)	(10,3)	(10,4)	(10,5)	(10,6)	(10,7)	(10,8)	(10,9)	(10,10)	(10,11)	(10,12)	(10,13)
РЯД_11	(11,2)	(11,3)	(11,4)	(11,5)	(11,6)	(11,7)	(11,8)	(11,9)	(11,10)	(11,11)	(11,12)	(11,13)
РЯД_12	(12,2)	(12,3)	(12,4)	(12,5)	(12,6)	(12,7)	(12,8)	(12,9)	(12,10)	(12,11)	(12,12)	(12,13)
РЯД_13	(13,2)	(13,3)	(13,4)	(13,5)	(13,6)	(13,7)	(13,8)	(13,9)	(13,10)	(13,11)	(13,12)	(13,13)
РЯД_14	(14,2)	(14,3)	(14,4)	(14,5)	(14,6)	(14,7)	(14,8)	(14,9)	(14,10)	(14,11)	(14,12)	(14,13)
РЯД_15	(15,2)	(15,3)	(15,4)	(15,5)	(15,6)	(15,7)	(15,8)	(15,9)	(15,10)	(15,11)	(15,12)	(15,13)
РЯД_16	(16,2)	(16,3)	(16,4)	(16,5)	(16,6)	(16,7)	(16,8)	(16,9)	(16,10)	(16,11)	(16,12)	(16,13)
РЯД_17	(17,2)	(17,3)	(17,4)	(17,5)	(17,6)	(17,7)	(17,8)	(17,9)	(17,10)	(17,11)	(17,12)	(17,13)
РЯД_18	(18,2)	(18,3)	(18,4)	(18,5)	(18,6)	(18,7)	(18,8)	(18,9)	(18,10)	(18,11)	(18,12)	(18,13)

Завдяки новинкам Excel не лише став краще обробляти дані, а й ступив на новий шлях розвитку, ознаменований появою додаткових типів даних і аналітики на основі штучного інтелекту.

Доступність:

- Функція "Ідеї" доступна.
- Нові типи даних доступні в Excel для Office 365. (тільки англійською мовою).
- Покращення продуктивності доступні в Excel для Office 365. Незабаром вони почнуть діяти також в інших версіях Excel.
- Підготовча версія динамічних масивів доступна учасникам програми оцінювання Office 365.
- Підготовча версія функції вставлення даних із зображення незабаром стане доступна учасникам програми оцінювання Office 365 у програмі Excel для Android.

ВИСНОВКИ. В парадигмі функціонування будь-якої системи, побудованої за принципом «максимум ефекту – мінімум витрат» штучний інтелект, дійсно, сприяє підвищенню її ефективності. Важливо розуміти, що систему характеризує не помилка, а реакція на неї. Зараз штучний інтелект не може передбачити наслідки своїх помилок, оскільки він позбавлений здатності розпізнавати чинники, які знаходяться поза межами автоматизованих алгоритмів. Задача сьогодні – не залишити розробки штучного інтелекту, а оптимізувати потенційні ризики від нього. Провідні фахівці в цій галузі повинні сконцентруватись на тому, щоб результати функціонування штучного інтелекту були економічно та соціально значущими, а не руйнівними. Якими б темпами не розвивалась наука, вихід поки що єдиний – підвищувати рівень можливостей та інтелекту самої людини. У виразі «надати штучному інтелекту здібності людини» ключове – сама людина та блага, які вона створює. На наш погляд, саме це зараз головне в досліджуваному питанні.

1. John Maynard Keynes, «Economic Possibilities for our Grandchildren» (1930), in Essays in Persuasion (New York: Harcourt Brace, 1932), 358–373. URL: https://assets.aspeninstitute.org/content/uploads/files/content/upload/Intro_and_Section_I.pdf.
2. Elon Musk Reminds Us of the Possible Dangers of Unregulated AI. URL: <https://futurism.com/elon-musk-reminds-us-of-the-possible-dangers-of-unregulated-ai>.
3. Стівен Хокінг: штучний інтелект може стати найгіршим винаходом людства. URL: <https://mind.ua/news/20178313-stiven-hokingshtuchnij-intelekt-mozhe-stati-najgirshim-vinahodom-lyudstva>.
4. Штучний інтелект стане головною загрозою людству. URL: <https://1news.com.ua/tsikave/shtuchniy-intelekt-stanegolovnoyu-zagrozoju-lyudstvu.html>.
5. Эксперт отвечает Илону Маску: искусственный интеллект не угроза. URL: <https://www.bbc.com/russian/features-40959369>.
6. Facebook вимкнув систему штучного інтелекту: боти винайшли свою мову. URL: <https://www.unian.ua/science/2058576-facebook-vimknuv-sistemu-shtuchnogo-intelektu-boti-vinayshlisvoyu-movu.html>.
7. Восстание машин. Как искусственный интеллект родил цифрового ребёнка. URL: <http://www.dsnews.ua/future/vosstaniemashin-kak-iskusstvennyy-intellekt-rodil-tsifrovogo12122017220000>.
8. Джон Маркофф. Номо Roboticus? Люди и машины в поисках взаимопонимания. URL: <http://testlib.meta.ua/book/302060/read/>.
9. Єфремов М. Штучний інтелект, історія та перспективи розвитку / М. Єфремов. URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/81625/79214>.
10. Четверга промислової революції заради Землі Використання можливостей штучного інтелекту на користь Землі. Січень 2018 р. URL: <https://www.pwc.com/ua/uk/survey/2018/ai-for-theearth-jan-2018.pdf>.
11. Штучний інтелект як технологія створення автоматизованих інтелектуальних систем. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/5044/1/20160428-29_TAZY_V3_P349.pdf.
12. Поняття штучного інтелекту. URL: http://megalib.com.ua/content/1956_71_Ponyattya_shtuchnogo_intelektu.html.
13. Штучний інтелект. Підходи і напрямки до розуміння штучного інтелекту. URL: <http://referat-ok.com.ua/informatika/shtuchnii-intelekt>.

УДК 004.9

Гринюк С.В., Бортник К.Я., Міскевич О.І., Паливода Д.І.
Луцький національний технічний університет

ОГЛЯД ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІГОР ПІД ОС ANDROID

Гринюк С.В., Бортник К.Я., Міскевич О.І., Паливода Д.І. Огляд інструментальних засобів для створення ігор під ОС Android. У статті розглядаються одні з найбільш поширених програмних платформи для мобільних пристроїв та здійснюється огляд та аналіз основних середовищ для створення ігор під ОС Android.

Ключові слова: платформа, операційна система, архітектура, середовище, додаток.

Гринюк С.В., Бортник К.Я., Міскевич А.И., Половодье Д.И. Обзор инструментальных средств для создания игр под ОС Android. В статье рассматриваются одни из самых распространенных программных платформы для мобильных устройств и осуществляется обзор и анализ основных сред для создания игр под ОС Android.

Ключевые слова: платформа, операционная система, архитектура, среда, приложение

Hryniuk S, Bortnik K., Miskevich O, Palivoda D. An overview of tools for creating games under the Android operating system. This article discusses some of the most common mobile platform software and reviews and analyzes the underlying environments for creating games under the Android operating system.

Keywords: platform, operating system, architecture, environment, application.

Вступ. У зв'язку із швидким розвитком мобільних комп'ютерів, включаючи стільникові телефони, електронні книги, планшети, комунікатори, смартфони., постійно зростає актуальність розробки програмних додатків для подібних пристроїв. Часто виникає питання вибору відповідної платформи для розробки з існуючого різноманіття: IOS, Android, Windows Phone і т.д. Існує безліч підходів до розробки, які відкривають безліч можливостей для розробників.

В даний час однією з найбільш поширених програмною платформою для мобільних пристроїв є Android, заснований на ядрі Linux. При цьому Android дозволяє використовувати всі можливості відкритого інтерфейсу програмування додатків Application Programming Interface (API), що використовується в додатках ядра. Архітектура побудована таким чином, що будь-який додаток може використовувати вже реалізовані можливості іншого додатку за умови, що останній відкриє доступ на використання своєї функціональності [1].

Таким чином, архітектура реалізує принцип багаторазового використання компонентів операційної системи і додатків. Поширюється Android на різних видах обладнання, які тільки можна уявити в вигляді сучасних мобільних пристроїв - телефонів, смартфонів, комунікаторів, планшетних комп'ютерів, електронних книг і багато іншого.

Сьогодні виробники мобільних пристроїв вважають впровадження нових можливостей в області мобільних ігор одним з важливих напрямків розвитку своєї продукції. Ігри для мобільних платформ пройшли довгий шлях розвитку: суттєво змінилася графіка, з'явилися складні функції, що займають великий обсяг пам'яті, вдосконалювалося звукове супровід, додалися можливості управління персонажами або об'єктами гри з допомогою сенсорного дисплея і акселерометра. Раніше гри поширювалися тільки як бонус до телефону, а зараз є маса можливостей скачати ігри на телефон платно або безкоштовно.

Метою роботи є огляд і аналіз основних інструментальних засобів створення ігор для ОС Android.

Виклад основного матеріалу. Більшість інструментальних засобів для створення ігор можна поділити на 3 групи:

1. Фреймворк - програмна платформа, яка визначає структуру програмної системи; програмне забезпечення, що полегшує розробку і об'єднання різних компонентів великого програмного проекту. Фреймворк відрізняється від поняття бібліотеки тим, що бібліотека може бути використана в програмному продукті просто як набір підпрограм близькою функціональністю, не впливаючи на архітектуру програмного продукту і не накладаючи на неї ніяких обмежень. У той час як фреймворк диктує правила побудови архітектури додатку, задаючи на початковому етапі розробки поведінка за умовчанням, каркас, який потрібно буде розширювати і змінювати відповідно до зазначених вимог.

2. Ігровий рушій - центральний програмний компонент комп'ютерних та відеоігор або інших інтерактивних додатків з графікою, оброблюваної в реальному часі. Він забезпечує основні технології, спрощує розробку і часто дає грі можливість запускатися на декількох платформах, таких

як ігрові консолі та настільні операційні системи, наприклад, GNU/Linux, MacOS X і Microsoft Windows. Основну функціональність зазвичай забезпечує ігровий двигун, що включає двигун рендеринга («візуалізатор»), фізичний двигун, звук, систему скриптів, анімацію, штучний інтелект, мережевий код, управління пам'яттю і багатопотоковість. Часто на процесі розробки можна заощадити за рахунок повторного використання одного ігрового двигуна для створення безлічі різних ігор.

3. Конструктор ігор - програма, яка об'єднує в собі ігровий рушій і інтегроване середовище розробки, і, як правило, включає в себе редактор рівнів, що працює за принципом WYSIWYG. Такі програми значно спрощує 25 процес розробки ігор, роблячи його доступним любителям-непрограмістів, і можуть бути використані в початковому навчанні програмуванню [1]

В роботі ми будемо досліджувати різноманітних представників всіх цих груп, проте будемо приділяти більшу увагу на інструментальні засоби, які мали реалізацію протягом останніх 5 років, оскільки світ ігрової індустрії дуже швидко оновлюється та прогресує, то набір інструментів 5-ти річної давності виявиться неактуальним в поточних реаліях.

Microsoft XNA (англ. XNA's Not Acronymed) — набір інструментів з керованим середовищем часу виконання (.NET), створений Microsoft для полегшення розробки комп'ютерних ігор. Мета XNA звільнити розробку ігор від написання «повторюваного шаблонного коду» і об'єднати різні аспекти розробки ігор в одній системі. Набір інструментів XNA був анонсований 24 березня 2004 на Game Developers Conference в Сан-Хосе, Каліфорнія. Перший Community Technology Preview XNA Build був випущений 14 березня 2006. XNA Framework ґрунтується на реалізації .NET Compact Framework 2.0 для розробки для Xbox 360 і .NET Framework 2.0 на Windows. Він включає великий набір бібліотек класів, специфічних для розробки ігор, що підтримує максимальне повторне використання коду на всіх цільових платформах. Фреймворк виконується на модифікації Common Language Runtime, що оптимізована для ігор. CLR доступне для Windows XP, Windows Vista, і Xbox 360. Так як ігри XNA пишуться для CLR, вони можуть бути запущені на будь-якій платформі, яка підтримує XNA Framework з мінімальними змінами або взагалі без них. Ігри, які запускаються на фреймворку, технічно можуть бути написані будь-якою .NET-сумісною мовою, але офіційно підтримується тільки мова програмування C# та середовище швидкої розробки XNA Game Studio Express і всі версії Visual Studio 2008. 26 XNA Framework приховує низькорівневі технологічні деталі, пов'язані з розробкою гри [2].

Таким чином, фреймворк піклується про різницю між платформами, дозволяючи розробникам приділяти більше уваги смислового вмісту гри. XNA Framework інтегрується з декількома інструментами, такими як ХАСТ, для допомоги в створенні контенту. XNA Framework надає підтримку створення та двомірних, і тривимірних ігор і дозволяє використовувати можливості контролерів Xbox 360. Desktopні програми можуть поширюватися безкоштовно під поточним ліцензуванням Microsoft. Існує проект MonoGame, що представляє собою кросплатформну open-source реалізацію XNA з додатковими можливостями.

Construct 2 — це заснований на HTML5 конструктор 2D ігор, розроблений компанією Scirra. Конструктор спрямовано в першу чергу на людей, які не розуміються в програмуванні, дозволяючи швидко створювати ігри способом Drag-and-drop з використанням візуального редактора та логічної системи, заснованої на принципі поведінки та реакції. Construct 2 є прямим нащадком попередньої версії програми, Construct Classic.

Функціональні особливості: Система «Події та Дії» як і в Construct Classic, основним методом програмування ігор та додатків у Construct 2 є використання «листів подій» (англ. event sheets), що схожі на файли рушія, які використовуються у мовах програмування. Коли виконується умова, задана користувачем в листі подій, слід за нею виконується дія чи функція. Система «Поведінки» Особливістю Construct 2 в порівнянні з іншими конструкторами є так названі «поведінки» (англ. behaviors). Поведінка — це заздалегідь заготовлений набір (шаблон) властивостей об'єкту. Поведінки потрібні для прискорення процесу розробки гри, коли користувач не задає всі властивості сам в листі подій, а просто користується необхідним шаблоном. 27 Прикладом поведінки є поведінка 8 direction, яка дозволяє переміщувати об'єкт у восьми напрямках за допомогою клавіш. Підтримка сторонніх плагінів [3].

Розробники Construct 2 забезпечують та навіть заохочують створення плагінів від сторонніх розробників. Так, на офіційному сайті можна знайти поради та уроки з написання та налаштування плагінів для коректної роботи. Всі плагіни Construct 2 написано на Javascript.

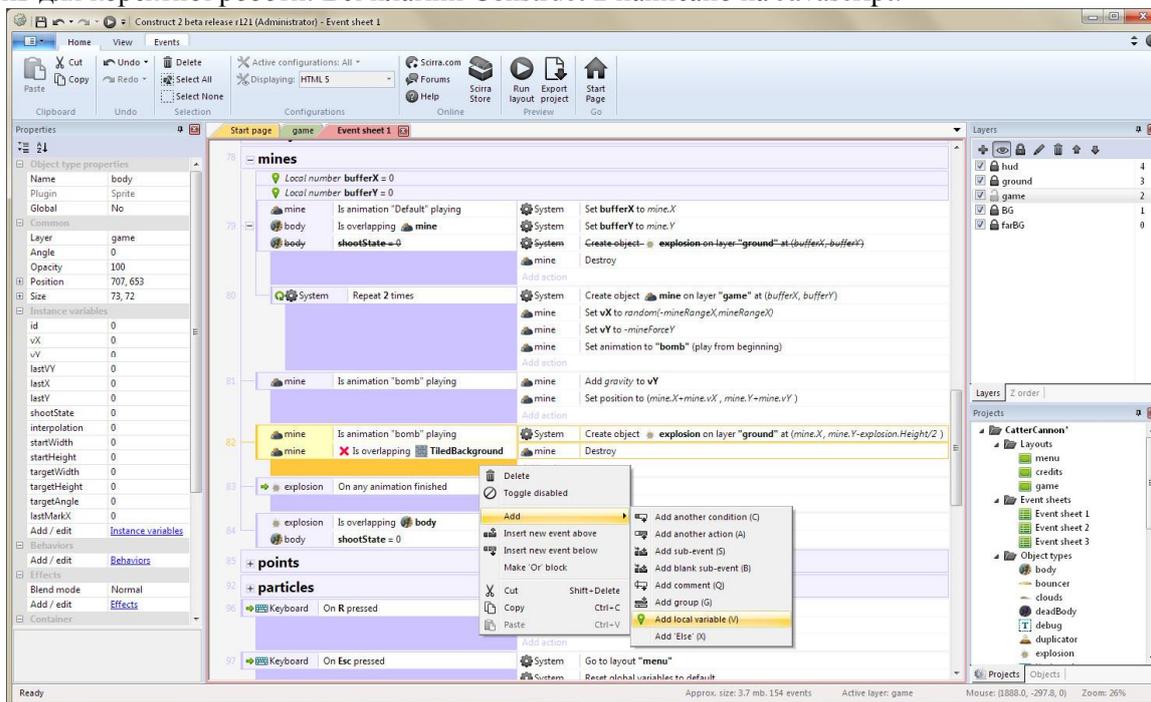


Рис.1 – Головне вікно Construct

Blender Game Engine — пакет для створення тривимірної комп'ютерної графіки, що включає засоби моделювання, анімації, вимальовування, після-обробки відео, а також створення відеоігор. Особливостями пакету є малий розмір, висока швидкість вимальовування, наявність версій для багатьох операційних систем — FreeBSD, GNU/Linux, Mac OS X, SGI Irix 6.5, Sun Solaris 2.8 (sparc), Microsoft Windows, SkyOS, MorphOS та Pocket PC. Пакет має такі функції, як динаміка твердих тіл, рідин та м'яких тіл, систему гарячих клавіш, велику кількість легко доступних розширень, написаних мовою Python. Починаючи з версії 2.61 з'явилися функції «відстеження камери» (англ. camera tracking), та «захоплення руху» (англ. motion capture або mocap).

Програма є вільним програмним забезпеченням та розповсюджується під ліцензією GNU GPL. Ігровий рушій Blender Game Engine (BGE), є вбудованим компонентом Blender. У своєму складі він має вбудований фізичний движок Bullet, підтримку мережі через скрипти Python, графічний рендер з повноцінною підтримкою шейдерів. Blender надає чудовий інтерфейс конструктора, з можливістю легко налаштувати ігрову логіку. Або як альтернатива написання скриптів Python безпосередньо звертатися до API. Для створення гри немає необхідності виходити з програми, більше того наявні інструменти що полегшують тестування, наприклад перегляд роботи шейдерів без запуску графічного рушія, тощо. 28 Ігровий рушій Blender використовує систему графічних «логічних цеглин» (поєднання «датчиків», «контролерів» і «приводів») для контролю руху й відображення об'єктів у рушії. Ігровий рушій також може бути розширений за допомогою набору Python палітурки. Як Blender, він використовує OpenGL як шар крос-платформної графіки, для зв'язку з графічним обладнанням [4].

EaselJS - Javascript бібліотека, що надає можливість працювати з Canvas у графічному режимі, включаючи повний список ієрархічного відображення, модель взаємодії основного і допоміжних класів, щоб полегшити роботу з 2D графікою в Canvas. EaselJS забезпечує рішення для роботи з багатою графікою і інтерактивністю в HTML5 Canvas.

EaselJS також має вбудовану підтримку:

- Особливостей Canvas, такі як тіні і CompositeOperation;
- Ticker, глобальний heartbeat, на яке об'єкти можуть підписатися;

- Фільтри, в тому числі ColorMatrixFilter, AlphaMaskFilter, AlphaMapFilter і BlurFilter;
- Утиліта ButtonHelper, полегшує створення інтерактивних кнопок;
- SpriteSheetUtils і SpriteSheetBuilder, щоб допомогти побудувати і керувати функціональністю SpriteSheet під час виконання.

Всі сучасні браузері, які підтримують Canvas будуть підтримувати EaselJS. Проте продуктивність може різнитися між платформами, наприклад, Android Canvas має погану апаратну підтримку, і працює, в середньому, повільніше ніж більшість інших браузерів [5].

Game Maker — один з найвідоміших конструкторів ігор. Написаний на Delphi Доступний для ОС Windows. Створення ігор в ньому не потребує попереднього знайомства з будь-якою з мов програмування. Гра в Game maker будується як набір ігрових об'єктів. За їх зовнішній вигляд відповідає спрайт, а поведінка задається шляхом опису реакцій на події. Для цього можна використовувати графічне представлення програм (близьке до блок-схемами) у вигляді послідовності іконок-дій. Програмування за допомогою дій відбувається в режимі drag-n-drop. Наприклад, для того щоб почати умовний оператор, потрібно перетягнути на панель дій восьмикутник з іконкою, що означає тип перевірки, а потім, можливо, ввести будь-які значення в форму, що з'явилася. Для більш просунутих користувачів є скриптова мова GML схожий на JavaScript і C++, є можливість створення власних бібліотек дій, використовуючи Library Maker. Розрахований в основному на створення двовимірних (2D) ігор будь-яких жанрів. Також підійде для створення різних презентацій і т. п [6].

Game Maker розповсюджується на умовах Shareware, безкоштовна версія обмежена в функціональності, а при запуску ігор на стрічці завантаження гри показується логотип Game Maker.

Unity — багатоплатформовий інструмент для розробки дво- та тривимірних додатків та ігор, які працюють на операційних системах Windows і iOS. Створені за допомогою Unity додатки працюють під системами Windows, Android, Apple iOS, Linux, а також на гральних консолях Wii, PlayStation 3 і Xbox 360. Є можливість створювати інтернет-застосунки за допомогою спеціального під'єднуваного модуля для браузера Unity, а також за допомогою експериментальної реалізації в межах модуля Adobe Flash Player. Додатки, створені за допомогою Unity, підтримують DirectX та OpenGL.

Редактор Unity має простий Drag&Drop інтерфейс, який легко налаштовувати, що складається з різних вікон, завдяки чому можна проводити налагодження гри прямо в редакторі. Русій підтримує три сценарних мови: C #, JavaScript (модифікація). Проект в Unity ділиться на сцени (рівні) - окремі файли, що містять свої ігрові світи зі своїм набором об'єктів, сценаріїв, і налаштувань. Сцени можуть містити в собі як, об'єкти (моделі), так і порожні ігрові об'єкти – тобто ті які не мають моделі. Об'єкти, в свою чергу містять набори компонентів, з якими і взаємодіють скрипти. У об'єктів з видимої геометрією також за замовчуванням присутній компонент Mesh Renderer, що робить їх модель їх видимою. Також Unity підтримує фізику твердих тіл і тканини, фізику типу Ragdoll (ганчіркова лялька). У редакторі є система успадкування об'єктів; дочірні об'єкти будуть повторювати всі зміни позиції, повороту і масштабу батьківського об'єкта. Скрипти в редакторі прикріплюються до об'єктів у вигляді окремих компонентів. При імпорті текстури в русій можна згенерувати alpha-канал, mip-рівні, normal-map, light-map, карту відображень, проте безпосередньо на модель текстуру прикріпити не можна - буде створено матеріал, з яким буде призначений шейдер, і потім матеріал прикріпиться до моделі. Редактор Unity підтримує написання і редагування шейдерів. Крім того він містить компонент для створення анімації, анімацію також можна створити попередньо в 3D редакторі та імпортувати разом з моделлю, а потім розбити на файли. У Unity вбудована підтримка мережі [7].

Ігровий русій повністю пов'язаний із середовищем розробки. Це дозволяє випробовувати гру прямо в редакторі.

Unreal Engine 3 - написаний мовою C++, ігровий русій дозволяє створювати ігри для більшості операційних систем і платформ: Microsoft Windows, Linux, Mac OS і Mac OS X, консолей Xbox, Xbox 360, PlayStation 2, PlayStation Portable, 31 PlayStation 3, Wii, Dreamcast і Nintendo GameCube. Для спрощення портування русій використовує модульну систему залежних компонентів: підтримує різні системи рендерингу (Direct3D, OpenGL, Pixomatic), відтворення звуку (EAX, OpenAL, DirectSound3D), засоби голосового відтворення тексту, розпізнавання мовлення (тільки для Xbox360, PlayStation 3, Nintendo Wii і Microsoft Windows), модулі для роботи з мережею й

підтримка різних пристроїв вводу. Для гри у мережі підтримуються технології Windows Live, Xbox Live, і GameSpy, включаючи до 64 гравців (клієнтів) одночасно.

Попри те, що офіційно засоби розробки не містять у собі підтримки великої кількості клієнтів на одному сервері, рушій використовувався для створення MMORPG-ігор. Один з найвідоміших представників жанру, Lineage II, використовує рушій Unreal Engine. 5 листопада 2009 року був випущений пакет Unreal Development Kit, безкоштовна версія Unreal Engine 3 для некомерційного використання з можливістю купівлі дешевої комерційної ліцензії. Для описання логіки гри використовується C++ подібний UnrealScript. Усі елементи ігрового рушія представлені у вигляді об'єктів, що мають набір характеристик, і клас, який визначає доступні характеристики. У свою чергу будь-який клас є «дочірнім» класом object.

Серед основних класів і об'єктів можна виділити наступні: Актор (actor) — базовий клас, що містить усі об'єкти, які мають відношення до ігрового процесу й мають просторові координати. Пішак (pawn) — фізична модель гравця або об'єкта, керованого штучним інтелектом. Метод керування описаний спеціальним об'єктом, такий об'єкт називається контролером. Контролер штучного інтелекту описує лише загальну поведінку пішака під час ігрового процесу, а такі параметри як «здоров'я» (кількість пошкоджень, після яких пішак перестає функціонувати) або, 32 наприклад, відстань, на якій пішак звертає увагу на звуки, задаються для кожного об'єкта окремо. Світ, рівень (world, game level) — об'єкт, що характеризує загальні властивості «простору», наприклад, силу тяжіння й туман, у якому розташовуються всі актори. Також може містити в собі параметри ігрового процесу, як, наприклад, ігровий режим, для якого призначений рівень [8].

Висновки. Серед ігрових рушіїв у колі незалежних розробників, останнім часом, найбільшою популярністю користується Unity. Він повністю задовольняє нас за своїми базовими характеристиками до того ж має потужну підтримку товариства, що значно знижує поріг входження.

Серед конструкторів, досить привабливо виглядає Construct 2, що номінально обіцяє широкий спектр функціоналу та кросплатформеність. До того ж знову таки, має чималу популярність та підтримку серед користувачів. Єдиним мінусом є орієнтованість лише на 2-D розробку, що доведеться врахувати при формуванні концепції для прототипів.

Серед фреймворків для розробки ігор за функціональними можливостями можна виділити Phaser та melonJS, якщо не звертати увагу на те, що вони також лише для 2-D проектів. MelonJS вийшов у світ раніше та має більше реалізованих проектів, проте Phaser показав свою конкурентоздатність та стрімко набирає популярності, на разі він має майже вдесятеро більшу кількість відвідувань офіційної сторінки в день [9].

1. Свободная энциклопедия «Википедия». Android [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Android>
2. Офіційний портал розробників XNA - <https://msdn.microsoft.com/ruRU/games-development-msdn> – Дата доступу : 27.04.2016.
3. Офіційний сайт Construct2.- <https://www.scirra.com>. – Дата доступу : 14.05.2019.
4. Офіційний сайт Blender. - <https://www.blender.org>. - Дата доступу : 14.05.2019.
5. Офіційний сайт Easeljs - Режим доступу <http://createjs.com/easeljs>. – Дата доступу : 14.04.2019.
6. Офіційний сайт GameMaker - Режим доступу <http://www.yoyogames.com/gamemaker>. – Дата доступу : 27.04.2019
7. Офіційний сайт Unity - Режим доступу <http://unity3d.com/ru/>. – Дата доступу : 27.04.2019.
8. Портал ігрових новин - Режим доступу <http://www.3dnews.ru/games/622071>. – Дата доступу : 27.04.2019
9. Аналіз популярності веб сайтів - Режим доступу <http://compare.easycounter.com/> – Дата доступу : 27.04.2019.

УДК 514.181.6 + 514.182

Журило А. Г., к.т.н., доц., Сівак Є. М., к.т.н., доц.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ АКСОНОМЕТРІЇ БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ПРОЕКЦІЙ

Журило А. Г., Сівак Є. М. Методика побудови аксонометрії без використання вторинних проекцій.

У статті розглянуто основні положення щодо виконання аксонометричних проекцій без побудови вторинних проекцій. Пояснюються причини можливості такого моделювання, визначаються необхідні умови щодо таких побудов. Показано практичне застосування подібного моделювання, що ґрунтується на використанні комп'ютерної техніки. Наведено приклади моделювання при виконанні креслеників.

Ключові слова: аксонометрія, моделювання, вторинна проекція, еліпс, практичне застосування.

Журило А. Г., Сівак Е. М. Методика построения аксонометрии без использования вторичных проекций.

В статье рассмотрены основные положения по выполнению аксонометрических проекций без построения вторичных проекций. Объясняются причины возможности такого моделирования, определяются необходимые условия для таких построений. Показано практическое применение подобного моделирования, основанный на использовании компьютерной техники. Приведены примеры моделирования при выполнении чертежей.

Ключевые слова: аксонометрия, моделирование, вторичная проекция, эллипс, практическое применение.

Zhurilo A. G., Sivak E. M. Method of construction of axonometry without the use of secondary projections.

The article describes the main provisions for the implementation of axonometric projections without constructing secondary projections. The reasons for the possibility of such modeling are explained, the necessary conditions for such constructions are determined. The practical application of such modeling based on the use of computer technology is shown. Modeling examples are given in the execution drawings.

Key words: axonometry, modeling, secondary projection, ellipse, practical use.

Постановка проблеми. Незважаючи на широкий розвиток комп'ютерної техніки та широке застосування її для виконання креслеників, появи вже декількох поколінь програм КОМПАС, AUTOCAD та їхніх аналогів, аксонометричні проекції широко використовуються у машинобудуванні та архітектурі. Для їх опанування потрібно знати їхні властивості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання щодо точних графічних побудов має велику історичну давнину, беручи свій початок ще в роботах Архімеда, Евкліда та інших вчених. З вичерпною повнотою і строгою науковою обґрунтованістю теорія точних метричних побудов була розроблена математиком Гаспаром Монжем, який у 1795 – 1799 рр. опублікував результати своєї двадцятирічної роботи під назвою «Нарисна геометрія» [1].

Серед імен, з якими пов'язаний розвиток наукової праці в області аксонометричних проекцій, можна згадати видатних вітчизняних вчених: Н. М. Бескіна, О. О. Вольберга, Н. О. Глаголева, Є. А. Глазунова, А. І. Добрякова, Д. І. Каргіна, І. І. Котова, М. О. Риніна, С. О. Смирнова, М. Ф. Четверухіна, М. М. Юдицького [2, 3].

У даний час теорія аксонометрії розроблена докладно і висвітлена в численних працях з нарисної геометрії. Питання ж практики побудови аксонометричних зображень висвітлені в літературі недостатньо. У практиці побудови аксонометричних зображень часто виникають значні труднощі, обумовлені не тільки недостатньою підготовкою виконавця, але і складністю окремих задач, що вимагають спеціального роз'яснення [4-8].

Положення ускладнюється ще й тому, що за останні 20..30 років практично не публікувалося робіт із практики побудови аксонометричних зображень та її основних законів. Ті ж роботи, що були опубліковані раніше, у більшості випадків розглядають аксонометричні проекції, не передбачені ГОСТ 2.317 – 69 або ДСТУ ISO 5456-3:2006 [9, 10].

Невирішені частини проблеми. Метою статті є визначення можливості практичного використання аксонометричних проекцій без виконання чисельних допоміжних побудов вторинних проекцій [11, 12].

Мета дослідження.

Забезпечення впевненого використання практичного використання аксонометричних проекцій без виконання чисельних допоміжних побудов, запобігання хибних побудов на креслениках, запобігання використанню раніше невірних видів аксонометричних проекцій, отримання наочної інформації з аксонометричного кресленика.

Традиційно аксонометрію будують по ортогональній проекцій деталі. Однак далеко не завжди

для побудови аксонометрії слід використовувати традиційні аксонометричні осі і вторинні проєкції. Розглянемо можливості побудови ізометричної проєкції без використання вторинних проєкцій.

Нехай, як об'єкт, дано ортогональні проєкції конуса. Побудуємо його ізометричну проєкцію.

Позначимо на ортогональних проєкціях конуса проєкції ряду точок A, B, D, K, M і т. д., що визначають його форму.

Щоб не отримати накладення аксонометричної проєкції конуса на його ортогональні проєкції й одержати бажане розташування першої щодо останніх, перемістимо від об'єкта площину проєкцій F (аксонометричну, що задана на рисунку паралельними прямими) та Π_2 паралельно самим собі на деяку відстань.

Побудуємо аксонометричну проєкцію конуса на площині, після чого сполучимо площину F с площиною Π_2 . При цьому, щоб не змінити даного взаємного розташування ортогональних проєкцій конуса, відповідно перемістимо горизонтальну площину проєкцій Π_1 .

Від такого переміщення площин проєкцій сама аксонометрична проєкція конуса не зміниться, а тільки переміститься в потрібному напрямку.

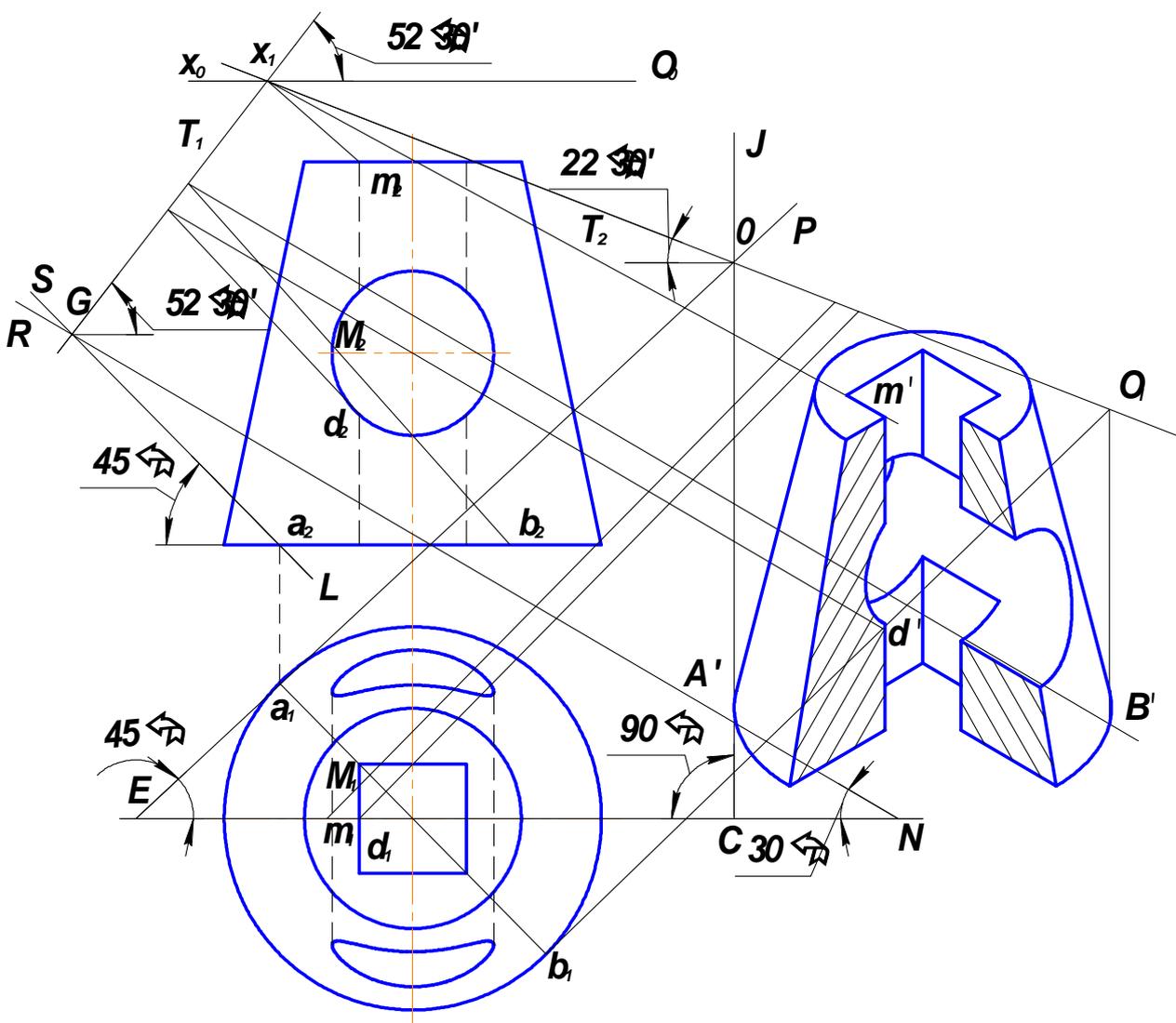


Рис. 1. Методика побудови ізометричної проєкції без використання вторинних проєкцій

У площині кресленика такому переміщенню площин буде відповідати паралельний перенос прямих T_1 і T_2 разом з віссю OX . Для визначення вигідного розташування прямих T_1 і T_2 побудову починаємо з точки конуса, аксонометрична проекція якої буде найближчою до його ортогональних проекцій. Такою точкою є в даному випадку точка $A (a_1, a_2)$, через горизонтальну проекцію a_1 якої проходить верхня дотична до контуру горизонтальної проекції конуса під кутом 45° . Через горизонтальну проекцію a_1 точки A проводимо пряму EP під кутом 45° до горизонту. Потім проводимо вертикальну пряму JS на такій відстані від ортогональних проекцій конуса, на якій бажано одержати його аксонометричну проекцію. Через точку O перетинання прямих EP і JS проводимо пряму T_2 під кутом $22^\circ 30'$ до горизонту. Далі через вертикальну проекцію a_2 точки A проводимо пряму LS під кутом 45° до горизонту. Для визначення бажаної висоти розташування аксонометричної проекції конуса стосовно його ортогональних проекцій проводимо пряму RN під кутом 30° до горизонту.

Через точку G перетину прямих LS і RN проводимо пряму T_1 під кутом $52^\circ 30'$ до горизонту. Точка x_1 знаходиться на перетинанні прямих T_1 і T_2 , а ізометричну проекцію A' точки $A (a_1, a_2)$ конуса одержуємо в перетині прямих OC і GN . Інші аксонометричні проекції точок конуса будуємо аналогічно точці A . При цьому одночасно будуємо бажані розрізи на аксонометричній проекції. Для цього намічаємо в площинах розрізу ряд точок. На рис. 1 такими є точки M і D . Можна задати необхідну кількість таких точок.

Зазначимо, що ізометричними проекціями нижньої і верхньої основ конуса будуть еліпси. Велика вісь еліпса буде, як відомо, паралельна горизонтальному сліду трикутника слідів площини аксонометричних проекцій. Тому горизонтальна проекція діаметра, що проекціюється у велику вісь еліпса, буде перпендикулярна напрямку прямих, що проходять через горизонтальні проекції кінців зазначеного діаметра, оскільки ці прямі перпендикулярні горизонтальному сліду площини. Отже, діаметром нижньої основи, що проекціюється у велику вісь еліпса, буде діаметр $AB (a_1b_1, a_2b_2)$.

У малу вісь еліпса спроекціюється діаметр нижньої основи, який є перпендикулярним до AB .

Таким же способом одержують й інші точки ізометричної проекції.

Встановлено безпосередній графічний зв'язок між аксонометричною й ортогональною проекціями точки простору для загального випадку паралельної аксонометрії.

Отриманий спосіб побудови аксонометричних проекцій об'єктів, заданих своїми ортогональними проекціями, може бути застосований до побудови будь-якого виду аксонометричних проекцій. Даний спосіб простіше існуючих для багатьох видів аксонометрії, тому що вимагає значно меншої кількості побудов і дозволяє по ортогональних проекціях точок об'єкта безпосередньо будувати їхні аксонометричні проекції, минаючи побудову вторинних проекцій.

Великим недоліком є необхідність побудови кутів з точністю до $30'$, що є складним при кресленні їх на папері. При виконанні такого виду побудов за допомогою комп'ютерних програм така проблема відпадає.

Ще одним прикладом вдалого та розповсюдженого використання аксонометрії є її побудова за зображенням окремих горизонтів у гірничій справі.

У такий спосіб зручно будувати аксонометрію, якщо як вихідний матеріал для побудови використовують погоризонтні або зведені маркшейдерські плани.

За планами, наприклад, трьох горизонтів, будують прямокутну ізометрію частини копальні, яку наведено на рис. 2.

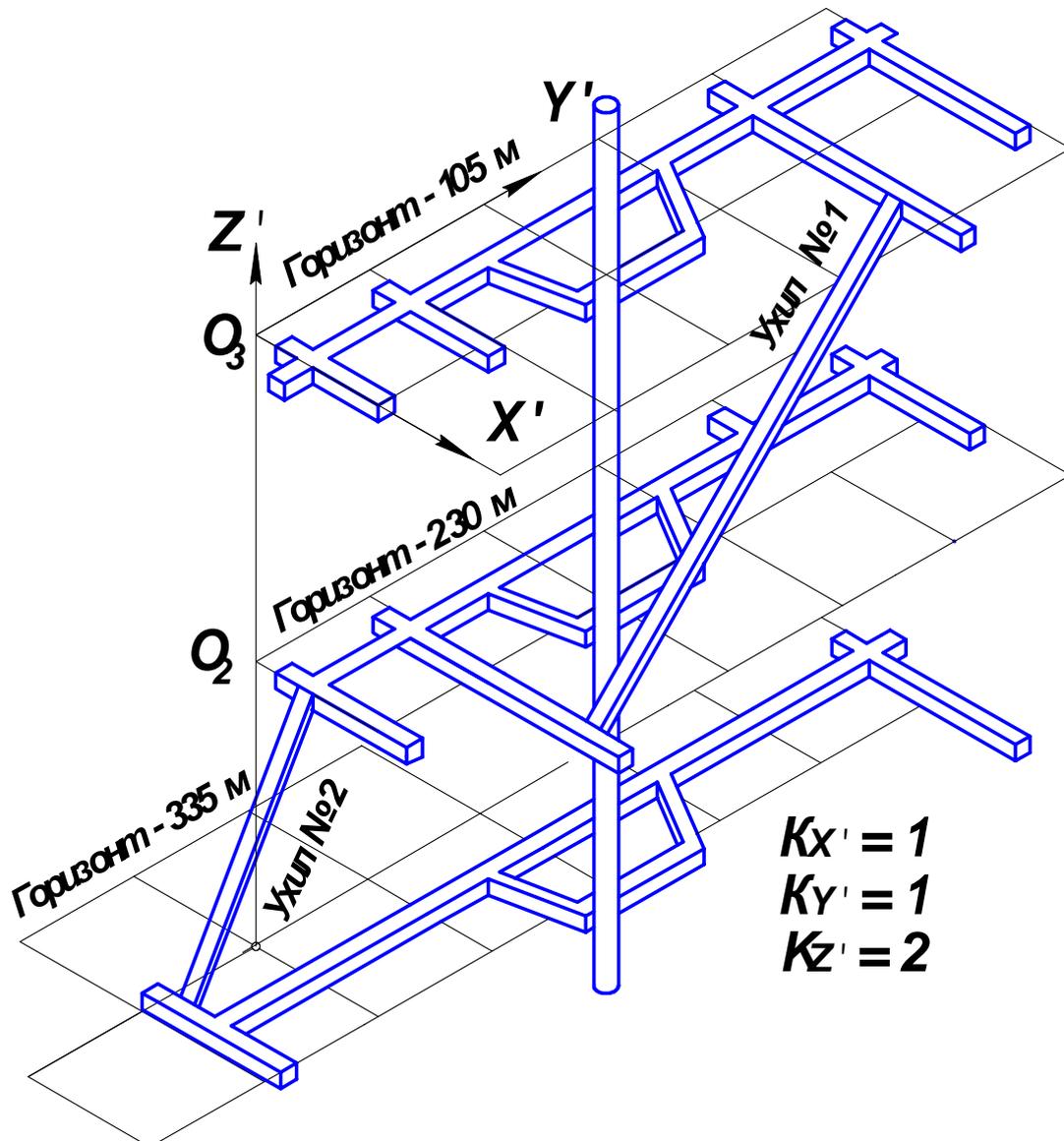


Рис. 2. Аксонометрія планів копальні

Порядок виконання побудов при кресленні таких аксонометрій наступний:

1. На планах обирають початок координат – точку O і напрямок координатних осей, загальний для всіх горизонтів. Одну з осей розташовують по головних виробках.

2. Для кожного горизонту будують аксонометричну координатну сітку з урахуванням коефіцієнтів спотворення K_X , K_Y , K_Z (рис. 2).

Якщо виявиться значне перекриття одного горизонту іншим, то масштаб по осі Z' можна збільшити, тобто штучно збільшити коефіцієнт спотворення по осі Z' . У даному прикладі $K_Z = 2$.

3. На кожному горизонті наносять контури гірничих виробок.

4. Проводять похилі і вертикальні лінії гірничих виробок, яким додають об'ємну форму.

На кресленнику обов'язково повинні бути показані: розташування аксонометричних осей, початок координат і значення коефіцієнтів спотворення.

Таким чином, аксонометрія, як і будь-який кресленик, у широкому розумінні, являє собою модель, що відбиває ту або іншу сторону предметів, явищ, процесів зовнішнього світу. Кресленик служить засобом фіксації і передачі думки. З цього погляду він є особливою мовною формою, причому такою, котра не може бути замінена мовою слів. Причина полягає в більшій конкретності кресленика, в порівнянні з поняттями, вираженими словесно. Ця властивість, крім того, дає можливість прямо обслуговувати за допомогою аксонометрії так званій довербальний (позамовний) ступінь свідомості або, простіше кажучи, сферу почуттєвого та зорового сприймання й уяви.

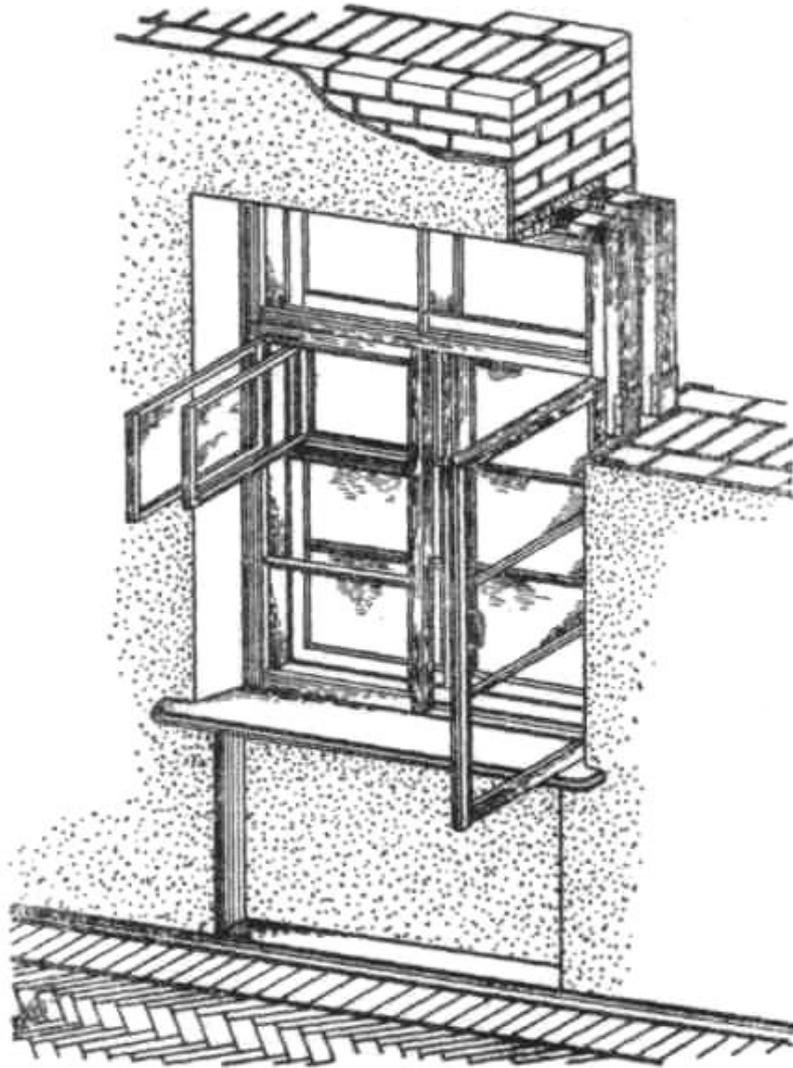


Рис. 3. Зображення віконного прорізу в косокутній ізометрії [11].

На рис. 3 наведено приклад застосування ізометрії в будівельній справі. Відносно прості форми зображуваного об'єкта дозволили подати схему розташування віконного прорізу з чіткою оцінкою товщини стіни, висоти підвіконня, місця під батарею опалення й інших елементів. Якщо спробувати це все описати словами, то такий опис може зайняти не одну сторінку тексту.

Таким чином, аксонометрія є таким могутнім наочним фактором, який куди краще слів допомагає уявити зображуваний об'єкт і зв'язати його з іншими об'єктами, показати їхній зв'язок при збереженні пропорцій, об'єму і прорисовування різних переходів тіней.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Встановлено безпосередній графічний зв'язок між аксонометричною й ортогональною проекціями точки простору для загального випадку паралельної аксонометрії. Отриманий спосіб побудови аксонометричних проекцій об'єктів, заданих своїми ортогональними проекціями, може бути застосований до побудови будь-якого виду аксонометричних проекцій. Даний спосіб простіше існуючих для багатьох видів аксонометрії, тому що

вимагає значно меншої кількості побудов і дозволяє по ортогональних проекціях точок об'єкта безпосередньо будувати їхні аксонометричні проекції, минаючи побудову вторинних проекцій.

Великим недоліком є необхідність побудови кутів з точністю до 30', що є складним при кресленні їх на папері. При виконанні такого виду побудов за допомогою комп'ютерних програм така проблема відпадає.

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебник / В. О. Гордон, М. А. Семенцов - Огиевский. – М.: Наука, 1976. – 432 с.
2. Ланюк А. В. Аксонометрические проекции: учебник / А. В. Ланюк. — М. : Гос. изд - во лит - ры по строительству и архитектуре, 1956. – 176 с.
3. Порсин Ю. Я. Аксонометрические изображения машиностроительных деталей: учебник / Ю. Я. Порсин. – М.-Л. : Машгиз, 1973. – 188 с.
4. Журило А. Г. Методика построения аксонометрических проекций тел вращения на примере изометрической проекции цилиндра / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2007. – № 11. – С. 78 – 81.
5. Журило А. Г. Методика построения аксонометрических проекций тел вращения на примере изометрической проекции конуса / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2005. – № 57. – С. 65 – 68.
6. Журило А. Г. Побудова деяких геометричних тіл у диметрії / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2008. – № 43. – С. 128 – 131.
7. Журило А. Г. Основна теорема аксонометрії – теорема Польке-Шварца та її практичне використання / А. Г. Журило, Є. М. Сівак, І. Ю. Адашевська // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2015. - №19. - С. 198-202. Видавництво Луцького національного технічного університету.
8. Журило А. Г. Построение аксонометрических изображений без вторичных проекций / А. Г. Журило, Е. М. Сивак, И. Ю. Адашевская // Сборник трудов XI Международной заочной конференции «Развитие науки в XXI веке» Харьков. — 2016. Ч. 1. Стр. 95-101.
9. ЕСКД. ГОСТ 2.317-69 Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции. М.: Издательство стандартов, 1969. – 8 с.
10. ДСТУ ISO 5456-3:2006. Кресленики технічні. Методи проєціювання. Частина 3. Аксонометричні проекції. К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
11. Журило А. Г. Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А. Г. Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХП». — 2010. - 196 с.
12. Каменев В. И. Аксонометрические проекции : Альбом чертежей / В. И. Каменев. — Москва–Свердловск : Гос. изд - во машиностроит. лит., 1946. – 72 с.
13. Журило А. Г. Деякі питання щодо креслення кіл при побудові аксонометричних проекцій / А. Г. Журило, Є. М. Сівак // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2017. - №26. - С. 93-98. Видавництво Луцького національного технічного університету.

УДК 004.89:005(045)

Кузьміна О. М. к.т.н., доцент, Яремко С. А. к.т.н., доцент
Вінницький торговельно-економічний інститут
Київського національного торговельно-економічного університету

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Кузьміна О.М., Яремко С.А. Застосування інтелектуальних інформаційних технологій для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень. Стаття присвячена актуальним питанням впровадження інтелектуальних інформаційних технологій у діяльність компаній та підприємств для підвищення ефективності бізнесу через ухвалення оптимальних управлінських рішень. У сучасних умовах економіки та високої конкурентної боротьби управління бізнесом стає аналітичним, яке не можливе без застосування інтелектуальних інформаційних технологій. Ефективним інструментальним засобом підтримки керівника стають системи підтримки прийняття рішень, засоби бізнес-аналітики та інтелектуального аналізу даних.

Ключові слова: інтелектуальні інформаційні технології, системи підтримки прийняття рішень, інтелектуальний аналіз даних, прийняття управлінських рішень, управління бізнесом.

Кузьмина Е.М., Яремко С.А. Применение интеллектуальных информационных технологий для повышения эффективности принятия управленческих решений. Статья посвящена актуальным вопросам внедрения интеллектуальных информационных технологий в деятельность компаний и предприятий для повышения эффективности бизнеса через принятие оптимальных управленческих решений. В современных условиях экономики и высокой конкурентной борьбы управление бизнесом становится аналитическим, которое не возможно без применения интеллектуальных информационных технологий. Эффективным инструментальным средством поддержки руководителя становятся системы поддержки принятия решений, средства бизнес - аналитики и интеллектуального анализа данных.

Ключевые слова: интеллектуальные информационные технологии, системы поддержки принятия решений, интеллектуальный анализ данных, принятие управленческих решений, управление бизнесом.

Kuzmina O.M., Yaremko S.A. Application of intelligent information technology to increase the efficiency of management decisions. The article is devoted to the actual issues of the introduction of intellectual information technologies into the activities of companies and enterprises in order to increase the efficiency of business through the adoption of optimal managerial decisions. In modern conditions of the economy and high competition, business management becomes analytical, which is impossible without the use of intelligent information technology. Support system - decision making, business intelligence tools and data mining intelligence are effective tools for supporting the manager.

Keywords: intellectual information technology, support systems - decision making, data mining, making managerial decisions business management.

Постановка проблеми. В теперішній час найбільший інтерес до інтелектуальних інформаційних технологій, в першу чергу, проявляють компанії та підприємства, що працюють в умовах високої конкуренції та мають чітку групу споживачів (роздрібна торгівля, фінанси, зв'язок, маркетинг). Вони використовують будь-яку можливість для підвищення ефективності власного бізнесу через ухвалення більш ефективних управлінських рішень. Ці компанії намагаються знайти зв'язок між «внутрішніми» (ціна, затребуваність продукту, компетентність персоналу тощо) і «зовнішніми» (економічні показники, конкуренція, демографія клієнтів і т.п.) факторами. Це дозволяє їм оцінити (прогнозувати) рівень продажів і задоволеності клієнтів, розмір доходів, а також сформулювати на основі сукупності всієї наявної інформації практично корисні висновки і рекомендації. Іноді віддача від застосування цих інструментів може становити сотні відсотків при порівняно невисокій вартості впровадження. При цьому результатом інтелектуального аналізу даних повинен бути такий інформаційний продукт, який дозволяє прийняти конкретне управлінське дію без надмірного «занурення» особи, яка приймає рішення (ОПР) в деталі базових даних або проміжної аналітики (наприклад, дати рекомендації по покупці / продажу на фінансовому ринку, сформулювати перелік заходів по збільшенню продуктивності або маркетингу продукту і т.п.). Причому на практиці можлива ситуація, при якій будь-яке рішення в тій чи іншій частині необхідно приймати обов'язково - питання тільки в тому, приймається воно на основі об'єктивної інформації або інтуїтивно. Зараз управління організацією, підприємством людьми стало аналітичним. Керівник компанії все більшою мірою стає аналітиком, працює з інформацією, і на її основі приймає управлінське рішення, тому застосування інтелектуальних інформаційних технологій стає ефективним інструментальним засобом підтримки бізнесу. Ці технології дозволяють підвищити ефективність управлінських процесів, які позитивно впливають на фінансовий результат.

Аналіз досліджень і публікацій. Проведений аналіз досліджень в галузі інтелектуальних інформаційних технологій показав, що цю проблематику розглядають з різних аспектів.

Башмаков А.І., Козлов А.Н., Мигас С.С., Семенов А., Смагин А.А. досліджували теоретичні та методологічні загальні засади створення та використання інтелектуальних інформаційних систем та технологій. В рамках останніх розробка та удосконалення систем підтримки прийняття рішень стали об'єктом наукових досліджень таких вчених як: Бідюк П.І., Демиденко М.А., Коршевніук Л.О., Нестеренко О.В., Савенков О.І., Ситник В.Ф.

Інша група науковців Баргесян, А. А., Загоруйко Н. Г., Замятин А.В., Захарченко П.В., Олійник А. О., Пасічник В.В., Черняк О.І., Чубукова І.А., більш зосередилась на методах та моделях інтелектуального аналізу даних.

Процеси бізнес-аналітики та прогнозування досліджували Дюк В. А., Кондрат К., Крічевський М.Л., Норвіг П., Рассел С., Ханк Д.

Не зважаючи на те, що інтелектуальні інформаційні технології використовуються вже більше півстоліття, питання їх впровадження в оптимізацію менеджменту і бізнес-процесів компаній та підприємств вимагають подальшого дослідження і є досить актуальними.

Формулювання мети дослідження (постановка завдання). Метою статті є висвітлення особливостей застосування інтелектуальних інформаційних технологій для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень в бізнесі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтелектуальні інформаційні технології представляють собою інформаційні технології, які допомагають людині прискорити синтез управлінських рішень [1,2]. Інтелектуальні інформаційні технології формуються для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень при виникненні проблемних ситуацій. У своєму розвитку інформаційні технології, що застосовуються в системі підтримки прийняття рішень пройшли наступні етапи: технологія баз даних (DB - Data Base), технологія аналітичної обробки даних в режимі on-line (OLAP - On-line Analytical Processing), технологія інтелектуального аналізу даних (DM - Data Mining), системи підтримки виконання рішень (EPSS - Electronic Performance Support Systems), мультиагентні системи (МА). Розглянемо детальніше кожен з перерахованих видів інформаційних технологій:

1. Технологія баз даних (DB - Data Base). При зростанні обсягів оброблюваних даних, при появі потреби в розробці заходів по боротьбі з швидко зростаючою витратами на їх підтримку в актуальному стані і перепрограмуванні вирішальну роль зіграли бази даних.

2. Технологія аналітичної обробки даних в режимі on-line (OLAP – On-line Analytical Processing). Потреба в новому вдосконаленні технології обробки даних в процесі прийняття рішень виникає як необхідність в такій перебудові роботи з базою даних, яка б забезпечувала отримання негайної відповіді на поставлене запитання (режим on-line) та можливість багатоаспектного аналізу даних, що зберігаються.

3. Технологія інтелектуального аналізу даних (DM - Data Mining). Поява DM- технології викликана наступними обставинами:

- тотальне застосування Web-серверів забезпечує доступ до величезного обсягу різномірної інформації, обробка якої з допомогою традиційних ІТ неможлива;
- існує необхідність у виявленні прихованих залежностей між різними факторами даних, представленими в різних формах (символьній, числовій, графічній, неструктурованій, структурованій та інш.);
- існує необхідність у виділенні з безлічі значень, прийнятих для факторів даних тих, які визначають поведінку об'єкта і впливають на його поведінку в майбутньому.

Технологія, яка отримала назву інтелектуальний аналіз даних [3,4] представляє собою керований даними процес вилучення залежностей з різномірних баз даних. У даній технології центральне місце займає автоматичне породження моделей, правил або функціональних залежностей.

Сховище даних (DWH - Data Ware House), яке увійшло в основу DM-технології - це предметно-орієнтований, інтегрований, незмінний і підтримуючий хронологію набір даних, специфічним чином організований для цілей підтримки прийняття рішень. Поєднання DWH + DM – технологій, що функціонують на основі релевантних накопичених даних функціональних залежностях і є перспективними у сфері підтримки прийняття рішень. У технологіях DWH + DM використовують в різних поєднаннях такі інструменти: нейронні мережі; генетичні алгоритми; засоби візуалізації процесів; методи породження дерев рішень; методи, засновані на правилах; методи статистичного аналізу. Відмінною новизною цих технологій є управління процесом вирішення завдань, яке носить характер управління даними.

4. Системи підтримки прийняття рішень Electronic Performance Support Systems і Integrated performance support systems (EPSS / IPSS). Створення технологій, що забезпечують не тільки пошук потрібного рішення, а й впровадження прийнятого рішення в практику управління, можливо в системах з використанням новітніх досягнень в області теорії навчання і прийняття рішень. Для цього система підтримки прийняття рішень повинна оснащуватися засобами навчання, здатними допомогти людині консультаціями, порадами, інформацією, навчанням.

5. Мультиагентні системи (МА). У зв'язку зі зростаючою складністю прийняття рішень в процесі створення розподілених систем з'явилися мультиагентні системи. Під агентом розуміють програмний модуль, який уповноважений «діяти» замість людини-експерта або особи, яка приймає рішення. МА-технології є об'єднанням об'єктно-орієнтованої технології та методів штучного інтелекту [5]. Мультиагентні системи можна також розглядати як підклас об'єктно-орієнтованих систем. Агенту (модулю) приписують такі антропоморфні властивості: переконання; бажання; задуми; зобов'язання та інші. Мультиагентний система, в якій кожен з агентів характеризується перерахованими властивостями, здатна: проявити власну ініціативу; підтримувати зв'язок з навколишнім світом, отримуючи від неї інформацію і реагуючи на неї своїми діями; посилати іншим агентам повідомлення і отримувати повідомлення у відповідь; діяти без втручання людини. Відзначимо, що важливою прикладної областю застосування МА-технологій є організація паралельних процесів в розподілених інформаційних системах, де обмін повідомленнями розглядається як обмін інформацією між агентами, що характеризується всіма перерахованими властивостями.

Таким чином, етапи розвитку інтелектуальних інформаційних технологій, як елемента управління економікою країни, тісно пов'язані зі змінами, що відбуваються в різних областях їх застосування, де інформаційні технології виступають інструментальним засобом підтримки бізнесу. Зростання і диференціація попиту на всі види інформації, в тому числі наукову, технічну і, більшою мірою, економічну, а також підвищення вимог до її змісту і формам уявлення, є чільним стимулом розвитку інтелектуальних інформаційних технологій. У різні періоди і епохи, які переживали організації і суспільство в цілому, управління змінювалося. Зараз управління організацією, підприємством людьми стало аналітичним. Керівник все більшою мірою стає аналітиком, працює з інформацією, і на її основі приймає рішення. Є величезна кількість різних сфер в бізнесі, де важливо приймати правильні рішення. І ці рішення він приймає, перш за все, на основі аналізу інформації. Тому дуже важливо забезпечити керівника інструментарієм, який би дозволяв йому швидко вивчати інформаційні потоки, і отримувати об'єктивні знання. Такі інструменти і методи роботи існують у багатьох необхідних для управлінських рішень областях: фінанси, маркетинг, реклама, дистрибуція товарів, послуг і т.д. У сфері управління бізнесом занадто багато аспектів, факторів, вони динамічні та мають бути враховані. Тому, ефективною допомогою керівнику стають системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Слід зазначити, що на сьогоднішній день СППР широко застосовується як у всьому світі, так і на просторах СНД, однак системам цього типу поки ще не приділяється належна увага.

Основу СППР складає комплекс взаємопов'язаних моделей з відповідною інформаційною підтримкою дослідження, експертні та інтелектуальні системи, які включають досвід вирішення завдань управління і забезпечують участь колективу експертів в процесі вироблення раціональних рішень [6,7].

СППР - комп'ютерна інформаційна система, яка використовується для підтримки різних видів діяльності при прийнятті рішення в ситуаціях, де неможливо або небажано мати автоматичні системи, які повністю виконують весь процес прийняття рішення. СППР не замінює особу, яка приймає рішення (ОПР), але автоматизує процес прийняття рішення і надає допомогу ОПР в ході вирішення поставленого завдання [8-10]. Істотними концепціями визначення СППР є:

- комп'ютерна інтерактивна (тобто така, яка не обумовлює обов'язкового безпосереднього використання ОПР системи підтримки прийняття рішень);
- підтримка прийняття рішень (рішення приймає людина);
- слабоструктуровані і неструктуровані проблеми (саме такими проблемами займаються керівники).

Розглянемо класифікацію завдань на слабоструктуровані, неструктуровані та структуровані. Неструктуровані завдання мають тільки якісне опис, засноване на судженнях ОПР, кількісні залежності між основними характеристиками завдання не відомі. Структуровані завдання

характеризуються істотними залежностями, які можуть бути виражені кількісно. Слабоструктуровані завдання займають проміжне положення і є такими, які поєднують кількісні та якісні залежності, причому маловідомі і невизначені сторони завдання мають тенденцію домінувати.

Можна виділити три компонента, що становлять основу класичної структури СППР, якими вона відрізняється від інших типів інформаційних систем: підсистему інтерфейсу користувача, підсистему управління базою даних і підсистему управління базою моделей. Якщо подивитися на СППР з функціонального боку, можна виділити наступні її компоненти [11-12]: сервер сховища даних; інструментарій OLAP; інструментарій Data Mining. Ці компоненти СППР беруть участь у вирішенні основних завдань: накопичення даних і їх моделювання на концептуальному рівні, ефективного завантаження даних з декількох незалежних джерел і аналізу даних. На сьогодні, використання оперативної аналітичної обробки (систем OLAP) обмежується забезпеченням доступу до багатовимірних даних. Технологія Data Mining представляє в СППР найбільший інтерес, оскільки з її допомогою можна провести найбільш глибокий і всебічний аналіз даних і, отже, приймати найбільш виважені і обгрунтовані рішення. Нижче наведено класифікацію СППР [12]:

- орієнтовані на дані (Data-driven DSS, Data-oriented DSS);
- орієнтовані на моделі (Model-driven DSS);
- орієнтовані на знання (Knowledge-driven DSS);
- орієнтовані на документи (Document-driven DSS);
- орієнтовані на комунікації і групі СППР (Communications-Driven? Group DSS);
- інтер-організовані та інтра-організовані СППР (Inter-Organizational або Intra-Organizational DSS);
- специфічно функціональні СППР або СППР загального призначення (Function-Specific або General Purpose DSS);
- на базі Web (Web-Based DSS).

Виділяють два основних їх типи СППР залежно від даних, з якими вони працюють: EIS і DSS. EIS (Execution Information System) - інформаційна система Керівництва (ІСК). СППР цього типу є оперативними, призначеними для негайного реагування на поточну ситуацію. У більшості вони орієнтовані на непідготовленого користувача, тому мають спрощений інтерфейс, базовий набір пропонованих можливостей, фіксовані форми подання інформації та перелік вирішуваних завдань. Такі системи засновані на типових запитах, число яких відносно невелика; звіти, отримані в результаті таких запитів, представляються в максимально зручному вигляді. До систем типу DSS (Decision Support System) відносять багатофункціональні системи аналізу та дослідження даних. Вони передбачають глибоке опрацювання даних, яке можна використовувати в процесі ухвалення рішень. Системи цього типу, на відміну від EIS, розраховані на користувачів, що мають як знання в предметній області, так і можливості використання сучасних комп'ютерних технологій. Цим системам властиві риси штучного інтелекту, за рахунок можливості опрацювання вихідних даних в конкретні висновки до поставленої задачі. Такі системи має сенс створювати, якщо є підстави для узагальнення і аналізу даних і процесів їх обробки. СППР типу DSS представляють великий інтерес. Системи цього типу іноді називають динамічними, тобто вони мають бути орієнтовані на обробку несподіваних запитів (ad hoc). Підтримка прийняття рішень на основі накопичених даних може виконуватися в трьох базових областях [1,12].

1. Деталізовані дані (OLTP-системи). Метою більшості таких систем є пошук інформації, це так звані інформаційно-пошукові системи. Вони можуть використовуватися як надбудови над системами обробки даних або як сховища даних.

2. Агреговані показники (OLAP-системи). Завданнями OLAP систем є узагальнення, агрегація, гіперкубічного подання інформації та багатовимірний аналіз. Це можуть бути багатовимірні СУБД або ж реляційні бази з попередньої агрегацією даних.

3. Закономірності (Data Mining).

Загальна схема підтримки прийняття рішень, включає:

- допомогу ОПР при оцінці стану керованої системи та впливів на неї; виявлення переваг ОПР;
- генерацію можливих рішень;
- оцінку можливих альтернатив, виходячи з вподобань ОПР;
- аналіз наслідків прийнятих рішень та вибір кращого з точки зору ОПР.

Сучасне середовище бізнесу змушує компанії подвоїти зусилля щодо підвищення ефективності процесів, які позитивно впливають на фінансовий результат. Сучасні інтелектуальні технології дають

можливість набагато швидше реагувати на бізнес-події і за рахунок цього усунути вузькі місця в процесі прийняття рішень. Простий автоматизації бізнес-процесів, як це робилося протягом багатьох років, сьогодні вже недостатньо. Організації, які дивляться в майбутнє, розуміють, що отримання аналітичної інформації про такі процеси дозволить управляти бізнесом та ІТ - інвестиціями, домагаючись скорочення витрат і підвищення окупності інвестицій. Завдяки багаторічному технологічному вдосконаленню в області інтеграції додатків і серверів, бізнес-правил і технологічних процесів, засобів бізнес аналітики і програмного забезпечення управління процесами з'явилася технічна та економічна можливість безперервного моніторингу бізнес-процесів. Поняття «бізнес-процесу», який визначається як набір взаємопов'язаних завдань та охоплює кілька підрозділів підприємства, повинен знаходитись у центрі уваги керівника підприємства, тому що саме він дозволяє підвищувати цінність бізнесу, як на екстенсивному, так і на інтенсивному шляху розвитку. Управління підприємством пов'яже три найважливіших рівні - стратегічний, тактичний і оперативний - з вимогами до інформації та користувачам, що дозволяє синхронізувати зусилля для досягнення спільних цілей. На стратегічному рівні топ-менеджмент визначає стратегії і цілі. На тактичному рівні керівники бізнес-підрозділів визначають напрями розвитку організаційних одиниць з тим, щоб на оперативному рівні окремі співробітники виконували потрібні операції. Головна мета більшості великих підприємств - здатність застосовувати принципи ефективного управління до щоденних операцій для оптимізації загальної ефективності діяльності, постійного підвищення якості та визначення вартості матеріальних і нематеріальних активів. Сьогодні економіка та бізнес-процеси не можуть повноцінно функціонувати без інтелектуальних інформаційних технологій, які стають визначальними факторами конкурентних переваг на ринку.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Дані технології дають змогу здійснювати не тільки оперативний аналіз даних, а й формувати ймовірні сценарії розвитку бізнес-процесів та визначати прогноз на майбутнє. Результатом продуктивної дії «людина – інтелектуальна інформаційна технологія» має стати ефективне управлінське рішення, яке підпорядковане визначеним цілям (загальним та специфічним). Завдяки багаторічному технологічному вдосконаленню в області інтеграції додатків і серверів, бізнес-правил і технологічних процесів, засобів бізнес аналітики і програмного забезпечення управління процесами з'явилася технічна та економічна можливість оптимального управління бізнес-процесами.

Застосування інтелектуальних інформаційних технологій в компаніях та підприємствах уможливило комплексне поєднання аналітичних методів, інтеграційних моделей та управлінських навичок керівника.

Аналізуючи тенденції та перспективи впровадження інтелектуальних технологій у бізнесі аналітики вважають, що відсутність готовності до впровадження таких технологій у бізнес-процеси та відповідних планів на їх удосконалення за допомогою інновацій знизить загальні можливості і перспективи на ринку багатьох компаній.

Станом на початок 2019 року тільки у США більше 38% підприємств уже завершили підготовку пілотних проектів із запуску інтелектуальних технологій у тій чи іншій формі, і більше 50% повідомили, що матимуть повноцінний план з їх реалізації у бізнесі до кінця поточного року.

Найбільшим попитом користуються універсальні інтелектуальні платформи й додатки, заточені на аналітичні функції, фінансове прогнозування та автоматизацію процесів обробки запитів і вимог клієнтів.

До слова, ще у 2016 році, згідно з результатами опитування підприємців різних форм і напрямків бізнесу, 80% західних компаній уже тоді успішно використовували чат-ботів. При цьому лише мала частина з них планувала впровадити інтелектуального помічника тільки до 2020 року, але ефективність технології змусила зробити це значно раніше.

Станом на сьогодні можливості інтелектуальних технологій настільки вдосконалилися, ставши при цьому доступнішими та зрозумілішими для бізнесу, що ігнорування даного аспекту розвитку призведе до вкрай сумних наслідків на фоні зростаючої конкуренції, запевняють експерти. В цілому ж, відносна нестача інвестицій в інтелектуальні технології у деяких галузях і напрямках більше пов'язана з відсутністю знань про можливості технології приносити реальний прибуток. Чим раніше компанії здійснять стрибок, тим швидше зможуть оцінити переваги навіть простих систем інтелектуальних технологій й використовувати їх з максимальною вигодою та користю.

Чимало керівників підприємств у найрізноманітніших галузях уже не перший рік знайомі з можливостями та ризиками застосування інтелектуальних технологій в бізнесі, і добре розуміють,

наскільки радикально інновації можуть трансформувати будь-які бізнес-процеси. Прийняття та розгортання штучного інтелекту в усьому світі прискориться у разі в поточному році, і до цього потрібно готуватися, аби залишитися на плаву.

1. Чубукова И.А. Основы информационных технологий. Data Mining. 2-е изд.испр. Москва: Изд-во: НОУ «Интуит», 2016. 471 с.
2. Кричевский М.Л. Интеллектуальные методы в менеджменте. Санкт-Петербург: «Питер», 2005. 304 с.
3. Черняк О.І., Захарченко П.В. Интеллектуальный анализ данных. К.: Знання, 2014. 599 с.
4. Баргесян, А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В., Холод И. И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. Санкт-Петербург: «БХЗ-Петербург», 2009. 336 с.
5. Олійник А. О., Олійник О. О., Субботін С. О. Интеллектуальный анализ данных : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. 278 с.
6. Замятин А.В. Интеллектуальный анализ данных: учебное пособие. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. 120 с.
7. Козлов А.Н. Интеллектуальные информационные системы : учебник. Пермь: Изд-во «ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА», 2013. 278 с.
8. Смагин А.А., Липатова С. В., Мельниченко А. С. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. Ульяновск : УлГУ, 2010. 136 с.
9. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: навчальний посібник К.:КНЕУ, 2003. 614с.
10. Бідюк П.І., Коршевнок Л.О. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень: навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2010. 340с.
11. Нестеренко О.В., Савенков О.І., Фаловський О.О. Интеллектуальні системи підтримки прийняття рішень: навчальний посібник. К.: Національна академія управління, 2016. 188с.
12. Демиденко М.А. Системи підтримки прийняття рішень: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2016. 104 с.

УДК 621.3

Lavrenchuk S., Kostiuchko S., Vozniak A., Bulik A.
Lutsk National Technical University

MODERN TRENDS AND METHODOLOGY OF PERSONAL DATA PROTECTION BY RASPBERRY PI MEANS

Лавренчук С., Костючко С., Возняк А., Булік А. Сучасні тенденції та методологія захисту персональних даних засобами RASPBERRY PI. У даній статті досліджено аспекти розвитку процедури захисту інформації на базі розробки програмного забезпечення. В процесі розробки за основу береться платформа RASPBERRY PI та система Raspbian. Розглянуто основні вразливі місця та можливості впливу сторонніми засобами на керування досліджуваного об'єкту, як приклад «розумний дім».

Ключові слова: Raspberry PI, розумний дім, захист інформації, Raspbian.

Лавренчук С., Костючко С., Возняк А., Булік А. Современные тенденции и методология защиты персональных данных средствами RASPBERRY PI. В данной статье исследованы аспекты развития процедуры защиты информации на базе разработки программного обеспечения. В процессе разработки за основу берется платформа RASPBERRY PI и система Raspbian. Рассмотрены основные уязвимые места и возможности влияния сторонними средствами управления исследуемого объекта, как пример «умный дом».

Ключевые слова: Raspberry PI, умный дом, защита информации, Raspbian.

Lavrenchuk S., Kostiuchko S., Vozniak A., Bulik A. Modern trends and methodology of personal data protection by RASPBERRY PI means. In this article, the aspects of the development of information security procedures based on software development are investigated. The RASPBERRY PI platform and Raspbian system are based on the development process. The main vulnerable places and possibilities of external influence on the management of the investigated object, such as the "smart home", are considered.

Key words: Raspberry PI, Clever House, Information Protection, Raspbian.

Introduction

Modern IoT technologies are so rapidly integrated into our everyday lives that no one is surprised by the smart home system. However, not everything is as simple as it may seem at first glance: despite the widespread popularity of smart home systems, there was still no unified solution that would allow the management of devices (complex components) from different manufacturers.

One of these things is Raspberry PI, whose scope is wide enough. This device is not very powerful, but it is a fully-fledged computer. At home, the Raspberry PI device is used for various purposes: creating a home media server; as a storage server; as a "think tank" for automated machines or robots; as the home automation server "smart home".

An analysis of current market trends.

In the Ukrainian market for systems "smart home", mainly use foreign-development. Most of the major global IT developers offer consumers a wide range of products designed to create a "smart home" system. Basically it's the leading companies like ABB, MERTEN, GIRA, JUNG, SIEMENS (all-Germany), AMX Corporations, CRYDOM, DALLAS SEMICONDUCTOR, LUTRON, HONEYWEL (all-US), Philips (Holland) and many more. In particular, AMX and Crestron touch panels are used to control audio and video equipment.

The GlobalLogic developer team has developed its software, the Gateway SDK (software development kit), which provides the smart home complex components management. GL SmartHome Cloud Solution supports 55 devices and their number is constantly increasing. Among the local devices are Philips colored lamps, Honeywell thermostat, Nest camera and others. The article suggests using Amazon Web Services, an innovative hardware platform (ARM Cortex: Qualcomm Dragonboard 410, x86-64: Any) and IoT connection stacks. Remote access of the user to interconnected devices of a smart home is through such wireless interfaces as Z-Wave, Zigbee and Wi-Fi protocols.

Fundamentals of modeling and programming "smart home".

This article focuses on using Wi-Fi modules that are managed by MQTT:

- Sonoff World On relay;
- Wireless switch Sonoff Light;
- Sonoff AM2301 temperature sensors.

These components connect to a special openHAB service that implements a single bus, thus allowing all devices with different protocols to be joined to a single network.

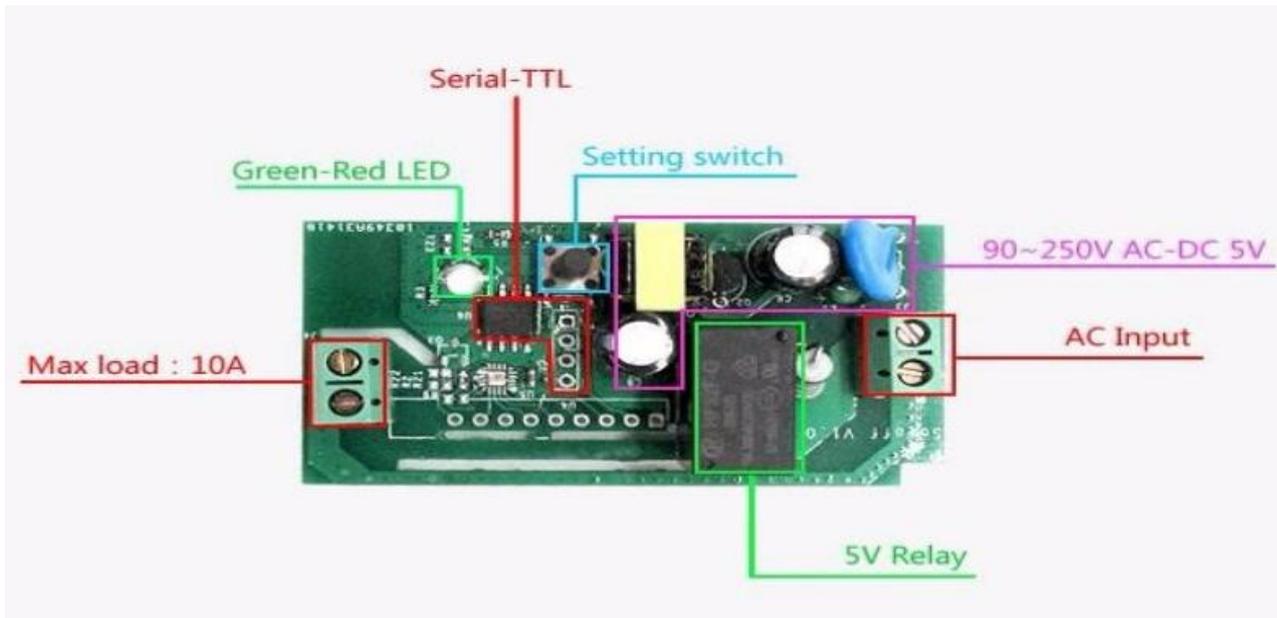


Figure 1 - Sonoff relay

Basic relay firmware does not allow to use all functions so it needs to be sewn. With the ESP32 Flash Download Tool and the USB-UART adapter, connect to the Serial-TTL contacts and install our own firmware. Below is a snippet of the relay re-connection function to the network.

```
...// Re-connect function for the relay
void reconnect() {
  // reconnection cycle
  while (!client.connected()) {
    // trying to connect
    if (client.connect("relay02")) {
      // post the connection, publish the status
      client.publish("relay02/state", "ON LINE");
      String ipaddress = WiFi.localIP().toString();
      char ipchar[ipaddress.length()+1];
      ipaddress.toCharArray(ipchar, ipaddress.length()+1);
      client.publish("relay02/ip_address", ipchar, true);
      // reprint
      client.subscribe("relay02/switch");
      client.subscribe("relay02/switchstate");
    } else {
      delay(5000);
    }
  }
}
}...
```

The openHAB service installs a Cloud Connector extension that lets you connect an Android app to the home control panel.

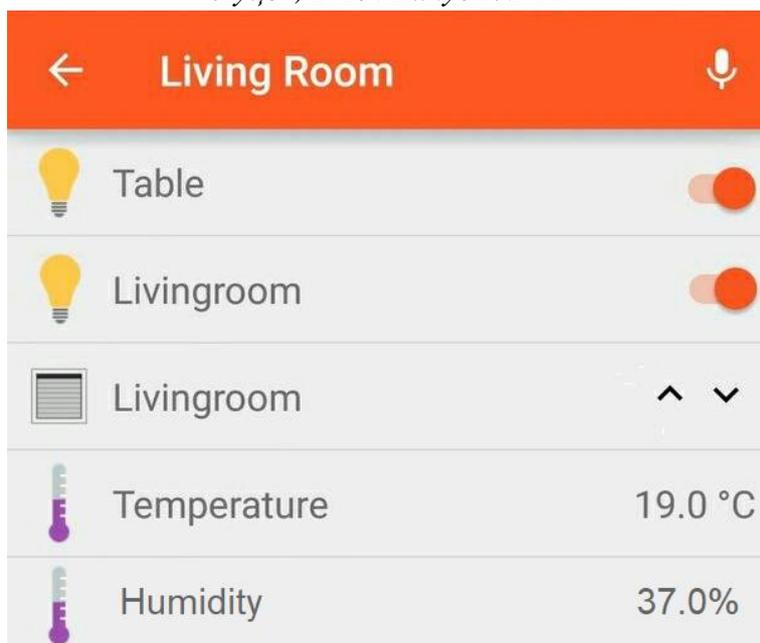


Figure 2 - Android openHAB application

Personal data protection methodology.

When using the system of "smart home" it is mandatory to use modern information and technical means. Unfortunately, the latest technology also needs new approaches in protecting personal data and ensuring the integrity of the system. In order to protect themselves from attacks from the side of the intruders, it is necessary to clearly imagine from which side to wait for the invasion and how they are happening. The next stage of the project is the development of a system that allows PCs remote control by Raspberry PI means.

The project uses the Raspberry PI Zero W single-board microcomputer, an Ethernet to USB adapter, an OTG cable, a microSD card and an adapter for a microSD card.

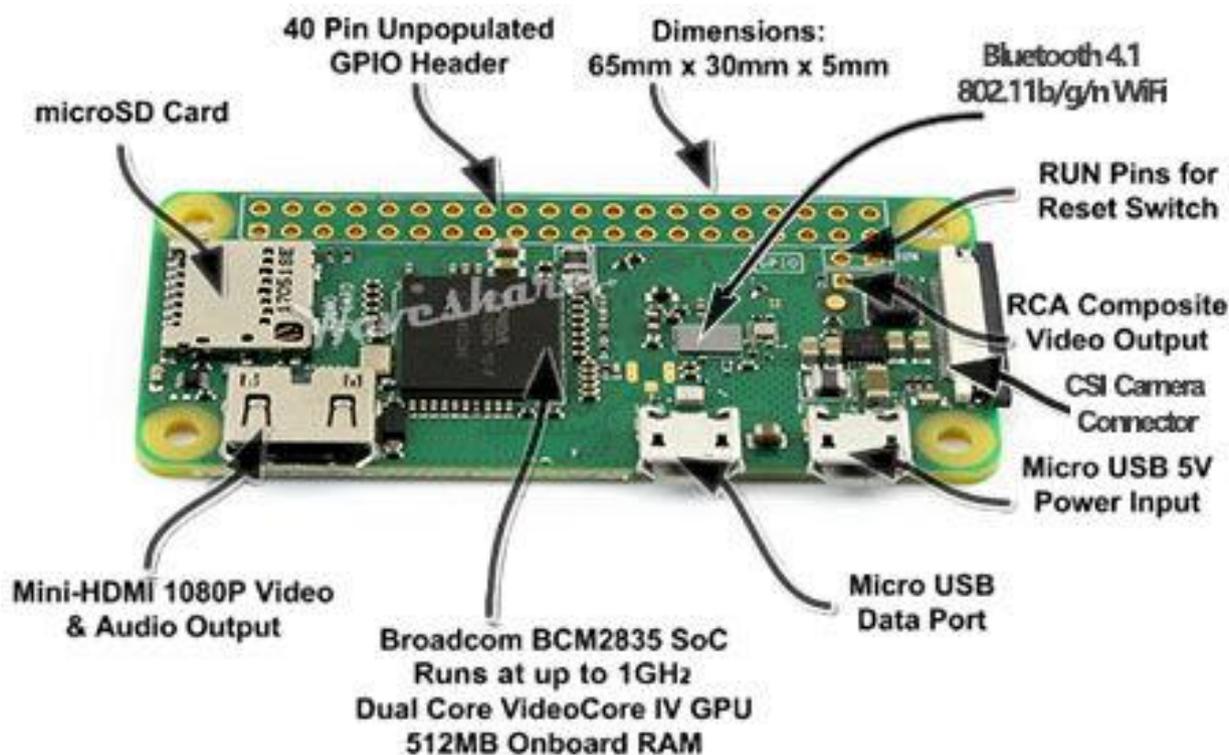


Figure 3 - Mini PC Raspberry PI Zero W

Characteristics:

- SoC - Broadcom BCM2837;
- CPU - Single Core ARM11 @ 1Ghz;
- GPU - Broadcom VedioCore IV;
- RAM - 512MB LPDDR2;
- ROM - MicroSD;
- Wi-Fi - 802.11n (chip BCM43438);
- Bluetooth - Bluetooth 4.1, Bluetooth LE;
- Connectors - microUSB OTG x 1, GPIO (40-pin), mini-HDMI, CSI.

Installing and configuring software procedure.

As for the software part, Raspbian firmware will be needed. It can be downloaded from the official raspberrypi.org website.

The next step is installing the Raspbian firmware, using the win32diskimager program, as well as creating the ssh file at the root of the flash drive. After installing the firmware, a flash drive is inserted into the Raspberry itself. Next step, the Ethernet cable is inserted into the adapter, and the adapter itself connects through the OTG cable to the healed mini-computer.

Using the ip scanner, Raspberry is searched on the network. In next step opens Putty, connects to this ip address, and inputs data for authorization.

After authorization, Wi-Fi is configured:

```
sudo iwlist wlan0 scan – scans Wi-Fi network;
```

sudo nano /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf – opens the configuration file wpa-suplicant in the nano editor;

at the bottom of the wpa-suplicant file is given:

```
network={  
    ssid="name_network"  
    psk="password"  
}
```

In next step the HID-Backdoor "P4wnP1" is installed and configured.

After installing Backdoor, the device restarts with the command "sudo shutdown now", as well as disconnects all cables currently connected to Raspberry. Then device connects to the computer using a USB cable, and the full load of Raspberry data takes about 2 minutes. From the attacking computer we connected to the newly created Wi-Fi network "P4wnP1". Through ssh the connection to the Raspberry itself is carried out and the authorization process is carried out. Next, the line "network_only" is commented on and the comment is taken from the line "hid_backdoor", the device restarts.

The functionality is virtually limitless, it is a remote Wi-Fi access from the Raspberry device. The computer with unauthorized access is connected to Raspberry via a USB cable. Through Wi-Fi, there is a connection between Raspberry and the attacking computer that sends the commands to Raspberry, which sends the commands to the attacked computer.

Conclusions.

The system under consideration is widely used. It has high performance and different applications. The demonstrated penetration method allows the user to explore the possibilities of protection and to develop methods that will prevent them. It also provides an opportunity to explore the disadvantages of the Raspberry PI and optimize the «smart home» system, which will provide the comfort and security of the average user.

The Raspberry Pi is truly one of the greatest inventions today. With such a tiny device, great things can be achieved.

1. Raspberry Pi, 2013. Downloads: New Out of Box Software. [Online] Available at: <http://www.raspberrypi.org/downloads> [Accessed 20 May 2013].
2. Raspberry Pi, 2013. FAQs. [Online] Available at: <http://www.raspberrypi.org/faqs> [Accessed 14 April 2013].
3. The MathWorks Inc., 2013. Raspberry Pi Hardware. [Online] Available at: <http://www.mathworks.co.uk/help/simulink/raspberry-pi.html> [Accessed 15 May 2013].
4. Upton, E. & Halfacree, G., 2012. Raspberry Pi: User Guide. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd.
5. Hsu, J.Y., 2002. Computer Logic Design: Design Principles and Applications. New York, USA: Springer.
6. Pressman, R.S., 2010. Software Engineering – A Practioner's Approach. 7th ed. New York: McGraw-Hill.

7. Skrobanski, S. et al., 2012. Advances in Intelligent Data Analysis XI. In Hollmen, J., Klawonn, F. & Tucker, A., eds. 11th International Symposium, Intelligent Data Analysis. Helsinki, Finland, 2012. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
8. Olmon, C. & Breckon, T., 2011. Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in MATLAB. 1st ed. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd.
9. Sommerville, I., 2001. Software Engineering. 6th ed. Essex, England: Pearson Education Limited.
10. Yager, R.R., 2008. Uncertainty and Intelligent Information Systems. 1st ed. Toh Tuck Link, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
11. Agarwal, B.B. & Tayal, S.P., 2007. Software Engineering. 1st ed. New Delhi, India: Laxmi Publications Pvt. Ltd.

УДК 004.932

Лавренчук С.В., Коцюба А.Ю., Шостак М.С.
Луцький національний технічний університет

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ QR-КОДІВ ТА АЛГОРИТМИ ЇХ ГЕНЕРУВАННЯ

Лавренчук С.В., Коцюба А.Ю., Шостак М.С. Сучасні тенденції в розвитку технологій QR-кодів та алгоритми їх генерування. У статті розглянуто останні тенденції в розвитку QR-кодів, зокрема проаналізовано деякі QR CMS. Детально розглянуто алгоритм зчитування QR-коду, наведено приклад використання бібліотеки DelphiZXIngQRCode.

Ключові слова: QR-код, QR-генератор, алгоритм зчитування QR-коду, QR CMS, ZXIng.

Лавренчук С.В., Коцюба А.Ю., Шостак М.С. Современные тенденции в развитии технологий QR-кодов и алгоритмы их генерации. В статье рассмотрены последние тенденции в развитии QR-кодов, в частности проанализированы некоторые QR CMS. Подробно рассмотрен алгоритм считывания QR-кода, приведен пример использования библиотеки DelphiZXIngQRCode..

Ключевые слова: QR-код, QR-генератор, алгоритм считывания QR-кода, QR CMS, ZXIng.

Lavrenchuk S.V., Kotsyuba A.Yu., Shostak M.S. Current trends in the development of QR code technologies and their generation algorithms. The article describes the latest trends in the development of QR codes, in particular, some QR CMS have been analyzed. The algorithm for reading a QR code is described in detail, an example of using the DelphiZXIngQRCode library is given.

Keywords: QR-code, QR-generator, QR-code reading algorithm, QR CMS, ZXIng.

Постановка проблеми. Qr-коди (від англ. Quick Response – швидка відповідь) вперше з'явилися в Японії і набули широкого застосування як легкий спосіб швидкої передачі інформації до мобільного пристрою. Вони можуть зберігати відносно великі об'єми даних: нагадування, телефонні номери, текстові повідомлення, електронну адресу, посилання на сайт, описи продукції тощо. Так як смартфони та інші мобільні гаджети зараз дуже популярні, особливо серед молоді, то й QR-коди застосовуються все частіше в різних сферах, зокрема в маркетингу, логістиці, туризмі, банківській діяльності. Їх можна застосовувати як альтернативу штрих-кодам при автоматизації роботи магазинів та складів; як рекламу на упаковках, вітринах, дошках оголошень, вивісках, буклетах; для зберігання розповсюдження візиток в електронному форматі, а також для відстеження продукції та ідентифікування товарів. Сучасний бізнес здебільшого використовує динамічні Qr-коди (відомі ще як «живі»). Вони вирізняються тим, що інформацію, на яку веде закодоване посилання, можна відредагувати без втручання в сам код. Після сканування динамічний код перенаправляє користувача на сервер, який в свою чергу на основі даних, що зберігаються в базі даних, перенаправить його на сторінку з потрібною інформацією. На відміну від динамічних, статичні Qr-коди зберігають лише корисну інформацію безпосередньо в текстовому вигляді, або ведуть на веб-сторінку без перенаправлення через вторинні посилання. Статичні коди добре підходять для незмінної інформації, для їх створення не потрібні особливі технологічні засоби, а тому вони здебільшого використовуються безкоштовно. Динамічні ж коди потребують серверів, через які відбувається їх обробка (створення, зберігання, управління та відстеження, збір статистичних даних тощо). Чим більше функцій містить система управління динамічними кодами, тим вищі вимоги до сервера, а відповідно і вартість використання такої системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Є досить багато інформації про Qr-коди в мережі інтернет, зокрема технічна документація [1], на сайтах банків розміщено інформацію по можливості використання Qr-кодів при оплаті різних видів послуг [2], зокрема на сайті Приватбанку зазначено, що Qr-код можна використовувати як альтернативу POS-терміналу, цей банк також безкоштовно формує та друкує плакати з реквізитами платежів. Питанням використання QR-кодування в Україні присвячена робота Христини Засядної [3], дослідження концепції цифрової аутентифікації з використанням QR-коду в системі цифрової безпеки в освіті проведено в працях [4, 5]. Qr-коди також успішно використовуються в криптографії [6], медицині [7], маркетингу [8], бібліотеках, зокрема й у онлайн-енциклопедії Вікіпедії [9]

Новим видом бізнесу стало створення QR CMS – систем управління QR кодами. Серед множини таких систем, що зустрічалися нам в мережі Інтернет, виділимо наступні:

- <https://creambee.ru> – комерційна система, що надає функції:
- Створення класичних QR-кодів;

- Створення динамічних QR-кодів;
- Оформлення і стилізація QR-кодів;
- Зберігання та організація QR-кодів;
- Редагування раніше створених QR-кодів;
- Аналіз статистики сканування (зчитування) QR-кодів;
- Управління QR проектами і рекламними кампаніями;
- Управління своїм профілем і користувачами.

Цей ресурс надає безкоштовний доступ до частини своїх функцій на перших 14 днів після реєстрації, тож ми спробували перевірити деякі його можливості (рис. 1)

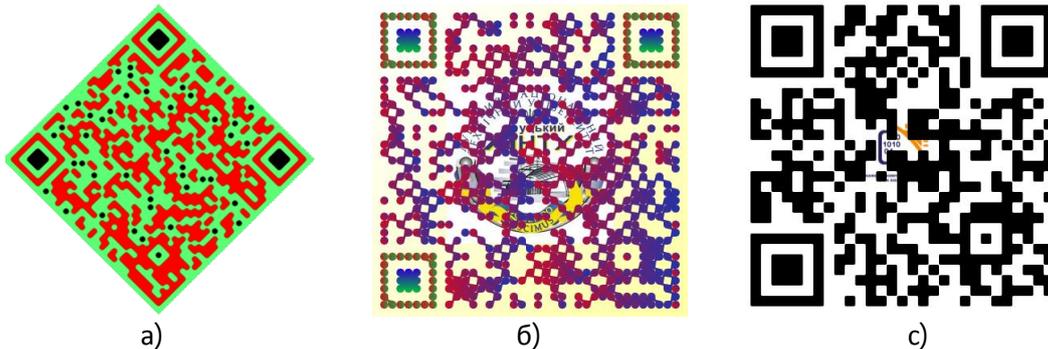


Рисунок 1 – Зразки QR-кодів, створених за допомогою Creambee

На рис. 1 (а-б) наведено приклади статичних QR-кодів, що містять посилання на сайт кафедри, а на рис. 1 (с) – динамічний QR-код, який має інформацію, що наведена на рис. 2. Аналітичні та статистичні функції платні в даного сервісу.

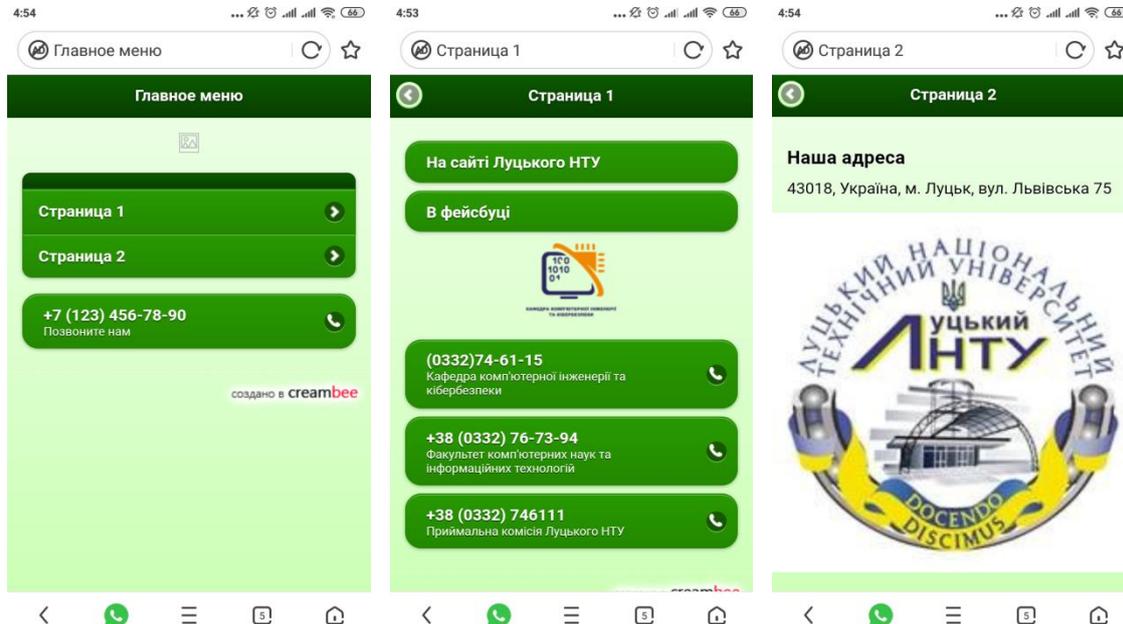


Рисунок 2 – Зразки динамічного QR-коду, створеного за допомогою Creambee

<https://www.qr-code-generator.com> – комерційна система, аналогічна попередній.

<https://qrcode.trustthisproduct.com> – міжнародний маркетинговий онлайн сервіс для виробників товарів, що надає подібні функції, що й попередній. Цей сервіс містить функції керування інформацією про продукти, генерації етикеток за зразком користувача з інкапсульованими QR-кодами, відслідкування маркетингових (стать, вік, мова) та географічних даних користувачів, що сканують коди. Згенеровані тут динамічні коди можна використовувати для зворотного зв'язку з

виробником і розповсюдження описів товарів у соціальних мережах. Сервіс також пропонує цікавий алгоритм захисту продуктів під власним брендом від підробок та фіксування за допомогою відслідкування географії фактів нелегального експорту чи імпорту продукції. Тут враховано також можливість статистичної похибки і розраховано мінімальну вибірку даних для потрібної точності.

Щодо ціни користування такими ресурсами, то вона наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Вартість користування QR CMS за рік

Ресурс	Старт	Бізнес	Преміум
https://trustthisproduct.com	0 (базові функції)	589 \$/рік	4989 \$/рік
https://creambee.ru	від 70 \$/рік	від 145 \$/рік	від 413 \$/рік
https://www.qr-code-generator.com	60 \$/рік	150 \$/рік	450 \$/рік

Виклад основного матеріалу. Розглянемо узагальнений алгоритм зчитування/створення QR-

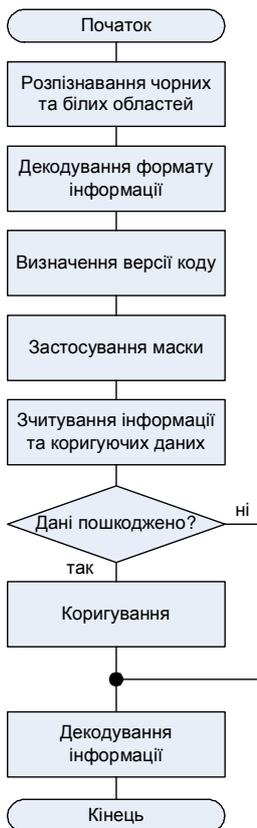


Рисунок 3 – Алгоритм розшифрування даних з QR коду

коду: дані, які необхідно закодувати, розбиваються на блоки залежно від режиму кодування. До розбитих по блоках даних додається заголовок, який вказує на режим і кількість блоків. На випадок некоректного читання даних, в QR застосовуються спеціальні коди, які здатні виправити недоліки при читанні. Це так звані коди Ріда-Соломона. Коди Ріда-Соломона (RS), які коригують помилки, записуються після всіх інформаційних даних. За стандартом, дані з RS-кодами перед записом в картинку “перемішуються”. Для цих цілей використовують спеціальні маски. Існує 8 алгоритмів, серед яких вибирається найкращий. Критерії вибору засновані на системі штрафів, про які можна також почитати в специфікації [1]. Виходячи з описаного алгоритму, можна виділити схему розшифрування даних з QR коду (рис. 3).

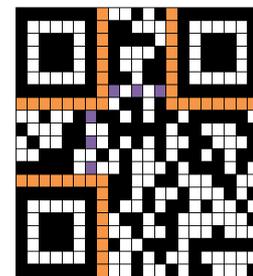


Рисунок 4 – Детектування коду

На зображеннях кодів видно кілька виразних областей. Ці області використовуються для детектування QR-коду (рис. 4). Ці дані не представляють інтерес з точки зору записаної інформації, але їх потрібно викреслити або просто запам'ятати їх розташування, щоб вони не заважали.

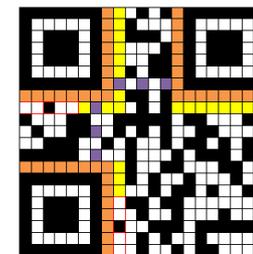


Рисунок 5 – Системна інформація на QR-коді

Все інше поле коду несе вже корисну інформацію. Її можна розбити на дві частини: системна інформація і дані. Також існує інформація про версії коду. Від версії коду залежить максимальний обсяг даних, які можуть бути записані в код [1]. Розміщення

системної інформації показано на рис. 5.

Системна інформація дублюється, що дозволяє значно знизити ймовірність виникнення помилок при детектуванні коду і зчитуванні. Системна інформація – це 15 біт даних, серед яких перші 5 – це корисна інформація, а решта 10 – це BCH-код (15, 5), який дозволяє виправляти помилки в системних даних. До класу BCH-кодів відносять і RS-коди.

Як вже говорилося, нас найбільше цікавлять перші 5 біт (рис. 6), з яких 2 біти показують рівень корекції помилок, а решта 3 біти показують яка маска з доступних 8 застосовується до даних. У розглянутому QR-коді (рис. 5) системна інформація містить 00100.

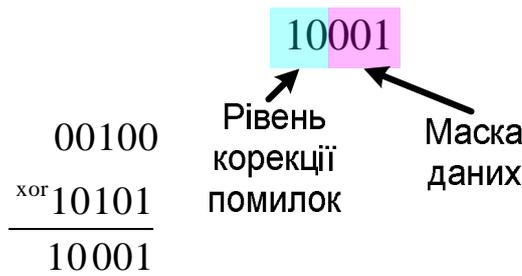


Рисунок 6 – Розшифрування системної інформації

Виходячи з [1], для нашого прикладу маємо рівень корекції помилок Н (до 30% помилок можна скоригувати), а маску $i \bmod 2 = 0$. Після накладання маски на QR-код отримаємо його у вигляді, як на рис. 7. Щоб зрозуміти з якими даними доведеться мати справу, необхідно спочатку прочитати 4-х бітний заголовок, який містить в собі інформацію про режим (рис. 8). Зчитуємо 4 біти, що описують режим, і отримуємо 8-бітний режим (0100). Перший блок після покажчика режиму – це кількість символів. Для байтного режиму кількість записана в наступних 8 бітах (рис. 9). Отже, наш QR-код містить $00000101b=5d$ пакетів інформації. На даний момент невідомо що зашифровано в ньому. Тому необхідно перейти до читання у наступних колонках для вилучення всіх блоків інформації (рис. 10).

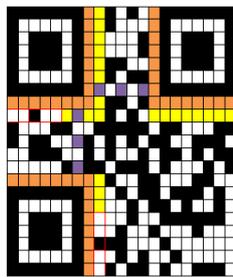


Рисунок 7 – Результат накладання маски

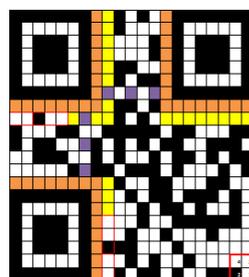


Рисунок 8 – Інформація про режим зчитування

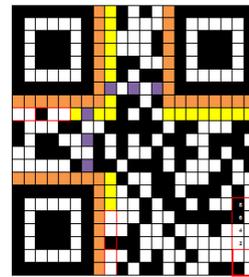


Рисунок 9 – Зчитування кількості символів

Зчитуємо інформацію: 01001011 01110011 01101101 00110100 00110001
 01001011 – 75 – K
 01110011 – 115 – s
 01101101 – 109 – m
 00110100 – 52 – 4
 00110001 – 49 – 1
 Отже, даний QR-код містить текст “Ksm41”.

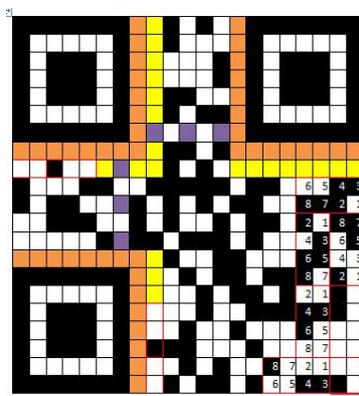


Рисунок 10 – Зчитування інформації

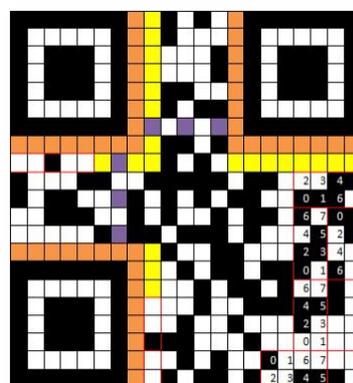


Рисунок 11 – Зчитування інформації (II спосіб)

Тут кожен темний піксель позначено як “1”, а світлий як “0” і використано порядок зчитування, представлений на рис. 10, проте існує ще інший спосіб зчитування інформації: в зворотньому

порядку зазначаємо степені числа "2" (рис. 11) і якщо клітинка зафарбована, то множимо на "1", а як ні – на "0", тобто фактично не враховуємо не зафарбовані клітинки.

З рис. 11 маємо:

$$2^6 + 2^3 + 2^1 + 2^0 = 64 + 8 + 2 + 1 = 75 \Rightarrow K$$

$$2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^1 + 2^0 = 64 + 32 + 16 + 2 + 1 = 115 \Rightarrow s$$

$$2^6 + 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^0 = 64 + 32 + 8 + 4 + 1 = 109 \Rightarrow m$$

$$2^5 + 2^4 + 2^2 = 32 + 16 + 4 = 52 \Rightarrow 4$$

$$2^5 + 2^4 + 2^0 = 32 + 16 + 1 = 49 \Rightarrow 1$$

На основі алгоритмів, подібних вищеописаному, створено чимало онлайн-ресурсів, які здатні генерувати різні QR-коди, наприклад сайт <https://qrcode.tec-it.com/ru>, який також надає QR-Code API для використання на інших сайтах. Найпоширеніші в мережі бібліотеки, що мають надійні функції роботи з QR-кодами: Libqrencode та ZXING. Для розробки програм в середовищі Delphi або C++ Builder **Han-soft** Corporation створили 2D Barcode VCL компоненти.

ZXING ("Zebra Crossing") – відкрита, багатоформатна бібліотекою обробки штрих-кодів та QR-кодів, реалізована засобами мови Java, проте має порти на інші мови програмування. На основі цієї бібліотеки розроблено немало інших, таких як: ZBAR library, QRCodeReaderView, QRGen, тощо.

Ми вирішили розробити додаток в середовищі Rad Studio 10.3 для генерування QR-кодів з використанням ZXING, тому за основу взяли бібліотеку DelphiZXingQRCode, uml-діаграма якої наведена на рис. 12.

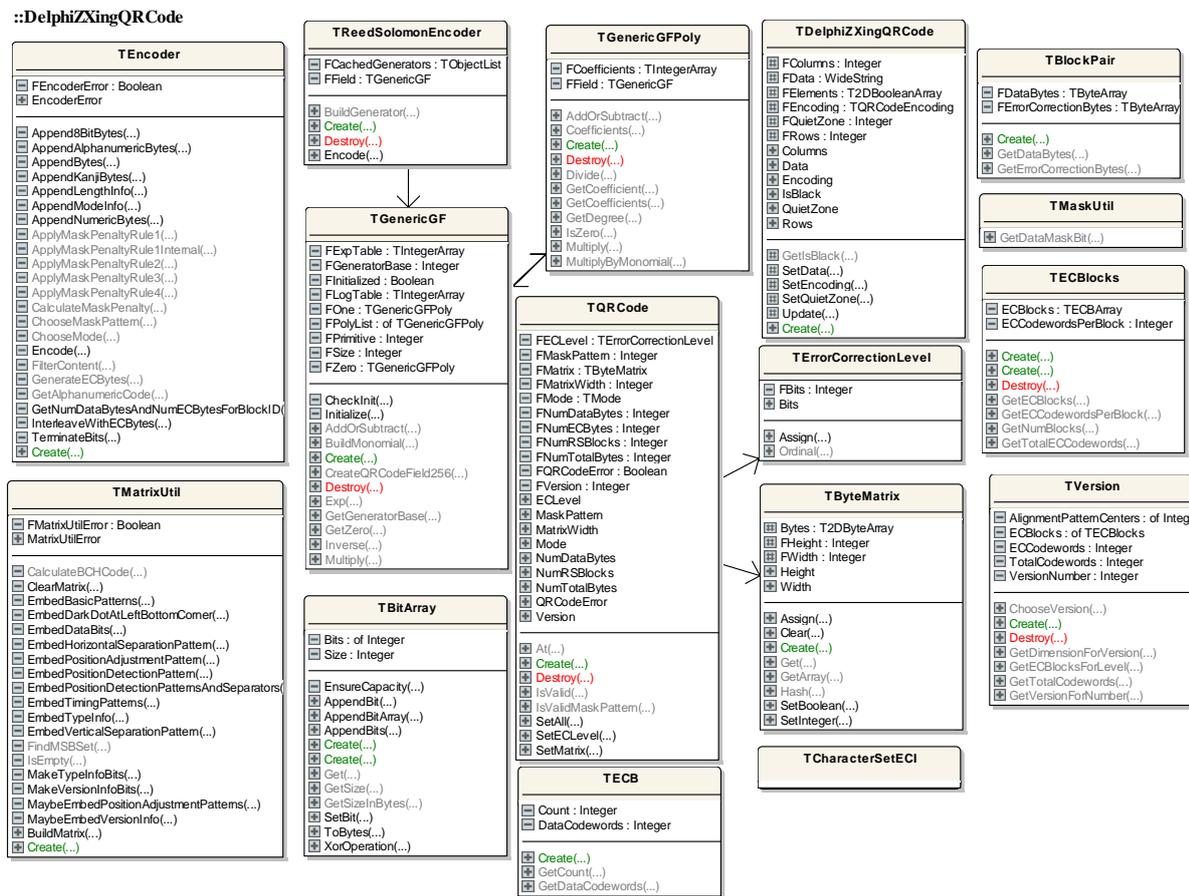


Рисунок 12 – Uml-діаграма бібліотеки DelphiZXingQRCode

Не дивлячись на те, що бібліотека написана для Delphi, проте нами її додано до проекту в середовищі C++ Builder (рис. 13) і в результаті отримано простий генератор QR-кодів, який дає змогу генерувати коди під ОС Windows (рис. 14).

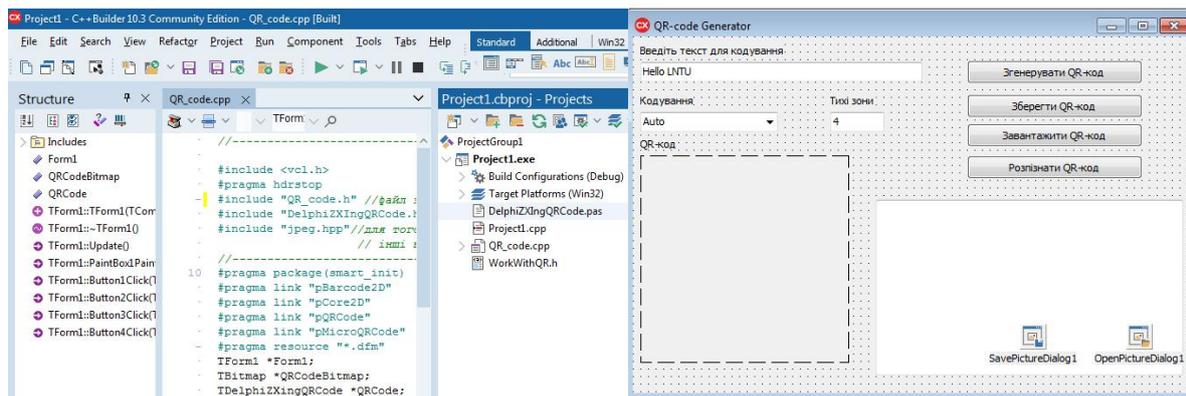


Рисунок 13 – Генератор QR-кодів на етапі розробки в середовищі C++ Builder

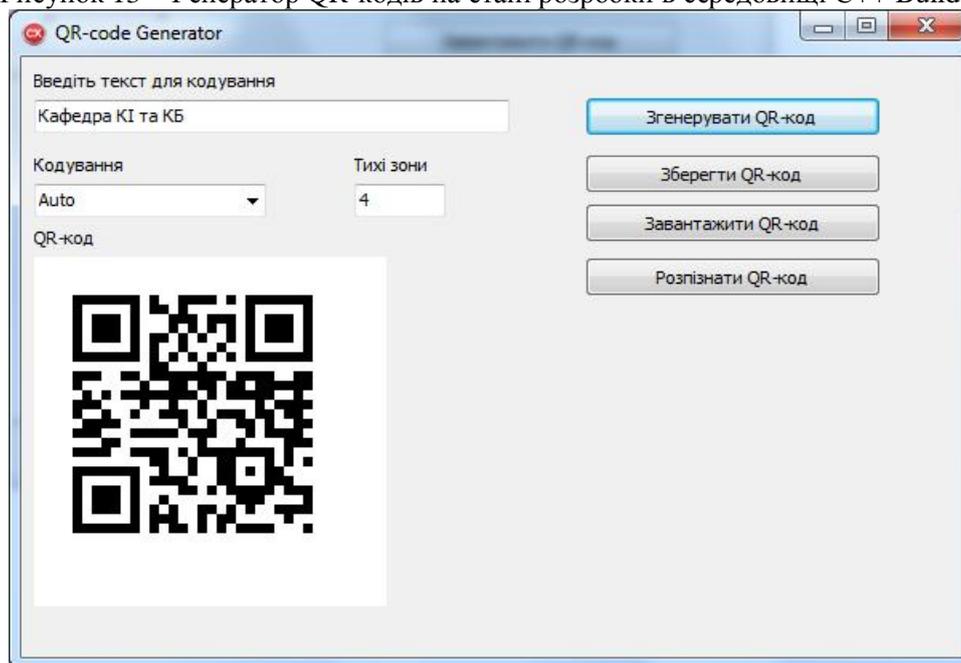


Рисунок 14 – Генератор QR-кодів

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

На основі наведеного в даній роботі аналізу основних тенденцій використання QR-кодів та розробленої програми, що тестує можливості бібліотеки ZXING, можна зробити висновок, що наступним завданням в розвитку цієї праці є створення динамічних QR-кодів. Також цікаво було б дослідити можливості застосування їх для поширення інформації про кафедру серед потенційних абітурієнтів.

1. QR Code Tutorial: <https://www.thonky.com/qr-code-tutorial/format-version-information>
2. <https://privatbank.ua/qr>
3. Засядна Х.О. QR-кодування та альтернативні технології// Фінансовий простір. Міжнародний науково-практичний журнал – 2014. – №3. – С. 103 -108.
4. S. Goyal, S. Yadav and M. Mathuria, "Exploring concept of QR code and its benefits in digital education system," 2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Jaipur, 2016, pp. 1141-1147.
5. Secure Examination System using Biometric and QR Code Technology: <http://ijesc.org/upload/86d82988fc664f2a4696b10bfda95109.Secure%20Examination%20System%20using%20Biometric%20and%20QR%20Code%20Technology.pdf>
6. V.Hajduk , M.Broda , O.Kovář and D.Levický, "Image steganography with using QR code and cryptography," 26th Conference Radioelektronika, IEEE pp. 978-1- 5090-1674-7, 2016
7. An Efficient Multiple Data Hiding Technique for Medical Images Using QR Code Authentication: <http://ijrsret.com/paper/2162.pdf>
8. QR Code Acceptance as a New Form of Organization Marketing Tool: http://eprints.utar.edu.my/2425/1/MBA_-1506637.pdf
9. QRpedia: <https://uk.wikipedia.org/wiki/QRpedia>

УДК 602.1:519.85:53.082.9:616-07

Марценюк В.П.¹, Сверстюк А.С.², Багрій-Заяць О.А.², Горкуненко А.Б.², Остафійчук Д.І.³

¹ Університет в Бельсько Бяла

² Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського

³ ВДНЗ України "Буковинський державний медичний університет"

ОГЛЯД КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Багрій-Заяць О.А., Горкуненко А.Б., Остафійчук Д.І. **Огляд кібер-фізичних систем.** В роботі проведено огляд кібер-фізичних систем. У зв'язку з посиленням розвитком кібер-фізичних систем істотна увага у світі приділяється різним аспектам їх формування й експлуатації, зокрема визначенню та формуванню їх основних характеристик для керівництва розробленням та впровадженням «інтелектуальних» програм у різних сферах, включаючи розумні виробництво, транспортування, енергетику та охорону здоров'я.

Ключові слова: кібер-фізична система, біосенсор, імуносенсор, математична модель, статична математична модель, диференціальні рівняння.

Марценюк В.П.¹, Сверстюк А.С.², Багрій-Заяць О.А.², Горкуненко А.Б.², Остафійчук Д.І.³ **Обзор кибер-физических систем.** В работе проведен обзор кибер-физических систем. В связи с усиленным развитием кибер-физических систем существенное внимание в мире уделяется различным аспектам их формирования и эксплуатации, в частности определению и формированию их основных характеристик для руководства разработкой и внедрением «интеллектуальных» программ в различных сферах, включая разумные производство, транспортировку, энергетику и здравоохранение.

Ключевые слова: кибер-физическая система, биосенсор, иммуносенсор, математическая модель, статическая математическая модель, дифференциальные уравнения.

Martsenyuk V.P.¹, Sverstiuk A.S.², Bagriy-Zayats O.A.², Horkunenko A.B.², Ostafiychuk D.I.³ **Cyber-physical systems review.** The paper reviews the cyber-physical systems. Taking into account the enhanced development of cyber-physical systems, the world is focused on various aspects of their formation and exploitation, in particular the definition and formation of their main characteristics for the management of the development and implementation of "intellectual" programs in various fields, including intelligent production, transportation, energy and health care.

Keywords: cyber-physical system, biosensor, immunosensor, mathematical model, static mathematical model, differential equations.

Вступ. Вирішенням багатьох завдань, що постають перед людством в третьому тисячолітті, є невідпинний науковий прогрес в найбільш важливих напрямках розвитку та збереження земної цивілізації. Людство повсякчас відкриває для себе нові можливості, але також зустрічається і з новими викликами, серед яких вирізняються проблеми в боротьбі з новими видами захворювань, в збереженні довкілля та в протистоянні терористичним загрозам. В цьому розумінні значний науковий та практичний інтерес становлять дослідження кібер-фізичних систем.

Кібер-фізична система (КФС) – фізична система, яка реалізує інтеграцію обчислень та фізичних процесів. Вони відбуваються найчастіше у вигляді вбудованих систем та мереж для моніторингу та контролю фізичних процесів в системах зі зворотним зв'язком. У таких системах динаміка фізичних процесів є джерелом інформації досліджуваного явища з можливістю контролю та розрахунку сигналів керування об'єктом [1].

КФС ототожнюються з проявом четвертої промислової революції, яка відбувається в сучасному світі [2], і яка пов'язується з розвитком технологій "Internet of Things" (Інтернет речей), де необхідно використовувати сигнали від давачів і вимірювальних приладів. Системні дослідження КФС ґрунтуються на використанні математичного та комп'ютерного моделювання. У роботі [3] із застосуванням математичного моделювання представлено огляд КФС в різних галузях і застосуваннях – мережеве керування, гібридні системи, обчислення в реальному часі, мережі реального часу, безпроводні сенсорні мережі, системи захисту і розробки, керовані моделями. З метою математичного та комп'ютерного моделювання КФС А.Платцер запропонував підхід на основі "динамічної логіки" [4, 5]. При цьому використовують гібридні програми (ГП) на простій мові програмування з простою семантикою, де програміст може звертатись безпосередньо до значень змінних, які представляють реальні величини і визначають їх динаміку.

Постановка проблеми. Біосенсори є альтернативою відомим методам вимірювання, які використовують в конструкції біологічний матеріал, що забезпечує дуже високу селективність та дає змогу швидко і просто проводити вимірювання [6-8]. Дослідження КФС на основі біосенсорів та імуносенсорів зокрема є особливо актуальними в зв'язку з необхідністю більш точних методів моніторингу та аналізу різних параметрів медико-біологічних процесів. Важливим етапом проектування кібер-фізичних імуносенсорних систем (КФІСС) є розробка та дослідження їх математичних моделей, які б адекватно відображали процеси, що лежать в основі їх функціонування.

Мета дослідження. Провести огляд кібер-фізичних систем, що використовують у різних сферах, включаючи розумне виробництво, транспортування, енергетику та охорону здоров'я.

Аналіз досліджень. КФС – це інтелектуальні системи, в яких взаємодіють мережі фізичних та обчислювальних компонентів. Вони проникають у всі сфери життєдіяльності людини: виробництво, будівництво, транспорт, енергетику, медицину тощо, де забезпечують нові функціональні можливості для покращення якості життя, досягнення технічного прогресу в різних сферах і тому істотно впливають на світову економіку. Основою розробки моделей КФС є наявність засобів вимірювання та їх програмного забезпечення. Технічні засоби необхідні для контролю параметрів технологічних процесів та навколишнього середовища [9].

В роботі [10] розглянуто суть «інтелектуальних» програм, яка полягає в тому, що, використовуючи дані сенсорів, які якнайшвидше і якнайточніше сигналізують про зміну параметрів середовища, спеціальні алгоритми задіюють автоматику вищого рівня для виконання адекватних дій. КФС виходять за межі звичайних пристроїв, систем та архітектур прикладних програм. Зазвичай КФС охоплюють всі відомі аспекти роботи інформаційно-вимірювальних систем, ускладнених унаслідок взаємодії їхніх окремих компонентів через мережі. Вони об'єднують традиційні інформаційні технології: від надходження даних від сенсорів з їх опрацюванням із використанням вбудованих обчислювальних потужностей або з використанням хмарних технологій, до традиційних операційних технологій контролю та управління. Інакше кажучи, особливістю КФС є поєднання інформаційних та операційних технологій, на що накладаються часо-просторові обмеження, оскільки КФС часто розпорошені у просторі та розділені у часі.

Питання впровадження «інтелектуальних» програм у різних сферах настільки актуальне, що NIST розробила класифікацію КФС, яка охоплює розумні: виробництво, конструкції, транспорт, енергетику, безпеку життя та охорону здоров'я. Щоб забезпечити впровадження «інтелектуальних» програм, необхідно створити прикладну модель системи, мати відповідне метрологічне та програмне забезпечення. Крім того, треба забезпечити сумісність між різнорідними компонентами та системами, тому потрібні розробки у сфері метрології КФС, верифікація математичних моделей (калібрування, оцінювання якості комплексних продуктів, діагностика на основі моделі), у сфері розробки основного та допоміжного програмного забезпечення. Програмне забезпечення формує адекватну прогнозовану поведінку системи – відповідь системи на зміну вищенаведених параметрів.

1. **КФС «Розумне виробництво»** – багатофункціональні смарт-машини, що характеризуються малими розмірами, адаптивністю до потреб користувачів (реалізуються необхідною функціональністю). Отримавши інформацію про змінені вимоги, КФС сама вносить корективи в технологічний процес. Прикладом розумного виробництва є виготовлення металу з використанням точних ваг. Їх нормальне функціонування забезпечується калібруванням, яке виконується на місці, без демонтажу конструкції КФС. Завдяки технології «man-in-loop» здійснюється дистанційна атестація точних ваг, що сприяє підвищенню їхньої продуктивності в певних операційних діапазонах до відповідності значенням робочих еталонів. Переважно для таких КФС віддалений доступ до вагопроцесорів компонентів КФС безпосередньо на робочих місцях забезпечують завдяки використанню промислового мережевого протоколу Ethernet, як стандартизованого варіанту, який адаптований для промислових умов, з метою автоматизації та керування технологічними процесами.

2. **КФС «Розумні будівлі»** – інтелектуальні будівлі (з мінімальним чи нульовим споживанням ресурсів), що потребують постійного моніторингу. Вони повинні бути підключені до мереж інтелектуальних сенсорів і контролюватися засобами КФС. Основною вимогою є досягнення мінімального споживання енергії. Для цього вивчають теплові умови за допомогою інтелектуальних сенсорів температури локальної мережі та забезпечують адекватну ізоляцію за неперервного багатоточкового контролю температури. Велика увага приділяється попередній оцінці теплових умов на етапі будівництва, усуненню містків холоду, тощо. Для контролю тепла використовують методи інфрачервоної діагностики за допомогою тепловізора, методи дискретно-точкового вивчення температурних режимів обмежувальних площин, моніторинг температур у реального часу за допомогою чипів із вбудованими сенсорами температури, прикріпленими до внутрішньої та зовнішньої поверхонь досліджуваних площин. Так виявляють та усувають містки холоду, досліджують енергетичні відбивні покриття з невідомим коефіцієнтом поглинання теплового випромінювання і керують роботою енергетичних підсистем для електропостачання, опалення та вентиляції. У переважній більшості таких КФС застосовують програмне забезпечення StructureWare Building Operation.

Щоб поведінка програмного забезпечення КФС відповідала його специфікації під час використання в певному середовищі, проводять функціональну перевірку. Специфікація виражає стан безпеки, яку потрібно досягти за всіх можливих виконань програмного забезпечення (для детермінованих систем) або з необхідною мінімальною ймовірністю (для стохастичних систем).

3. КФС «Біосенсиори»

Імуносенсиори [11] є підгрупою біосенсорів, в яких відбувається імунохімічна реакція пов'язана з перетворювачем. Принцип роботи усіх імуносенсорів полягає в специфічному молекулярному розпізнаванні антигенів антитілами для утворення стабільного комплексу. В імуносенсорних пристроях використовуються чотири основні види детектування: електрохімічний (потенціометричний), амперометричний або кондуктометричний (ємнісний), оптичний і термометричний. Усі типи сенсорів можуть використовуватися, як прямі (немарковані) або як непрямі (марковані) імуносенсиори. Прямі сенсори здатні виявляти фізичні зміни під час утворення імунного комплексу, в той час як непрямі, використовують різні рівні генерованого сигналу, які дають змогу більш чутливо та універсально проводити детектування у вимірювальних системах [10].

Клітинні біосенсиори можуть застосовуватися для кількісної оцінки інфікування організму за допомогою певних електрохімічних чи оптичних явищ. В роботі [12] описано клітинний біосенсор, який використовує електрохімічну імпедансну спектроскопію. Даний біосенсор призначений для підрахунку клітин людини CD4⁺. Область зондування цього біосенсора включає в себе електродні пікселі, розмір кожного з яких порівнюється з розміром клітин CD4⁺, які захоплюються пікселями електроду. Клітини виявляються шляхом спостереження за інформативними змінами на пікселі. Стан електродного пікселя "Увімкнено" або "Вимкнено" вказує на виявлення однієї клітини CD4⁺. Таким чином, щоб підрахувати кількість клітин CD4⁺, підсумовують електродні пікселі в стані "Увімкнено". Цей загальний підхід до кількісного виявлення клітин використано для моделювання імуносенсорної системи, яка ґрунтується на явищі флуоресценції, в даній роботі.

Пікселі робочих електродів були модифіковані антитілами CD4⁺ через три стадії хімічних перехресних зв'язувань. Робочі електроди були перевірені під мікроскопом представлені на рисунку 1 (А).

Зображення було зареєстровано в режимі темного поля, показано електроди, які захоплені однією клітиною на поверхні (яскраві плями), а також електроди без захоплених клітин (темні плями). Увімкнений та вимкнений стан робочих електродів представлений бінарним статусом заповнення клітин. На рисунку 1(В) зображено робочі електроди після нанесення покриття клітинами Farage (CD19⁺). Оскільки спеціальних прив'язок не було між CD19⁺ клітинами та антитілами CD4⁺, клітини CD19⁺ не були захоплені на модифікованих CD4⁺ антиген-антитіло-модифікованих електродів. На рисунку 1(С) відображено профіль поперечного перерізу, що сканується на порожньому робочому піксельному електроді, який показує 2-мікрометрову високу структуру сітки PECVD Si3N4 між сусідніми електродними пікселями. Через цю сіткову структуру всі захоплені клітини були сконцентровані на робочих електродах.

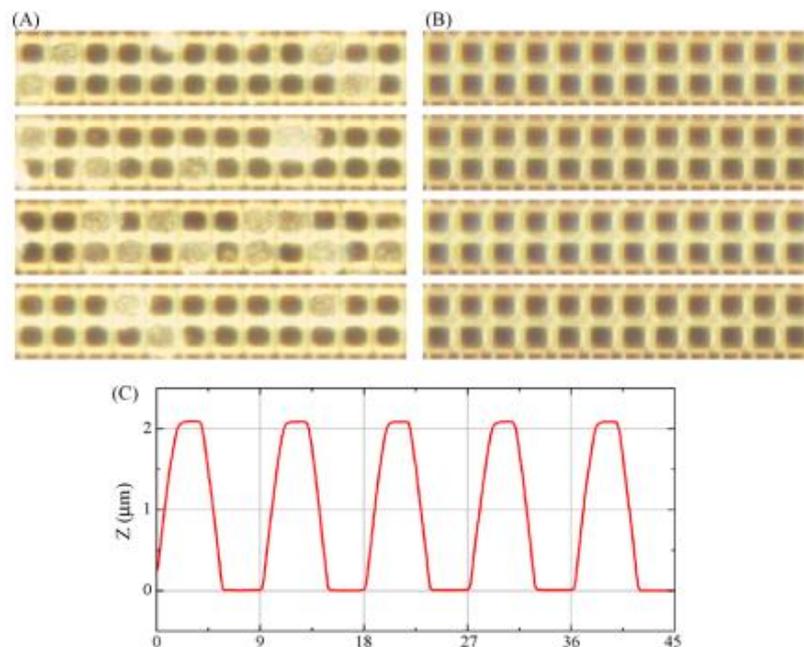


Рис 1. Захоплення клітин на CD4⁺ клітинному біосенсорі.

На зображенні кожного темного квадрату був єдиним робочим електродом у "вимкненому" стані (без прикріпленої клітини), тоді як кожна яскрава пляма була електродом "увімкненого" стану (прикріплена одна одиниця J45.01 клітини на поверхні). Використання такого щільно упакованого електродного пікселя мало дві великі переваги: по-перше, оскільки розмір пікселів був співрозмірний з одною CD4⁺ клітиною, кожен піксель електроду може захоплювати або одну клітину, або жодну, отже, досягати роздільної здатності виявлення однієї клітини. Виявлення похибки кожним пікселем електроду була мінімізована високим співвідношенням сигнал/шум в цьому бінарному режимі виявлення. По-друге, ціла зона сканування складається з окремих електродних пікселів. Кожна клітина у зоні сканування була просканована локальним пікселем індивідуально. Тому загальна точність підрахунку була в принципі незалежна від концентрації клітин та рівномірності розподілу. Це зробило цей метод підрахунку надійним для широкого кола знаходження вибірок клітини та характеристик захоплення. Селективність захоплення була доведена контрольним експериментом, в якому клітини CD19⁺ були нанесені на електроди, модифіковані за допомогою антитіл CD4⁺. Оскільки не було конкретних прив'язок між клітинами CD19⁺ та антитілами CD4⁺, клітини не були захоплені на електроди, як показано на рисунку 3 (В). Згідно даного рисунку, всі захоплені клітини були добре розташовані в центрі робочого електроду. Успіх цього точно вирівнювання відбувся в першу чергу через облягаючий Si3N4 шар. Si3N4 сітка між сусідніми електродами служила як 2 μm високі обмежувальні стінки, це було вирішальним для центрування клітин на електродах, коли клітини приземлились на поверхню. Це вирівняне вкладення було важливим для досягнення бінарного стану заповнення клітин. Рисунок 3 (С) - це профіль поверхні через декілька порожніх робочих електродів, які скануються.

Визначення терміну КФСС, наведене в [13], передбачає для сенсорної системи "більш високий ступінь поєднання, розподілення системи, можливість використовувати вбудовані системи в області автоматизації та дотримання діючих стандартів". Таке трактування використано і для побудови функціональної схеми КФСС, її математичного та комп'ютерного моделювання.

КФСС відносяться до високоінтелектуалізованих інформаційних систем. Вони використовують доступний набір інтерфейсів, які дають змогу отримувати швидко та достовірну інформацію про стан та внутрішні дані системи, які повинні бути доступні для інших КФС. Згідно [13] КФСС, як самоорганізуюча система, що потребує всебічних знань про власну динамічну структуру та інфраструктуру загальної системи. Для цього визначають типи сенсорних пристроїв, враховуючи їх функціональне застосування. Для прикладу, імуносенсиори можуть використовуватися для оцінки критичних станів при серцево-судинних захворюваннях, величини інсуліну при вимірюванні величини глюкози в крові, виявлення кількісних показників у деяких фармацевтичних сполуках і ін.

У роботі [13] запропоновано загальну структуру КФСС. При застосуванні цього підходу у випадку імуносенсорів можна виокремити три види завдань: отримати загальну інформацію про імуносенсор; виміряти імунологічні показники з перетворенням одиниць та калібруванням; взаємодіяти з іншими імуносенсорами.

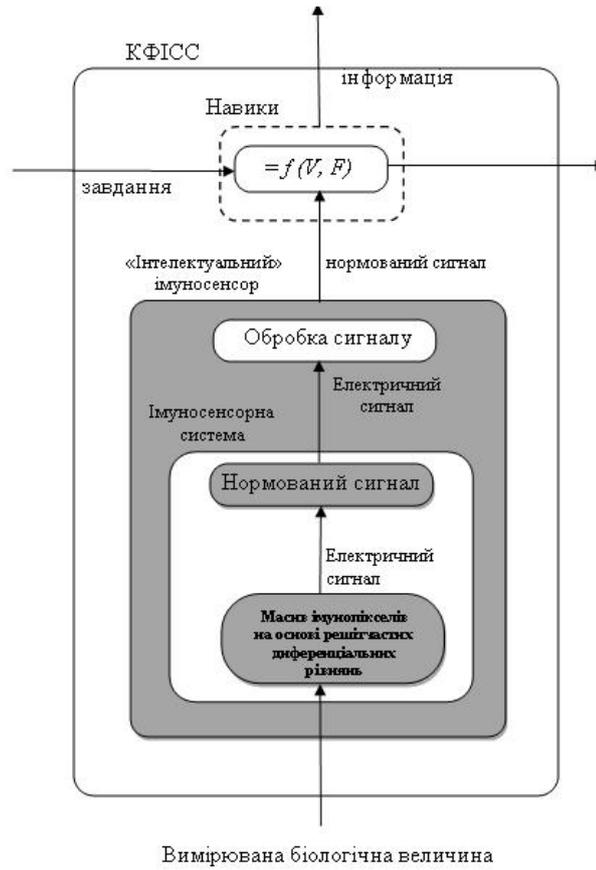


Рис.2. Функціональна схема КФІСС

В основі функціональної схеми КФІСС (зовнішній прямокутник на рис. 2) покладено концепцію КФСС з врахуванням особливостей інтелектуальних імуносенсорів. З додатковими навиками (пунктирна лінія на рис. 2) імуносенсор розширюється до КФІСС.



Рис. 3. Узагальнена структура Smart-кіберфізичної системи моніторингу стану кардіологічних пацієнтів

Одним із варіантів кіберфізичних систем моніторингу є мобільні кіберфізичні системи моніторингу (mobile cyber physical system), у яких компоненти системи мають змогу динамічного переміщення на просторі, як правило в межах деякої визначеної території. Так, у роботі [14] розроблено архітектуру кіберфізичних систем моніторингу стану кардіологічних пацієнтів (рис.3).

Запропонована система має можливість здійснювати «розумну» аналітику, багатовимірний аналіз даних та прогнозування розвитку стану каріопациєнта. Взаємодія між обчислювальними центрами в системі моніторингу показана на рисунку 4.

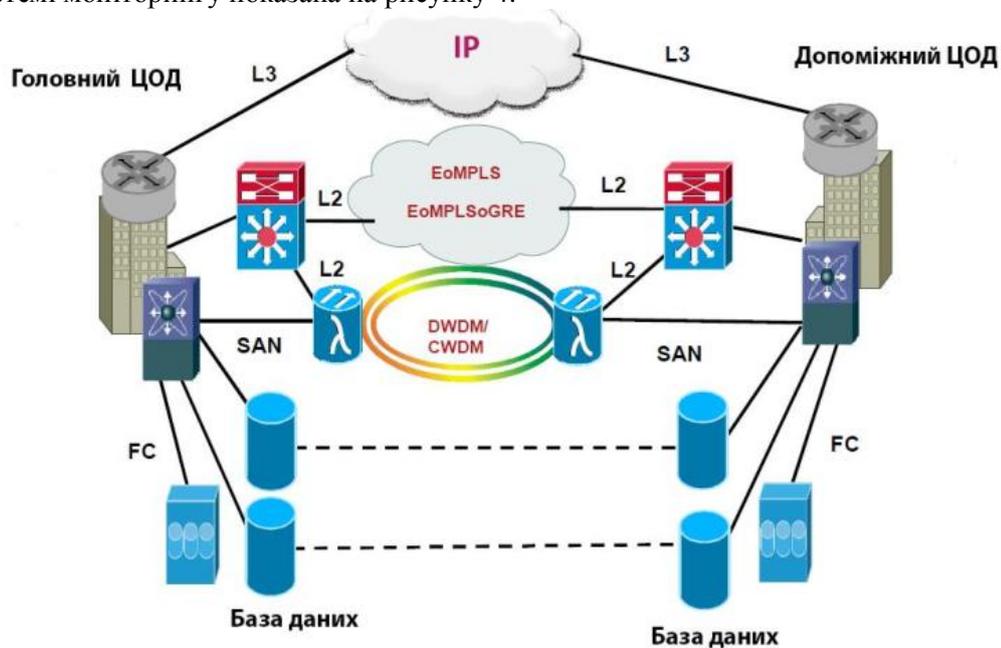


Рис. 4. Взаємодія між обчислювальними центрами в системі моніторингу

У роботі [15] розроблено інтелектуальну мобільну експертну систему для автоматичного знаходження туберкульозу в реальному часі. Перевагою даної системи є те, що після зчитування картинки проводиться кластеризація та пошук об'єкта дослідження. На відміну від інших систем є повністю автоматизованою та не потребує додаткових введень зі сторони дослідника, а також те що система здатна одночасно зчитувати багато вибірок та класифікувати їх як позитивні чи негативні в реальному часі. Зразки відмічаються з допомогою кольорів та в ряді досліджень отримані результати з точністю у 98,9%.

У роботі [16] представлено КФС, що складаються з обчислювальних компонентів, з'єднаних між собою комп'ютерними мережами, які моніторять і контролюють скеровані фізичними об'єктами, з'єднаними фізичними інфраструктурами. Основний виклик у розробці та аналізі КФС - це відсутність загальної семантики між компонентами. Запропоновано новий підхід, який компонує правильність різних компонентів замість їх функціональності за допомогою кон'юнктури логічних безперешкодних інваріантів. Представлено розподілений алгоритм, який використовує цей підхід до адаптивного планування передачі енергії між вузлами в розумній енергетичній мережі таким чином, щоб стабільність обох комп'ютерної мережі та фізичної система підтримуються. Результати моделювання демонструють необхідність та корисність нашого підходу до підтримки загальної стабільності системи при наявності невизначеностей в комп'ютерній мережі і з обмеженою інформацією про глобальний стан системи.

Фізична система повинна відповідати одному з декількох критеріїв щоб бути стабільною. Критерії впливають з аналізів постійної динаміки системи, які моделюються як

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{V_1 V_2}{J\omega X} \sin(\theta - \theta_0) - \frac{D}{J}(\omega - \omega_0) + \frac{P_{imb}}{J\omega} - \frac{kP^2}{J\omega} \quad (1)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega - \omega_0 \quad (2)$$

де ω - частота, θ - фазовий кут генератора напруги, ω_0 та θ_0 - їхні номінальні значення, P_{imb} - це мережевий дисбаланс потужності через вийняткові повідомлення та інші терміни що є різні фізичними параметрами.

Похибка енергії, задана як

$$V(\omega, \theta) = \frac{J}{2}(\omega - \omega_0)^2 + \frac{V_1 V_2}{\omega X} (1 - \cos(\theta - \theta_0))$$

(3)

функція Ляпунова (тобто позитивно-означена функція з неперервною похідною від часу), якщо система задовольняє I_{P1} , то вона задана

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{P1} : (\omega - \omega_0)^2 (D\omega + m) \\ + (\omega - \omega_0)(kP^2) > \delta K(\omega - \omega_0) \end{array} \right\} \quad (4)$$

З іншими факторами, I_{P1} , зрештою накладає обмеження на $\delta \cdot K$, де δ - квант енергії, що мігрований з кожним повідомленням та K - кількість видатних повідомлень.

Загалом, як функція Ляпунова існує для конкретної фізичної системи, то така система є стабільною. Однак є інші умови, які також забезпечують стабільність для комутованої система, яка є безперервною системою, яка підлягає зовнішнім перемикаючим подіям. Функція типу Ляпунова [17-19] подібна до функції Ляпунова в тому, що вона повинна бути позитивно-скінченна, але за певних умов її значення може зрости. Якщо значення функції типу Ляпунова зменшується на кожній перемикаючій події, то система стабільна. Остаточний варіант полягає в тому, що похибка може не спасти до нуля, але вона є обмеженою.

Поєднуючи три умови можна знайти звичайний інваріант.

$$\{I_P : I_{P1} \vee (V(\omega, \theta) < V_{bound}) \vee (V(t) \leq V(t_x))\} \quad (5)$$

де V_{bound} є максимально допустиме значення V , $V(t)$ - це значення $V(\omega, \theta)$ в даний час і $V(t_x)$ - є його значення на самому останньому попередньому протиріччі I_{P1} завдяки великому значенні K . У попередній роботі [20-21] продемонстровано, що система, є стабільною для певних комбінацій стаціонарного розбалансування потужності та падіння константів в SST контролерах. Йдеться про те, чи забезпечує протокол комунікації, та щоб дисбаланс потужності не перевищував допустиму межу.

4. Розумні системи транспортування. Кібер-фізичні системи забезпечують шляхи покращення систем транспортного контролю. Дорожні системи контролю руху створюють середовище яке існує в природньому географічному середовищі і в середовищі створеному людиною такому як мости через моря та річки, довгі та величезні тунелі, надземні мости, небезпечні похилі нахили та ін. Розумні системи транспортування можуть створювати контроль руху через додавання та встановлення великої кількості електронних прогресивних пристроїв та інформаційних систем до дорожніх систем руху, покращуючи операційну ефективність та рівень безпеки для дорожніх систем контролю руху, кібер-фізичні системи інтегрують цю інформацію в транспортний процес та працюють через їх координування роблячи транспортування більш безпечним та ефективним [22].

У роботі [23] представлена нова архітектура розумного хмарного світлофора, яка характеризується використанням логічних операцій і часом простою зеленого сигналу, що дає можливість істотно збільшити пропускну здатність транспортних потоків на перехресті доріг. Пропонується структура кіберфізичної системи, орієнтована на якісні інновації в моніторингу і управлінні транспортом, що усувають забруднення планети, численні аварії та колізії на дорогах шляхом поступового переміщення дорожніх знаків у кіберпростір, делегування координат кожного автомобіля і хмарного online надання інформації про маршрут руху. Хмарний сервіс призначений для моніторингу та управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу на основі використання глобальних систем позиціонування, навігації (GPS, GPRS), інтелектуальних дорожніх контролерів, засобів радіочастотної ідентифікації автомобілів з метою підвищення якості та безпеки пересування транспортних засобів, а також мінімізації часових і матеріальних витрат при русі автомобілів за заданими маршрутами. Розроблені моделі та методи інтегруються в КФС online взаємодії хмари моніторингу та управління з транспортними засобами та інфраструктурою дорожнього руху. Кожен автомобіль має особистий кабінет у кіберпросторі, інваріантний по відношенню до водіїв, які обслуговують транспортний засіб. Запропонована кіберфізична система – дорожня інфраструктура і фізичний транспорт з цифровими сенсорами, а також хмарні сервіси моніторингу та управління дорожнім рухом відрізняється від існуючих структурною інтеграцією online взаємодіючих інтерактивних компонентів: 1) Суперпозиція сервісів електронної картографії, радіолокації, радіонавігації і online вибору маршруту руху. 2) Хмарний сервіс сенсорного моніторингу автомобіля і управління дорожнім рухом на основі поступового перетворення реальних знаків дорожнього руху у віртуальні. 3) Створення повного рефлексивного відображення фізичних транспортних процесів і

© Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Багрій-Заяць О.А., Горкуненко А.Б., Остафійчук Д.І.

явищ в хмарних сервісах, що включають кабінети автомобілів з їх дорожньою просторово-часовою історією. В рамках системної інтеграції захищених від несанкціонованого доступу хмарних компонентів (рис. 5): хмар моніторингу, управління і збереження історії, блоків радіочастотної ідентифікації транспорту, а також інтелектуальних сенсорів дорожньої інфраструктури, створюються мікросервіси квазіоптимального управління транспортом і дорожнім рухом в режимі реального часу для вирішення соціальних, гуманітарних, економічних та екологічних проблем.



Рис. 5. Інтелектуальна хмара «Зелена хвиля»

Деталізується масштабована КФС цифрового моніторингу і хмарного управління дорожнім рухом в реальному масштабі часу на основі використання глобальних систем позиціонування і навігації, автомобільних комп'ютерів, навігаторів або мобільних гаджетів, розумних світлофорів, технологій Big Data і Internet of Things з метою підвищення якості і безпеки експлуатації транспортних засобів, а також мінімізації часових і матеріальних витрат при русі автомобілів за заданими маршрутами.

5. Повітряно-навігаційні системи. КФС використовуються у повітряно-навігаційних системах, таких як інструментарій тестового злету, зв'язку з командою пілотів, структура контролю здоров'я, у злітних тестах, у безпілотних кабінах та при посадці літаків.

6. Розумні середовища навчання. КФС можуть використовуватись в розумних середовищах навчання, а саме для отримання компетентної інформації про фізичні середовища, конвертуючи дані в інформацію та знання, і забезпечувати корисні та швидкі сервіси для студентів, працівників та університету. Розумні середовища навчання однозначно змінять принцип навчання та роботи в університетах [24].

7. Розумні гріди системи. Розумні гріди системи є екосистемами як базуються на оцінювання збору інформації та прийнятті рішень як у менеджменті. В розумних гріди системах багато традиційних частин використовують кібер-фізичні системиони використовуються у генерації, передачі та поширенні та часто на стороні користувача. В генерації вони також контролюють з'єднання мережі так як і операційні аспекти в генерації електрики. Кібер-фізичні системи моніторингу умов та турботи про стабільність передачі та поширення мережі, що з'єднує кінцевих користувачів з розумними гріди [25]. Вони забезпечуть подвійну комунікацію та контроль між потужними гріди та користувачами.

8. Моніторинг громадської інфраструктури. Сьогодні багато громадських інженерів зіткнулись з проблемою контролю старіння інфраструктур, таких як греблі, мости, будинки та ін. Волоконно-оптичні сенсори, мікроелектричні та механічні сенсори, безпроводні комунікаційні технології пропонують ефективні засоби для забезпечення точності та безперервного моніторингу інфраструктури [26].

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В роботі проведено огляд КФС та показана їх ефективність у різних сферах застосування. Розглянуто КФС розумного виробництва на прикладі виготовлення металу з використанням дистанційного контролю точних ваг. Представлено КФС розумних будівель з мінімальним споживанням ресурсів, що потребують постійного

моніторингу, тому вони підключені до мереж інтелектуальних сенсорів і контролюватися засобами КФС. Проаналізовано КФІСС, що можуть застосовуватися для кількісної оцінки інфікування організму за допомогою електрохімічних або оптичних явищ. Розглянуто КФС передачі енергії між вузлами в розумній енергетичній мережі таким чином, щоб стабільність комп'ютерної мережі та фізичної системи підтримувалися. Розумні системи транспортування створюють контроль руху через встановлення електронних пристроїв та інформаційних систем до дорожніх систем руху, покращуючи операційну ефективність та рівень безпеки для дорожніх систем контролю руху, зокрема КФС інтегрують цю інформацію в транспортний процес та забезпечують координування ефективності та безпеки руху. Зроблено висновок, що застосування КФС у різних сферах науки, промисловості та життєдіяльності людини забезпечує інтеграцію інформаційної автоматизації та фізичних процесів.

1. Meissner H. Implications of cyber-physical production systems on integrated process planning and scheduling [Text] / H. Meissner, J. Aurich // *Procedia Manufacturing*. – 2019. – Vol. 28. – P. 167-173.
2. Lee J. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems [Text] / J. Lee, B. Bagheri, H.-A. Kao // *Manufacturing Letters*. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23.
3. Thiede S. Implementing cyber-physical production systems in learning factories [Text] / S. Thiede, M. Juraschek, C. Herrmann // *Procedia CIRP*. – 2016. – Vol. 54. – P. 7-12.
4. Platzer A. Differential dynamic logic for hybrid systems [Text] / A. Platzer // *Journal of Automated Reasoning*. – 2018. – Vol. 41, № 2. – P. 143–189.
5. Platzer A. Logical foundations of cyber-physical systems [Text] / A. Platzer. – Berlin: Springer, 2018. – 639 p.
6. Klos-Witkowska A. The phenomenon of fluorescence in immunosensors [Text] / A. Klos-Witkowska // *Acta Biochimica Polonica*. – 2016 – Vol. 63, № 2. – P. 215–221.
7. Martsenyuk V. P. Study of classification of immunosensors from viewpoint of medical tasks [Text] / V. P. Martsenyuk, A. Klos-Witkowska, A. S.Sverstiuk // *Medical informatics and engineering*. – 2018. – № 1(41). – P.13-19.
8. Martsenyuk V.P. On principles, methods and areas of medical and biological application of optical immunosensors [Text] / V. P. Martsenyuk, A. Klos-Witkowska, A. S. Sverstiuk, T. V. Bihunyak // *Medical informatics and engineering*. – 2018. – № 2 (42). – P. 28-36.
9. Микийчук М. М., Стадник Б. І., Яцишин С. П., Луцик Я. Т. (2017). Розумні вимірювальні засоби для кіберфізичних систем. Вимірювальна техніка та метрологія. – № 77. – С. 3–17.
10. Ван Чунжі Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення / Ван Чунжі, Яцишин С. П., Лиса О. В., Мідик А-В. В.// Вимірювальна техніка та метрологія. - № 79 (1).- 2018 р. - С.34-38.
11. Paper-based immunosensors: current trends in the types and applied detection techniques / G. Zhu, X. Yin, D. Jin, B. Zhang, Y. Gu, Y. An // *Trends in Analytical Chemistry*. – 2019. – Vol. 111. – P. 100-117.
12. Jiang X. Electrochemical impedance biosensor with electrode pixels for precise counting of CD4+ cells: A microchip for quantitative diagnosis of HIV infection status of AIDS patients [Text] / X. Jiang, M. Spencer // *Biosensors and Bioelectronics*. – 2010. – Vol. 25, Issue 7. – P. 1622-1628.
13. Characterization of Cyber-Physical Sensor Systems [Text] / [C. Berger, A. Hees, S. Braunreuther, G. Reinhart] // *Procedia CIRP*. – 2016. – Vol. 41. – P. 638-643.
14. Стрихалюк Б.М. Кіберфізичні технології моніторингу стану кардіологічних пацієнтів в системі телемедицини / Б.М. Стрихалюк, Р.С. Колодій, М.В. Секела // *Штучний інтелект*. – 2016. – С. 144-150.
15. Shabut Antesar M. An intelligent mobile-enabled expert system for tuberculosis disease diagnosis in real time / Antesar M. Shabut, Marzia Hoque Tania, Khin T. Lwin та ін.// *Expert Systems With Applications*. – 2018. – С. 65-77.
16. Ashish Choudhari, Harini Ramaprasad, Tamal Paul / Stability of a Cyber-Physical Smart Grid System using Cooperating Invariants
17. M. S. Branicky. Multiple Lyapunov functions and other analysis tools for switched and hybrid systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 43(4):475–482, 1998.
18. H. Ye, A. N. Michel, and L. Hou. Stability analysis of systems with impulse effects. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 43(12):1719– 1723, 1998.
19. H. Ye, A. N. Michel, and L. Hou. Stability theory for hybrid dynamical systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 43(4):461–474, 1998.
20. T. Paul, J. Kimball, M. Zawodniok, T. Roth, and B. McMillin. Invariants as a unified knowledge model for cyber-physical systems. In *Service- Oriented Computing and Applications (SOCA)*, 2011 IEEE International Conference on, pages 1 –8, dec. 2011.
21. T. Paul. Unified Knowledge Model for Stability Analysis in Cyber Physical Systems. Missouri University of Science and Technology, 2012.
22. Shi Tianjin , Wu Xu, Guan Jizhen, Chen Yangzhou “The analysis of traffic control cyber physical systems” .” 13th COTA International Conference of Transportation Professionals (CITP-2013)” p.2487- 2496.
23. Hahanov V. Cyber physical system – smart cloud traffic control [Text] / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, L.S. Abramova, S. Chumachenko, E. Litvinova, A. Hahanova, V. Rustinov, V. Miz, A. Zhalilo, A. Ziarmand // *Proc. of the IEEE Design & Test Symposium*. – 2014. – Kiev, Ukraine. – P. 49-66. (Входить до міжнародних наукометричних баз Scopus, IEEE Xplore).
24. Chi-Un Lei, Kaiyu Wan, Ka Lok Man,” Developing a Smart Learning Environment in Universities Via Cyber-Physical Systems” *Information Technology and Quantitative Management (ITQM2013)*, vol 17 p.583-585.
25. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download>
26. Workshop on Cyber Physical Systems: Applications and Challenges <http://www.iith.ac.in/cpsworkshop/home> March 2013.

УДК 004.93

Мельник К.В., Мельник В.М., Коптюк Ю.Ю.
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Мельник К.В., Мельник В.М., Коптюк Ю.Ю. Дослідження методів розпізнавання зображень на основі нейронних мереж. У роботі наведено огляд існуючих підходів до вирішення задачі розпізнавання зображень. Описані основні методи, що використовуються в задачі розпізнавання зображень, визначено етапи процесу розпізнавання зображень. Розкрито особливості використання, переваги та недоліки зазначених методів. Зроблено висновок щодо необхідності подальшого розроблення алгоритмів розпізнавання на основі зазначених методів, що були б простими в реалізації, ефективними, мали низькі обчислювальні витрати при навчанні та високу якість класифікації в реальних завданнях.

Ключові слова: розпізнавання зображень, метод опорних векторів, штучні нейронні мережі, багатослойний перцептрон.

Мельник Е.В., Мельник В.М., Коптюк Ю.Ю. Исследование методов распознавания изображений на основе нейронных сетей. В работе представлен обзор существующих подходов к решению задачи распознавания изображений. Описаны основные методы, используемые в задаче распознавания изображений, определены этапы процесса распознавания изображений. Раскрыты особенности использования, преимущества и недостатки указанных методов. Сделан вывод о необходимости дальнейшей разработки алгоритмов распознавания на основе указанных методов, которые были бы простыми в реализации, эффективными, имели низкие вычислительные затраты при обучении и высокое качество классификации в реальных задачах.

Ключевые слова: распознавание изображений, метод опорных векторов, искусственные нейронные сети, многослойный перцептрон.

Melnyk K.V., Melnyk V.M., Koptiuk Yu.Yu. Investigation of the images recognition methods based on neural networks. This paper provides an overview of existing approaches to solve the images recognition problem. There are described basic methods to use them for solving the problem of image recognition and the stages used in the image recognition process are also defined. The features of use are revealed with their advantages and disadvantages concerned to these methods. The conclusion about the need of the further recognition algorithms development based on these methods mentioned above is made that would be simple in implementation, effective, with low computational costs for training and gave high quality classification in real solved tasks.

Key words: image recognition, reference vectors method, artificial neural networks, multilayer perceptron.

Актуальність та постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку та впровадження інформаційних технологій у різних галузях господарства на одне з перших місць виходить проблема оперативного одержання достовірної інформації про стан певних ресурсів, усебічного наукового обґрунтування з планування їх ефективного використання. Для ефективного виконання поставлених завдань у сучасних умовах потрібно збирати, аналізувати і класифікувати значні обсяги інформації з високою періодичністю та якістю, що сьогодні можна виконати тільки з використанням інформаційних технологій, що базуються на інтелектуальних системах, зокрема нейромережах.[1]

Створення штучних систем розпізнавання образів є складною теоретичною та технічною проблемою. Необхідність у такому розпізнаванні виникає у найрізноманітніших галузях: системах відеоспостереження, технічної діагностики, прогнозування і діагностиці в медицині, у плануванні, пошуку в геології, прогнозуванню у хімії та ін.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Застосування інтелектуальних технологій (ІТ) для розв'язання задач класифікації нині пов'язують з застосуванням обчислювального інтелекту, який також пов'язують з теорією нечітких множин та нейрокомп'ютигом. Одним з ефективних методів класифікації об'єктів є кластеризація, яка, зокрема, вміщує ієрархічні та нечіткі методи. Наявність кластерів, які найчастіше представлено у вигляді дерева, дає змогу сформулювати систему правил, на підставі якої з наявної множини даних беруть знання, тобто певні приховані закономірності, які притаманні об'єкту. Кожний з цих методів має свої недоліки та переваги, алгоритми досить часто мають евристичний характер, але, як показано в працях [1—3], у багатьох випадках задачу класифікації розв'язати вдається. Надзвичайно важливим є визначення системи ознак, які до того ж можуть бути зашумленими, або визначеними нечітко (у вигляді інтервалів) і т. ін.

Мета дослідження – огляд основних методів розпізнавання зображень прописних букв, розкрити їхні особливості використання, переваги та недоліки.

Виклад основного матеріалу дослідження та обґрунтування отриманих результатів.

Розпізнавання образів (об'єктів) – задача ідентифікації об'єкта або визначення будь-яких його властивостей по його зображенню (оптичне розпізнавання) або аудіо записи (акустичне розпізнавання) та інші характеристики.

Базою для вирішення завдань віднесення об'єктів до того чи іншого класу послужили результати класичної теорії статистичних рішень. В її рамках будувалися алгоритми, що забезпечують на основі експериментальних вимірювань параметрів (ознак), що характеризують цей об'єкт, а також деяких апріорних даних, що описують класи, визначення конкретного класу, до якого може бути віднесений об'єкт, що розпізнається.

Методи розпізнавання образів. Метод перебору. У цьому випадку проводиться порівняння з базою даних, де для кожного виду об'єктів представлені різноманітні модифікації відображення. Наприклад, для оптичного розпізнавання образів можна застосувати метод перебору виду об'єкта під різними кутами, масштабами, зміщеннями, деформаціями і т. д. Для букв потрібно перебирати шрифт, властивості шрифту. У разі розпізнавання звукових образів, відповідно, відбувається порівняння з деякими відомими шаблонами (наприклад, слово, вимовлене кількома людьми).

Другий підхід – проводиться більш глибокий аналіз характеристик образу. У разі оптичного розпізнавання це може бути визначення різних геометричних характеристик. Звуковий зразок в цьому випадку піддається частотному, амплітудному аналізу і т. д.

Наступний метод – використання штучних нейронних мереж (ШНМ). Цей метод вимагає або великої кількості прикладів завдання розпізнавання при навчанні, або спеціальної структури нейронної мережі, яка враховує специфіку даного завдання. Проте, його відрізняє більш висока ефективність і продуктивність.

Так як задачі розпізнавання об'єктів полягає у класифікації зображень на основі певних критеріїв, то важливим етапом є вибір оптимального класифікатора. Серед існуючих методів класифікації можна виділити наступні:

- ймовірнісний критерій якості класифікації;
- оптимальна стратегія статистичної класифікації;
- класифікатор Байеса;
- мінімакний класифікатор;
- класифікатор Неймана-Пірсона.

За результатами аналізу останніх досліджень та публікацій можна зробити висновок, що до найперспективніших підходів що до розв'язання задач розпізнавання рукописних символів у разі автоматизованого уведення у комп'ютер текстової інформації належить використання алгоритму логістичної регресії та ШНМ. В обох підходах важливим є машинне навчання.

Задача машинного навчання, а саме навчання з учителем (supervised learning), коли система навчається за допомогою наявної множини прикладів, описується так: метою є, з урахуванням навчального набору, навчити функцію $h: X \rightarrow Y$ так, що $h(x)$ є "добрим" показником для відповідних значень Y . З історичних причин ця функція h називається гіпотезою. Відображення цього процесу подано на рис. 1.

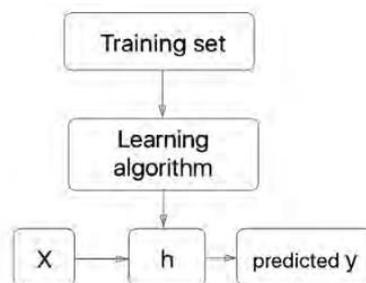


Рис 1. Узагальнена схема використання гіпотези

Нашим завданням було побудувати нейромережу, яка б уміла розпізнавати рукописні букви від *a* до *я*. Приклад набору зображень наведено на рис. 2. Для розпізнавання використано багат шаровий перцептрон та згорткову нейронну мережу, які навчали методом зворотного поширення похибки. Цей метод можна застосовувати для навчання одно - та багат шарових нейронних мереж, у яких немає прямих і зворотних зв'язків, що перестрибують через шари. Кожен нейрон попереднього шару зв'язаний тільки з нейронами наступного шару. Метод зворотного

поширення похибки полягає у послідовному поширенні похибки від вищих шарів до нижчих. Відповідно, корекцію ваг визначають за допомогою градієнтних методів. Для нейронів використовували функції активації SoftMax та ReLU (рис.3).

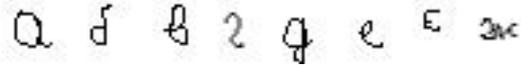


Рис. 2. Зразки для навчання

Softmax - це узагальнення логістичної функції для багатовимірного випадку. Функція перетворює вектор z розмірності K в вектор σ тієї ж розмірності, де кожна координата σ_i отриманого вектора представлена дійсним числом в інтервалі $[0,1]$ і сума координат дорівнює 1. Координати σ_i обчислюються наступним чином:

$$\sigma(z)_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_{k=1}^K e^{z_k}}$$

Функція Softmax застосовується в машинному навчанні для задач класифікації, коли кількість можливих класів більше двох (для двох класів використовується логістична функція). Координати σ_i , отриманого вектора, при цьому трактуються як ймовірності того, що об'єкт належить до класу i . Вектор-стовпець z при цьому розраховується наступним чином:

$$z = w^T x - \theta$$

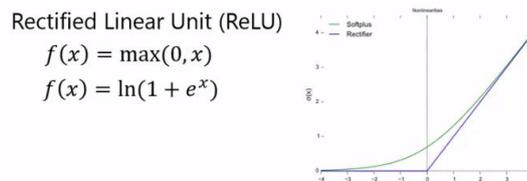


Рис. 3 Функція активації ReLU

де x - вектор-стовпець ознак об'єкта розмірності $M \times 1$; w^T - транспонована матриця вагових коефіцієнтів ознак, що має розмірність $K \times M$; θ - вектор-стовпець з граничними значеннями розмірності $K \times 1$, де K - кількість класів об'єктів, а M - кількість ознак об'єктів.

Часто Softmax використовується для останнього шару глибоких нейронних мереж для задач класифікації. Для навчання нейронної мережі при цьому в якості функції втрат використовується перехресна ентропія.

Корекцію ваг під час навчання нейромережі обчислюють за формулою

$$\Delta w^t = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w} + M \Delta w^{t-1},$$

Де t – номер кроку навчання; Δw^t – значення корекції ваг на кроці t ; $\frac{\partial E}{\partial w}$ – градієнт похибки; α – швидкість навчання, M – момент навчання.

Нейромережі названого типу та процес їхнього навчання характеризують такими загальними глобальними параметрами: швидкість навчання α – відображає, на скільки ми враховуємо запропоновані алгоритмом поправки; момент навчання M – інертність алгоритму, міра врахування попередніх значень ваг кожного нейрона; очікувана похибка ϵ – значення похибки, у разі досягнення якого навчання мережі припиняється; кількість нейронів прихованого шару.

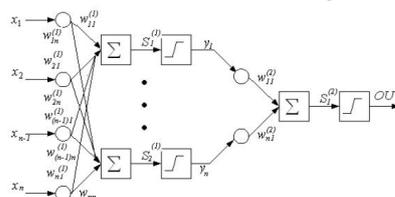


Рис. 4. Структура багатозарового персептрона

У процесі виконання поставленого завдання розроблено програмне забезпечення для розпізнавання рукописного тексту. Розроблялися та перевірялися дві нейронні мережі, на основі багат шарового перцептрона і згорткової мережі. Після закінчення навчання мережі, якість і швидкість роботи нейронних мереж порівнюється та вносяться певні корективи в алгоритм для покращення характеристик мережі. Середовищем створення нейронної мережі було обрано Jupiter Notebook з Python 3.5. Використовувалися вільні бібліотеки Keras і TensorFlow для написання коду програми.

Як бачимо з рис.5, а)-б), рельєф функції ефективності дуже складний, значно залежить від навчальної вибірки і навряд чи піддається аналітичному дослідженню, не говорячи про загальноприйняте "вгадування" параметрів. Зазначимо, що табулювання зі щораз меншим кроком виявляє нові вузькі ущелини та піки.

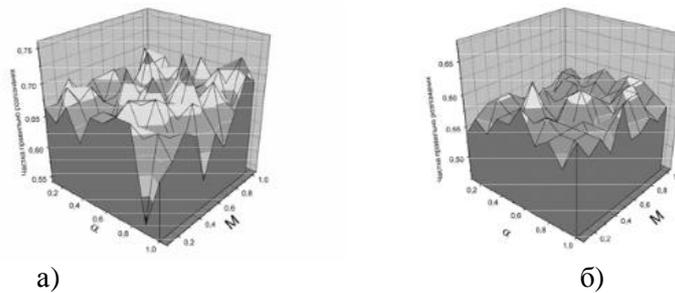


Рис. 5. Функція ефективності розпізнавання

Крім того, для тієї ж навчальної вибірки, але різних значень очікуваної похибки залежність ефективності розпізнавання від швидкості та моменту навчання теж буде дуже відрізнятися, що проілюстровано на рис. 6, а)-б), очікувана похибка для яких становить 0,01 та 0,02, відповідно.

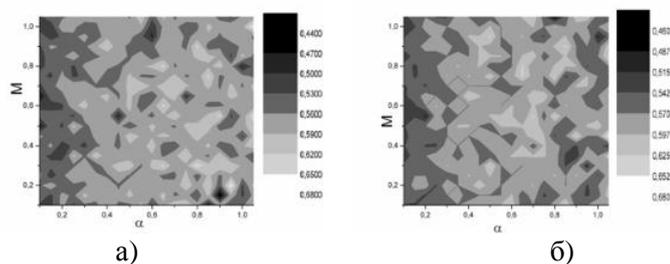


Рис. 6. Функція ефективності розпізнавання

Поліпшити якість навчання мережі можна шляхом зміни гіперпараметрів: кількість епох навчання, розмір міні-вибірки, кількість нейронів у вхідному шарі, кількість прихованих шарів

Дослідження оптимальних значень глобальних параметрів відбувалося для повнозв'язних і не повнозв'язних нейромереж, при цьому в останньому випадку для кожної окремої підмережі підбирали свій набір параметрів. Використовували простий генетичний алгоритм (ГА). Щоб отримати загальне уявлення про простір пошуку, виконували серію послідовних запусків. Оскільки нам потрібні оптимальні параметри для роботи в середовищі з великим впливом випадкових, малопередбачуваних факторів, зокрема не можливо сказати наперед, які варіанти написання будуть, то для роботи ГА використовували таку стохастичну процедуру:

1. Створюють популяцію різноманітних наборів параметрів.

2. Для кожного такого набору – особи в термінах ГА, навчальну вибірку випадковим способом розбивають на дві групи: група для навчання нейромережі та група для пробного розпізнавання навченою мережею. Процес повторюють декілька разів, визначають середню ефективність розпізнавання нейромережі для різних навчальних наборів.

3. Отриману на попередньому етапі ефективність розпізнавання нейромережею невідомих зразків використовують як пристосованість цієї особи. Виконують один крок простого ГА, генеруючи нову популяцію.

4. Переходять до кроку 2. Розбиття навчальної вибірки на дві випадкові групи є важливим, оскільки в іншому випадку – фіксованого розбиття, ми отримаємо мережу, оптимізовану під конкретну задачу – вчитися на одній множині так, щоб розпізнавати іншу.

Для поліпшення роботи мережі було проведено серію експериментів, в кожному з яких мінявся один з гіперпараметрів.

Кількість епох навчання. Оцінимо вплив кількості епох навчання на якість навчання мережі. Кількість епох задається в аргументі `epochs` методу `model.fit` :

`model.fit(X_train, Y_train, batch_size=200, epochs=XXX, validation_split=0.2, verbose=2)`

Навчали мережу протягом 50, 75, 100 і 125 епох. Вибиралась кількість епох, при якому найвища точність роботи мережі на тестових даних. Найкращий результат проявився при використанні 100 епох. Якість навчання сягала 96%. При 125 епохах запустився процес перенавчання нейронної мережі.

Розмір міні-вибірки. Оцінено вплив розміру міні-вибірки на якість навчання мережі. Розмір задається в аргументі `batch_size` методу `model.fit` :

`model.fit(X_train, Y_train, batch_size=XXX, epochs=100, validation_split=0.2, verbose=2)`

Використовувалися розміри міні-вибірки 50, 100, 200 і 400. При використанні максимального значення навчання мережі здійснювалося швидше, але робота ПК була сповільнена. Якість навчання залишалась при зміні параметрів сталою.

Зміна кількості нейронів у вхідному шарі. Кількість нейронів задається при створенні вхідного шару:

`model.add(Dense(XXX, input_dim=784, activation="relu", kernel_initializer="normal"))`

Використано значення 500, 700, 900, 1200. В даному випадку найоптимальніше по параметрах швидкість/якість підходить значення 900. При якому навчання здійснюється за короткий час та з точністю 96,7%

Додавання прихованого шару. Додано в мережу прихований шар:

**`model.add(Dense(800, input_dim=784, activation="relu", kernel_initializer="normal"))`
`model.add(Dense(600, activation="relu", kernel_initializer="normal"))` **`model.add(Dense(10, activation="softmax", kernel_initializer="normal"))`****

Якість навчання суттєво покращилася, хоча швидкість навпаки - сповільнилася.

Завдяки використанню такого методу вдалося досягнути ефективності розпізнавання 94 ± 5 % для багатошарового перцептронну. Для згорткової мережі результати ще кращі 97 ± 3 %, при чому кожна з підмереж досягає ефективності 95 – 99 % розпізнавання “свого” символу.

У процесі роботи з нейромережами експериментально з'ясовано, що: важко досягти якісного розпізнавання таких символів, як “о”, “з”, ”ж”, “ш”, “ф”, “я”; інші букви алфавіту розпізнавалися з невеликим набором даних для навчання.

Також продемонстровано наявність широкого простору для оптимізації за часом навчання та роботи нейромережі. Цей висновок ґрунтується на тому, що приблизно тієї ж ефективності розпізнавання можна досягнути при різних наборах параметрів та різних кількостях нейронів.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В результаті виконаного дослідження було проаналізовано переваги та недоліки методів розпізнавання рукописного тексту. Було побудовано декілька різних нейронних мереж та порівняно їхню продуктивність.

В майбутньому дані проведеного дослідження можна використати для розробки програм машинного розпізнавання тексту, полегшеного введення тексту за допомогою сенсорних технологій. Перспективним є дослідження продуктивності різних топологій нейронних мереж для виконання даного завдання.

1. traffic from January 2014 to September 2017, by month [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.statista.com/statistics/420391/spam-email-traffic-share/>

2. Vikas P. Deshpande. An Evaluation of Naive Bayesian Anti-Spam Filtering Techniques / Vikas P. Deshpande, Robert F. Erbacher, Chris Harris // Proceedings of the 2007 IEEE Workshop on Information Assurance United States Military Academy, West Point, 2007. — NY 20—22 June. — Режим доступу: <http://digital.cs.usu.edu/~erbacher/publications/Bayes-Vikas2.pdf>.

3. Graham P. A Plan for Spam / P. Graham, 2002. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.paulgraham.com/spam.html>.

4. Мироненко А. Н. Алгоритм контентной фильтрации спама на базе совмещения метода опорных векторов и нейронных сетей : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.19 «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность» / А. Н. Мироненко. — СПб., 2012. — 18 с.

5. Терейковский І. Методология классификации листов электронной почты с использованием нейронных сетей. / І. Терейковский // Захист інформації – 2013, – Том 15, №2, – С. 115-122.

6. Кузьма К., Зівенко В. Аналіз методів фільтрації електронної пошти від спаму. / К. Кузьма, В. Зівенко // Науковий журнал – Геометричне моделювання та інформаційні технології № 1 (3), квітень 2017. – Миколаїв : МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2017. — С. 84-89.

7. Dua, D. and Karra Taniskidou, E. (2017). UCI Machine Learning Repository [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science.

УДК 004.415.3

Пех П.А., Корець Р.С.

Луцький національний технічний університет

РЕАЛІЗАЦІЯ ОСНОВНОЇ ФУНКЦІЇ КАЛЬКУЛЯТОРА - ОБЧИСЛЕННЯ ВИРАЗІВ - ЗА ДОПОМОГОЮ JAVA-КЛАСІВ

Пех П.А., Корець Р.С. Реалізація основної функції калькулятора – обчислення виразів – за допомогою Java-класів. В статті запропоновано один із можливих шляхів реалізації основної функції калькулятора – обчислення виразів – за допомогою Java-класів. Наведені програмні коди запропонованих класів.

Ключові слова: Java-клас, калькулятор, обчислення виразів, функція класу, типи даних

Пех Петр Антонович, Корец Роман Сергеевич. Реализация основной функции калькулятора – вычисление выражений – с помощью Java-классов. В статье предложен один из возможных путей реализации основной функции калькулятора – вычисление выражений – с помощью Java-классов. Приведены программные коды предложенных классов.

Ключевые слова: Java-класс, калькулятор, вычисление выражений, функция класса, типы данных

Pekh Petro, Korets Roman. Implementation of the calculator basic function - the calculation of expressions - by means of Java classes. In the article is considered one of the possible ways of realizing the calculator basic function - the calculation of expressions - by means of Java classes. The program codes of the proposed classes are given.

Keywords: Java class, calculator, calculation of expressions, function of class, data types

Постановка задачі. Загальновідомо, що сучасний калькулятор повинен:

- виконувати базові арифметичні операції, а саме – додавання, віднімання, множення та ділення, що містяться в обчислюваному виразі;
- обчислювати математичні функції;
- будувати графіки функцій, заданих арифметичними виразами та, можливо, мати інші функції.

У даній статті розглядається лише питання обчислення арифметичних виразів. Звичайно, калькулятор повинен обчислювати вираз у правильному порядку з урахуванням пріоритету операцій: у першу чергу обчислювати вирази в дужках, далі виконувати операції ділення та множення, а потім – операції додавання та віднімання.

Метою дослідження було розроблення засобами мови Java класів для реалізації основної функції калькулятора – обчислення виразів.

Новизна дослідження полягає у підході до вирішення проблеми з позицій об'єктно-орієнтованого програмування [1,2].

Основна частина. Оскільки калькулятор призначений для обчислення складних виразів, що передбачають використання дужок, то необхідно створити клас QuoteAnalyser, який реалізує функцію роботи з ними. Перш за все необхідно створити функцію, яка визначає і повертає позиції дужок, в межах яких потрібно проводити обчислення. Оскільки введений користувачем вираз буде мати стрічковий тип String, то для вирішення даної задачі зручно скористатись регулярними виразами.

Далі наведено реалізацію функції getCoupleOfQuotes() класу QuoteAnalyser, що повертає пару дужок, в межах яких будуть проводитись обчислення.

```
static int[] getCouplesOfQuotes(String Example){
    Pattern pattern = Pattern.compile("\\([0-9a-zA-Z\\-*/!^[^()]]*\\)");
    Matcher matcher = pattern.matcher(Example);
    int BeginOfExpression;
    int EndOfExpression;
    int[] Quotes = new int[2];
    if(matcher.find()){
        String Expression = matcher.group(0);
        BeginOfExpression = Example.indexOf(Expression);
        EndOfExpression = BeginOfExpression + Expression.length() - 1;
    } else return null;
    Quotes[0] = BeginOfExpression;
    Quotes[1] = EndOfExpression;
    return Quotes;
}
```

Дана функція приймає введений користувачем вираз, тобто об'єкт типу String. У самій функції створюється шаблон `\\([0-9a-zA-Z\\-+*/!^[^()]]*\\)`, що відповідає будь-якому виразу, на початку якого стоїть відкриваюча дужка, а в кінці – закриваюча. У середині цього виразу мають бути відсутні інші дужки. Для прикладу, даний шаблон відповідає виразам виду $(21+34)$, $(321+3*3.2/5-5)$, $(-10 +50!)$, але не відповідає виразам виду $((2+3)/5)$, $(90*(9-5)/(60+17+13))$.

Далі створюються допоміжні змінні та масив типу int, який буде містити в собі значення індексу позиції дужки, що відкривається, та значення індексу позиції дужки, що закривається. Перший знайдений вираз, який відповідає описаному вище шаблону, поміщається в окрему змінну типу String. Далі за допомогою функції indexOf() знаходимо індекс початку виразу, що не містить внутрішніх дужок, у виразі, введеному користувачем. Індекс кінця виразу знаходимо, додавши довжину знайденого виразу до індексу початку, після чого поміщаємо значення індексів у масив. Якщо виразів, що відповідають шаблону, не знайдено, то функція повертає значення Null. Таким чином, дана функція повертає початкову та кінцеву позиції дужок у виразі, в межах яких на даному етапі необхідно провести обчислення.

Для того, щоб у подальшому спростити розробку, було створено ще декілька допоміжних функцій, а саме – функції, які повертають кількість лівих та правих дужок, загальну кількість дужок, та функцію, яка перевіряє, чи кількість лівих і правих дужок співпадає. Нижче представлена реалізація цих функцій:

```
static boolean CheckQuotes (String Example){
    if((QuoteAnalyser.getNumberOfQuotes(Example) & 1) != 0){
        return false;
    }
    int count_left_quotes = 0;
    int count_right_quotes = 0;
    for (int i = 0 ; i< Example.length(); i++){
        if (Example.charAt(i) == '('){
            count_left_quotes++;
        }
        if (Example.charAt(i) == ')'){
            count_right_quotes++;
        }
    }
    return count_left_quotes == count_right_quotes;
}
static int getNumberOfLeftQuotes (String Example){
    int count_left_quotes = 0;
    for (int i = 0 ; i< Example.length(); i++){
        if (Example.charAt(i) == '('){
            count_left_quotes++;
        }
    }
    return count_left_quotes;
}
static int getNumberOfRightQuotes (String Example){
    int count_right_quotes = 0;
    for (int i = 0 ; i< Example.length(); i++){
        if (Example.charAt(i) == ')'){
            count_right_quotes++;
        }
    }
    return count_right_quotes;
}
static int getNumberOfQuotes(String Example){
    int count_left_quotes = 0;
    int count_right_quotes = 0;
    for (int i = 0 ; i< Example.length(); i++){
        if (Example.charAt(i) == '('){
```

```

        count_left_quotes++;
    }
    if (Example.charAt(i) == ')'){
        count_right_quotes++;
    }
}
return count_left_quotes + count_right_quotes;
// Return general count of quotes
}

```

Зауважимо, що всі функції даного класу є статичними, оскільки немає необхідності створювати екземпляри класу.

Наступним кроком реалізації основної функції калькулятора є написання класу Reader. Цей клас буде зчитувати операнди та арифметичні операції всередині дужок, які повертає функція QuoteAnalyser.getCouplesOfQuotes(), та повертати їх список. Нижче наведена реалізація функції зчитування арифметичних знаків.

```

static List<Character>readSigns(String Example, int Begin, int End){
    List<Character> Signs = new ArrayList<>();
    String SubExample = Example.substring(Begin, End);
    Pattern pattern = Pattern.compile("[+*\\-/]");
    Matcher matcher = pattern.matcher(SubExample);
    while (matcher.find()) {
        String Sign = matcher.group();
        if (Character.isDigit(Sign.charAt(0))) {
            Signs.add(Sign.charAt(1));
        }
    }
    return Signs;
}

```

Дана функція приймає введений користувачем вираз, і ще дві змінні типу int, які відповідають індексам початку і кінця дужок, та повертає об'єкт типу List. Створюється список типу Character, далі створюється допоміжна змінна SubExample, що буде зберігати вираз, який відповідає шаблону. Далі створено шаблон [+*\\- /], якому відповідають два символи: будь-який символ та знак арифметичної операції. У циклі перевіряється, чи перший символ є цифрою. Якщо так, то арифметичний знак додається у список. Нижче представлена функція зчитування операндів.

```

static List<Double> readNumbers(String Example, int Begin, int End){
    List <Double> Numbers = new ArrayList<>();
    String SubExample = Example.substring(Begin, End);
    Pattern pattern = Pattern.compile("([([+\\-*/^]\\-)?[0-9]+(\\.([0-9])*)?(E[+\\-]?[0-9]+)?"); // Symbols at 0 and 1 indexes may be [+*/]
    Matcher matcher = pattern.matcher(SubExample);
    while(matcher.find()){
        String Number = matcher.group();
        if (Number.length() == 1) {
            Numbers.add(Double.parseDouble(Number));
        }
        else if (Character.isDigit(Number.charAt(1)) || Number.charAt(1)
== '.') {
            Numbers.add(Double.parseDouble(Number));
        } else {
            char[] str = Number.toCharArray();
            str[0] = ' ';
            Number = new String(str);
            Numbers.add(Double.parseDouble(Number));
        }
    }
    return Numbers;
}

```

Дана функція приймає ті ж дані що й попередня функція, та повертає об'єкт типу List що містить у собі всі операнди в межах Begin-End. В середині функції створюється шаблон $(([+\backslash\-*/^\wedge]\backslash\-\?)?[0-9]+(\backslash\.\([0-9])^*\)?(E[+\backslash\-\]?[0-9]+)?$, що представляє собою будь-яке число, а також перші два символи перед ним, які можуть бути присутніми, або бути не присутніми. Якщо знайдена стрічка має довжину 1, або символ під індексом 1 є цифрою чи крапкою, то стрічка конвертується у тип double, і додається у список. В іншому випадку із стрічки видаляється перший символ, конвертується в тип double, після чого додається у список.

Під час зчитування знаків та операндів з'являється проблема зі знаком '-' , оскільки потрібно визначити, чи потрібно додавати цей знак у список, чи присвоїти цей знак операнду. Тому було вирішено зчитувати у список знаків лише ті знаки '-', які знаходяться безпосередньо після символу, що представляє собою цифру. Функції даного класу розроблені, виходячи з того, щоб калькулятор міг правильно зчитувати вирази з від'ємними числами, такі як: $(-5+10/-2)$. У даному випадку список арифметичних знаків буде $[+ ; /]$, а список операндів $[-5 , 10 ; -2]$.

Наступним важливим кроком є розробка класу BasicCalculator. До складу цього класу входить допоміжна функція String substituteString, за допомогою якої можна замінювати будь-яку частину стрічки будь-якою іншою стрічкою:

```
static String substituteString(String Example, int Begin, int End, String Result) {
    int LengthOfNewString = Example.length();
    int ChangeOfLenght = (End - Begin) + 1;
    LengthOfNewString -= ChangeOfLenght;
    int count = 0;
    String StringOfDouble = Result;
    ChangeOfLenght = StringOfDouble.length();
    LengthOfNewString += ChangeOfLenght;
    int j = 0;
    char[] NewExample = new char[LengthOfNewString];
    for (int i = 0; i < Example.length(); i++) {
        if (i == Begin) {
            while (count != StringOfDouble.length()) {
                NewExample[i] = StringOfDouble.charAt(count);
                count++;
                i++;
            }
            j = i;
            i = End;
        } else if (i > End) {
            NewExample[j] = Example.charAt(i);
            j++;
        } else NewExample[i] = Example.charAt(i);
    }
    return new String(NewExample);
}
```

Параметрами даної функції є два об'єкти типу String та дві змінні типу int. Перший об'єкт типу String є введений користувачем вираз, а другий об'єкт такого ж типу є стрічкою, яку необхідно вставити. Параметри типу int є початком і кінцем вставки. На початку функція обчислює довжину стрічки-результату шляхом віднімання різниці End та Begin від початкової довжини стрічки, та додавання довжини стрічки, яка вставляється. Далі в стрічку-результат вставляються всі символи старої стрічки з індексом, меншим від Begin, після чого вставляються символи стрічки Result. Далі вставляються ті символи зі старої стрічки, що мають індекс більший за End.

Для зручності було створено ще одну функцію, яка обгортає вираз користувача в дужки:

```
private static String prepareExample (String Example){
    char[] PreparedExample = new char[Example.length() + 2];
    PreparedExample[0] = '(';
    PreparedExample[PreparedExample.length - 1] = ')';
    for (int i = 1; i < PreparedExample.length - 1; i++){
```

```
        PreparedExample[i] = Example.charAt(i - 1);  
    }  
    Example = new String(PreparedExample);  
    return Example;  
}
```

Далі було створено головну функцію Calculate(String Example), яка буде використовувати всі вище описані функції для обчислення виразу. Нижче наведена її реалізація:

```
static String Calculate(String Example) {  
    double ResultOfOperation = 0.0;  
    Example = prepareExample(Example);  
    int[] Quotes;  
    List<Double> Numbers;  
    List<Character> Signs;  
    int i = 0;  
    int NumberOfCycles = QuoteAnalyser.getNumberOfQuotes(Example) / 2;  
    while(NumberOfCycles != 0) {  
        Example = Example.replaceAll("\\\\-\\\\-", "+");  
        Quotes = QuoteAnalyser.getCouplesOfQuotes(Example);  
        Signs = Reader.readSigns(Example, Quotes[i], Quotes[i + 1]);  
        Numbers = Reader.readNumbers(Example, Quotes[i], Quotes[i + 1]);  
        if (!Signs.isEmpty()) {  
            for (int j = 0; j < Signs.size(); j++) {  
                if (Signs.get(j) == '*') {  
                    ResultOfOperation = Numbers.get(j) * Numbers.get(j +  
1);  
                    Numbers.remove(j);  
                    Numbers.remove(j);  
                    Numbers.add(j, ResultOfOperation);  
                    Signs.remove(j);  
                    j--;  
                } else if (Signs.get(j) == '/') {  
                    ResultOfOperation = Numbers.get(j) / Numbers.get(j +  
1);  
                    Numbers.remove(j);  
                    Numbers.remove(j);  
                    Numbers.add(j, ResultOfOperation);  
                    Signs.remove(j);  
                    j--;  
                }  
            }  
            for (int j = 0; j < Signs.size(); j++) {  
                if (Signs.get(j) == '+') {  
                    ResultOfOperation = Numbers.get(j) + Numbers.get(j +  
1);  
                    Numbers.remove(j);  
                    Numbers.remove(j);  
                    Numbers.add(j, ResultOfOperation);  
                    Signs.remove(j);  
                    j--;  
                } else if (Signs.get(j) == '-') {  
                    ResultOfOperation = Numbers.get(j) - Numbers.get(j +  
1);  
                    Numbers.remove(j);  
                    Numbers.remove(j);  
                    Numbers.add(j, ResultOfOperation);  
                    Signs.remove(j);  
                    j--;  
                }  
            }  
        }  
    }  
}
```

```

    }
    Example = substituteString(Example, Quotes[i], Quotes[i + 1],
String.valueOf(ResultOfOperation));
    NumberOfCycles--;
    }
    else {
        Example = substituteString(Example, Quotes[i], Quotes[i + 1],
String.valueOf(Numbers.get(0)));
        NumberOfCycles--;
    }
}
return Example;
}
}

```

Дана функція приймає лише один параметр, а саме - об'єкт типу String, що є виразом користувача. У цій функції спочатку створюється два порожніх об'єкти Numbers та Signs типу List з реалізацією ArrayList. Після чого знаходиться кількість ітерацій, необхідних для обчислення виразу. Вона дорівнює кількості пар дужок у виразі. Далі за допомогою функції QuoteAnalyser.getCoupleOfQuotes() у циклі знаходяться пара дужок, всередині яких відсутні інші пари дужок. Звідси і починаються обчислення. Наступним кроком є обчислення вмісту дужок. Кожна ітерація передбачає виконання таких кроків :

- Пошук чисел та додавання їх у список Numbers за допомогою методу Reader.readNumbers().
- Пошук знаків та додавання їх у список Signs за допомогою методу Reader.readSigns().
- Виконання множення та ділення у виразі шляхом знаходження індексу j відповідного знаку у списку (* або /), та виконання відповідної дії (множення чи ділення) над операндом, що має той самий індекс j, та операндом з індексом j+1. Далі зі списку Signs видаляється знак з індексом j, а зі списку Numbers видаляються операнди з індексом j та j+1.
- Виконання додавання та віднімання у виразі шляхом знаходження індексу j відповідного знаку у списку(+ або -), та виконання відповідної дії (додавання чи віднімання) над операндом, що має той самий індекс j та операндом з індексом j+1. Далі зі списку Signs видаляється знак з індексом j, а зі списку Numbers видаляються операнди з індексом j та j+1.
- Перевірка списку Signs: якщо список порожній, то у списку Numbers залишилось одне число, яке і є результатом обчислень виразу в дужках.

Знайдений результат обчислення виразу, що знаходився в дужках, замінює весь вираз, що був в дужках, за допомогою допоміжної функції substituteString().

Нижче наведено вигляд стрічки, списків арифметичних знаків та операндів для виразу $(-9+15/(16*-3)+(10+5*2))$ після кожної ітерації:

Таблиця 1 – Покрокова робота функції BasicCalculator.Calculate()

Номер ітерації	Загальний вигляд виразу	Обчислювана частина виразу	Арифметичні знаки	Операнди
1	$(-9+15/(16*-3)+(10+5*2))$	$(16*-3)$	[*]	[16;-3]
2	$(-9+15/-48+(10+5*2))$	$(10+5*2)$	[+; *]	[10;5;2]
3	$(-9+15/-48+20)$	$(-9+15/-48+20)$	[+;/+]	[-9;15;-48;20]
4	10.6875	-	-	[10.6875]

Висновок. В статті запропоновано один із можливих шляхів реалізації основної функції калькулятора – обчислення виразів – за допомогою Java-класів. Проблема вирішується з позицій об'єктно-орієнтованого програмування Наведені програмні коди запропонованих класів.

1. Герберт Шилдт. Java. Полное руководство, 10-е издание = Java. The Complete Reference, 10th Edition. — М.: «Диалектика», 2018. — 1488 с. — ISBN 978-5-6040043-6-4.
2. Кей С. Хорстманн. Java SE 9. Базовый курс = Core Java SE 9 for the Impatient. — М.: «Вильямс», 2018. — 576 с. — ISBN 978-5-6040043-0-2, 978-0-13-469472-6.

УДК 004.415.3

Пех П.А.к.т.н, доц. зав.кафедри КітаКБ, Яковлюк С. М.
Луцький національний технічний університет

СТВОРЕННЯ КОЛОДИ КАРТОК З ПРОГРАМУВАННЯ МОВОЮ C++ ЗАСОБАМИ ПРОГРАМИ ANKI

Пех П. А., Яковлюк С. М. Створення колоди карток з програмування мовою C++ засобами програми Anki. В статті запропоновані ефективна методика та колода карток для запам'ятовування англійських термінів з програмування мовою C++. Описано процес створення колоди карток з термінами з програмування засобами програми Anki.

Ключові слова: Anki, колода карток, запам'ятовування слів, метод розподілених повторень

Пех Петр Антонович, Яковлюк Сергей Николаевич. Создание колоды карточек с программирования на языке C++ с помощью программы Anki. В статье предложены эффективная методика и колода карточек для запоминания английских терминов по программированию на языке C++. Описан процесс создания колоды карточек с терминами по программированию с помощью программы Anki.

Ключевые слова: Anki, колода карточек, запоминание слов, метод распределенных повторений

Pekh Petro, Jakovljuk Sergij. Creating of cards deck for studying C++ programming language using Anki's tools. In the article an effective methodology and a deck of cards for remembering English terms for programming in C++ language are proposed. The process of a cards deck creating with programming terms using Anki program is given.

Keywords: Anki, deck of cards, word memoirs, method of distributed repetitions.

Постановка задачі. Необхідність вільного володіння англійською мовою студентами ІТ – профілю у теперішній час не викликає жодних заперечень. З цієї причини актуальною є проблема розроблення таких електронних ресурсів, які інтенсифікують процес вивчення англійської мови. До таких ресурсів відносяться серед інших колоди карт, для сторення яких розроблені різні спеціалізовані програми, зокрема, програма Anki [1, 2].

Інтенсифікація навчання за допомогою колод карток полягає у полегшенні запам'ятовування слів, виразів і будь-якої іншої інформації методом розподілених повторень. Картки колод формуються засобами мови HTML та можуть включати текст, зображення, звуки, відео та математичні вирази. Але головним елементом картки є слова та вирази, що підлягають вивченню, а, точніше сказати, запам'ятовуванню. У процесі вивчення слів та виразів колода карток пропонує студенту одну картку за другою через певні проміжки часу. Залежно від того, правильною чи неправильною буде відповідь студента, у подальшому ця ж картка буде пропонуватися з тим самим чи більшим часовим інтервалом.

Метод розподілених повторень – це такий підхід до навчання, що ґрунтується на поступовому збільшенні інтервалів між повтореннями попередньо вивченого матеріалу, з тим щоб отримати максимальну користь від ефекту розподілення. Хоча цей метод може принести користь і в інших сферах навчального процесу, він найчастіше використовується тоді, коли той, хто навчається, мусить вивчити велику кількість фактів і тримати їх у пам'яті протягом тривалого часу. Виходячи з цього, метод розподілених повторень добре підходить для засвоєння спеціальної термінології під час вивчення іноземної мови.

Робота з колодами карток засобами програми Anki може бути реалізована:

- шляхом використання готових колод карток, яких є досить багато у базі даних програми Anki;
- шляхом розроблення, додавання до бази даних Anki і подальшого використання власних колод карток.

У даній статті розглядається процес створення колоди карток для вивчення термінів з такого важливого предмету, як програмування мовою C++.

Метою нашого дослідження було розроблення засобами програми Anki колоди карток для вивчення термінів з програмування мовою C++. Новизна роботи полягає у створенні принципово нового електронного ресурсу для вирішення окресленої вище проблеми.

Основна частина. Розглянемо процес створення карток засобами програми Anki. Програма дає можливість додати нові картки як до вже існуючої, так і до щойно створеної колоди. Для того, щоб додати нову картку, потрібно натиснути кнопку «Додати», яка знаходиться над списком колод у головному вікні програми (рис.1), після чого з'явиться вікно додавання нової картки.

У даному вікні є багато меню і функцій, що мають різне призначення. Для додавання простих карток у колоду потрібно обрати колоду, у яку потрібно додати картку, заповнити поля «Лицьова

сторона» («Front») і «Зворотня сторона» («Back») та натиснути кнопку «Додати» внизу даного вікна. Для створення більш складних карток можна використати інші функції даного вікна.

Меню «Тип» (рис. 2) дозволяє розробнику колоди змінювати тип карти, що додається, а також створювати нові типи і редагувати існуючі. Для обрання необхідного типу необхідно вибрати назву необхідного типу, а потім натиснути на кнопку «Вибрати». Якщо є необхідність додати новий або змінити існуючий тип, необхідно натиснути на кнопку «Управління». З'явиться нове вікно, у якому здійснюється управління типами. Якщо немає необхідності у виконанні жодної дії з типами карток, виконуємо команду «Скасувати». Для того, щоб не змінювати вигляд карток типу «Базова», потрібно створити новий тип на основі одного з тих, що є у програмі за замовчуванням. Для цього потрібно виконати команду «Управління»/«Додати», обрати тип карток, на основі якого буде створений новий тип, натиснути «ОК», ввести назву нового типу і знову натиснути «ОК». Далі необхідно закрити вікно управління та обрати щойно створений тип.

Меню «Колода» у вікні додавання карток необхідне для обрання імені колоди, у яку потрібно помістити створювану картку.

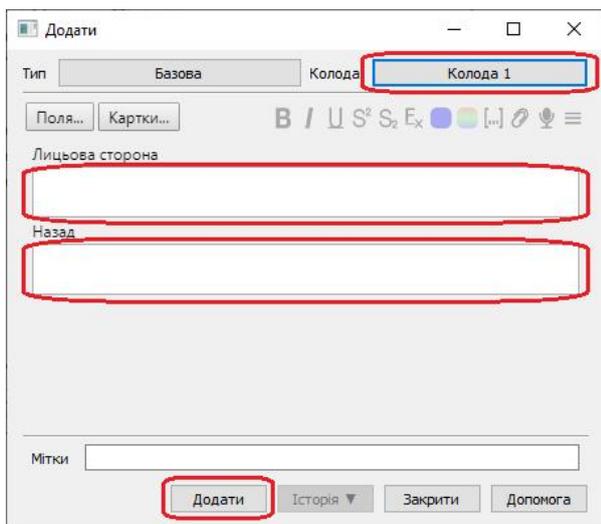


Рисунок 1 – Створення найпростішої картки у програмі Anki

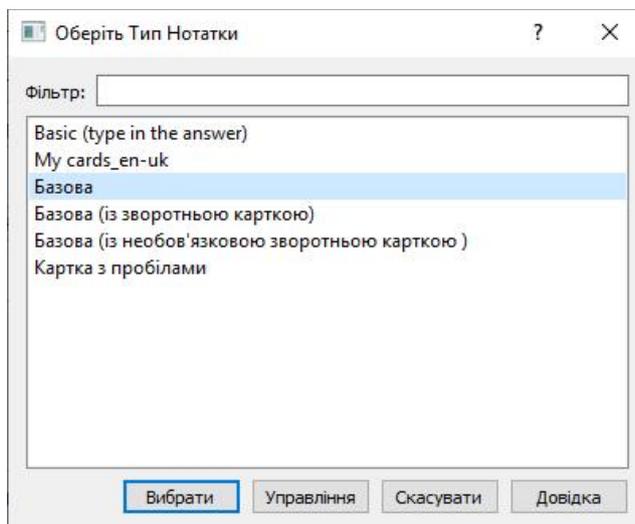


Рисунок 2 – Вікно меню «Тип»

За допомогою кнопки меню «Поля...» можна викликати вікно (рис. 3), у якому є можливість додавати, перейменовувати та змінювати положення полів картки. Це необхідно для того, щоб змінювати форматування різних частин картки окремо одну від одної, та щоб вони не знаходились в одній стрічці (наприклад, коли потрібно додати слово, його переклад, значення, а також приклад використання).

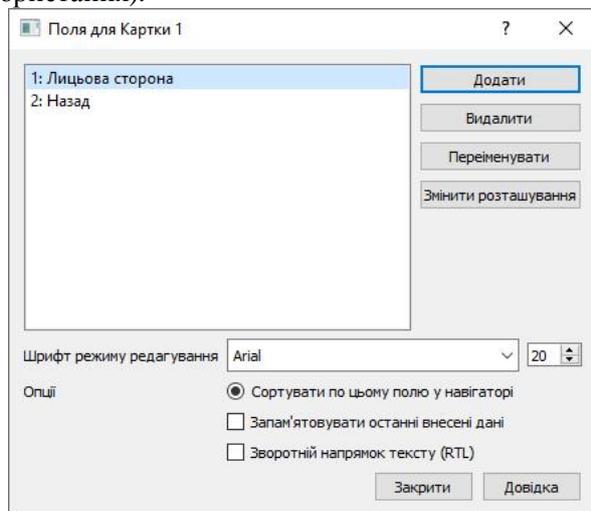


Рисунок 3 – Вікно «Поля»

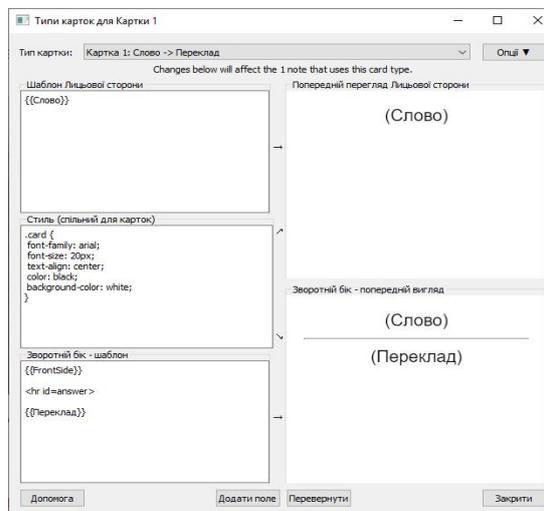


Рисунок 4 – Вікно редактора коду карток Anki

Кнопкою «**Картки...**» (рис. 4) можна викликати вікно, у якому редагується HTML-код картки. З лівої сторони знаходяться два поля для запису самого коду для кожної сторони картки, а також поле «**Стиль**» у якому можна редагувати та створювати стилі, використовуючи CSS таблиці. На правій стороні вікна показано, як виглядатиме дана картка під час навчання. Також тут є можливість додати нові поля або перевернути картку - тобто, на лицьовій стороні буде знаходитися те, що було на зворотній, і навпаки. Також важливою функцією цього вікна є можливість додати підтип картки за допомогою спадаючого меню «**Опції**». Код кожного нового доданого підтипу карток можна редагувати окремо, вибравши необхідний тип зі спадаючого меню «**Тип картки:**». Під час додавання кожної нової картки буде створюватися картка кожного з підтипів з відповідним форматуванням і стилем.

У вікні додавання карток є більш просте меню для редагування і вводу інформації у поля карток (рис. 5). Тут знаходяться такі функціональні кнопки:

1. Жирний;
2. Курсив;
3. Підкреслений;
4. Нарядковий символ;
5. Підрядковий символ;
6. Усунути форматування;
7. Колір тексту;
8. Палітра кольорів;
9. Тест з пробілами;
10. Прикріпити зображення/аудіо/відео;
11. Запис аудіо з мікрофону;
12. Додавання математичного виразу за допомогою MathJax або LaTeX.

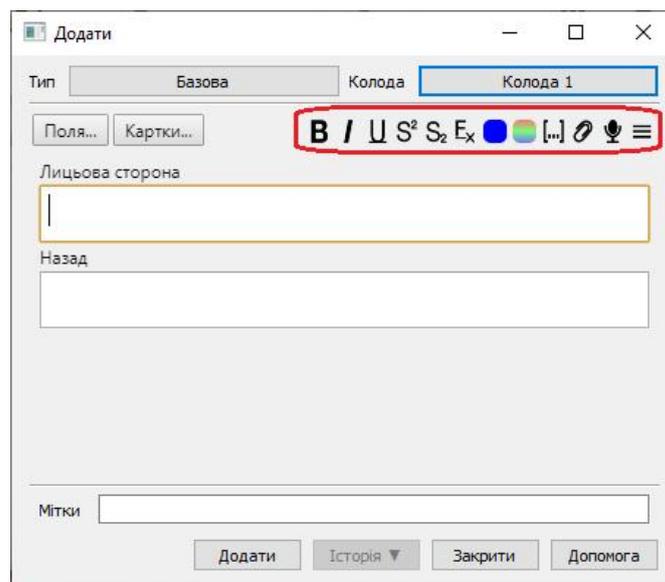


Рисунок 5 – Меню для форматування і вводу інформації у поля картки

Після натискання на кнопку «**Додати**», картка з'явиться у колоді і її можна вивчати. Також її можна буде відредагувати, натиснувши у вікні навчання кнопку «**Редагувати**». З'являється можливість змінити вміст полів та додати мітки лише цієї картки, а також відредагувати HTML і CSS коди та додати новий тип карток, що вплине на всі картки даного типу.

Тепер розглянемо детальніше процес створення колоди карток з термінами з програмування мовою C++. Перш за все, цю колоду потрібно структурувати. Інакше кажучи, її можна розділити на ряд підколод, у кожній з яких будуть розміщені терміни з програмування мовою C++, що відносяться до того чи іншого розділу даної навчальної дисципліни, наприклад:

1. введення в програмування мовою C++;
2. керуючі структури мови C++;
3. функції мови C++

тощо. Всі ці підколоди будуть належати головній колоді з назвою «**Програмування мовою C++**».

Підколода «Введення в програмування мовою С++» міститиме терміни, які підлягають вивченню і відносяться саме до цього розділу (табл. 1).

Створення головної колоди здійснюється натисканням на кнопку «Створити колоду» головного вікна програми Anki. Далі створюється підколода «Введення в програмування мовою С++» та перетягується у головну колоду. Таким чином, колода «Введення в програмування мовою С++» стає підколодою колоди «Програмування мовою С».

Таблиця 1 Картки підколоди «Введення в програмування на С++»

№	Назва картки	№	Назва картки
1	Абстрагування	37	Мультипроцесорна система
2	Апаратне забезпечення	38	Об'єкт
3	Арифметико-логічний пристрій (АЛП)	39	Об'єктно-орієнтована мова
4	Арифметична операція	40	Об'єктно-орієнтоване програмування
5	Асоціативність оператора	41	Об'єктно-орієнтоване проектування
6	Атрибут об'єкта	42	Область в пам'яті
7	Багатозадачність	43	Оголошення
8	Високорівнева мова програмування	44	Операнд
9	Вкладені дужки	45	Оператор
10	Дані	46	Оператори відношення
11	Дані-елемент	47	Операція
12	Зарезервоване слово	48	Первинна пам'ять
13	Змінна	49	Повідомлення
14	Значення змінної	50	Препроцесор
15	Ідентифікатор	51	Пристрій вводу
16	Інкапсуляція	52	Пристрій виводу
17	Інтерпретатор	53	Пріоритет операції
18	Інтерфейс	54	Програмне забезпечення
19	Керуюча логіка	55	Процедурне програмування
20	Керуючі послідовності	56	Редактор вихідного коду
21	Клас	57	Розподілені обчислення
22	Клієнт-серверна модель	58	Рядок
23	Коментарі	59	Мова С
24	Комп'ютер	60	Мова С++
25	Комп'ютерна пам'ять	61	Синтаксична помилка
26	Комп'ютерна програма	62	Структурне програмування
27	Комп'ютерне моделювання	63	Термінал
28	Компілятор	64	Тип, що визначається користувачем
29	Компонування	65	Тіло функції
30	Логічна помилка	66	Транслятор
31	Машинна мова	67	Умовний перехід
32	Машинний код	68	Успадкування
33	Множинне успадковування	69	Функція
34	Мова асемблера	70	Функція-елемент
35	Мова програмування	71	Центральний процесорний блок
36	Мультипроцесор	72	Цілочисельне ділення

Після створення всієї сукупності підколад, починаємо їх наповнення шляхом додавання власних флеш-карток у кожен з цих підколад. Для цього потрібно створити свій тип нотаток. Дана процедура виконується наступним чином:

1. у головному вікні програми Anki натиснути кнопку «Додати»;
2. у вікні «Додати» натиснути на поле з назвою типу нотаток у верхньому лівому кутку;
3. у вікні «Оберіть Тип Нотатки» натиснути кнопку «Управління»;
4. у вікні «Типи нотаток» натиснути кнопку «Додати»;
5. у вікні «Додати тип нотаток» обрати поле «Додати: Базова» та натиснути кнопку «ОК»;
6. ввести назву типу нотаток, а саме «Programming С++».

Наступним кроком є налаштування полів для даного типу нотаток. Натисканням на кнопку «Поля...» у лівому верхньому кутку вікна «Додати» відкривається вікно «Поля для Programming C++». Наступними діями будуть:

1. перейменування полів «Лицьова сторона» та «Зворотня сторона» на «Ukr_name» та «Ukr_mean», відповідно, за допомогою кнопки «Перейменувати»;
2. Створення 4 нових полів: «Eng_name», «Eng_mean», «Eng_exmpl» та «Add1» за допомогою кнопки «Додати».

Після цих дій потрібно відформатувати вигляд флеш-карток. Для цього потрібно відкрити вікно «Типи карток для Programming C++» за допомогою кнопки «Картки...», яка знаходиться правіше від кнопки «Поля...» у вікні «Додати». У даному вікні формується вигляд карток за допомогою написання HTML-коду для розмітки та CSS-коду для їх візуального представлення.

Після усіх зроблених операцій можна приступати до завершення процесу створення карток. Для цього потрібно повернутися до вікна «Додати» та заповнити поля необхідним текстом:

1. Ukr_name термін українською мовою;
2. Ukr_mean визначення українською мовою;
3. Eng_name термін англійською мовою;
4. Eng_mean визначення англійською мовою;
5. Eng_exmpl приклад використання терміну англійською мовою;
6. Add1 зображення, яке ілюструє даний термін.

Після заповнення полів карток проводиться озвучення тексту полів Ukr_name, Ukr_mean, Eng_name та Eng_mean за допомогою кнопки «Record audio» на палітрі інструментів вікна «Додати» та власного мікрофона. Після завершення усіх дій потрібно натиснути кнопку «Додати», після чого до обраної колоди буде додано нову картку.

Висновок. У статті розглядається процес розробки засобами програми Anki колоди карток для вивчення термінів з програмування мовою C++. Колода карток є принципово новим електронним ресурсом для вирішення проблеми запам'ятовування англійських термінів з програмування.

1. AnkiWeb [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ankiweb.net>
2. SuperMemo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.supermemo.com/>

УДК 004.032.26

М.М. Поліщук, С.В. Гринюк, С.В. Дацюк
Луцький національний технічний університет

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

М.М. Поліщук, С.В. Гринюк, С.В. Дацюк. Порівняння методів оптимізації для навчання нейронних мереж.

Сучасні методи навчання нейронних мереж, полягають в знаходженні мінімуму деякої неперервної функції помилки. За останні роки були запропоновані різні алгоритми оптимізації, які використовують різні підходи для оновлення параметрів ваг моделі. Дана стаття описує найбільш поширені методи оптимізації, що застосовуються в задачах навчання нейронних мереж, також наведений порівняльний аналіз цих методів на прикладі навчання простої згорткової нейромережі на наборі даних MNIST. В процесі аналізу були розглянуті різні реалізації методу градієнтного спуску, імпульсні методи, адаптивні методи, узагальнені проблеми їх використання, а також виявлені основні переваги кожного з методів

Ключові слова: методи оптимізації, нейронні мережі, метод градієнтного спуску, стохастичний градієнт, tensorflow, машинне навчання, згорткові нейронні мережі

Н.Н. Полищук, С. Гринюк, С.В. Дацюк. Сравнение методов оптимизации для обучения нейронных сетей.

Современные методы обучения нейронных сетей, заключаются в нахождении минимума некоторой непрерывной функции ошибки. За последнее года были предложены различные алгоритмы оптимизации, которые используют различные подходы для обновления параметров весов модели. Данная статья описывает наиболее распространенные методы оптимизации, применяемые в задачах обучения нейронных сетей, также приведен сравнительный анализ этих методов на примере обучения простой сверточной нейросети на наборе данных MNIST. В процессе анализа были рассмотрены различные реализации метода градиентного спуска, импульсные методы, адаптивные методы, обобщенные проблемы их использования, а также выявлены основные преимущества каждого из методов.

Ключевые слова: методы оптимизации, нейронные сети, метод градиентного спуска, стохастический градиент, tensorflow, машинное обучение, сверточные нейронные сети.

M.M. Polishchuk S.V. Hrynyuk, S.V. Datsyuk Comparison of optimization methods for neural networks training. Modern methods of training neural networks consist in finding the minimum of some continuous error function. Over the past years, various optimization algorithms have been proposed that use different approaches to update the parameters of the model weights. This article describes the most common optimization methods used in neural networks training process, also provides a comparative analysis of these methods on the example of learning simple convolutional neural network on the MNIST data set. Analysed various implementations of the gradient descent method, impulse methods, adaptive methods, generalized problems of their use.

Keywords: optimization methods, neural networks, gradient descent method, stochastic gradient, tensorflow, machine learning, convolutional neural networks.

Постановка проблеми. Сучасні нейромережеві методи відносяться до числа найбільш затребуваних алгоритмів машинного навчання, які безперервно розвиваються і застосовуються в різних сферах практичної діяльності. У зв'язку з широкою областю їх застосування формуються різноманітні напрямки, що відрізняються постановкою задачі і типами вхідних даних: розпізнавання зображень, синтаксичний аналіз текстів, діагностика захворювань та ін. Постійним вдосконалення існуючих нейромережевих алгоритмів відрізняються своїми властивостями і особливостями реалізації, часто виникає проблема визначення найбільш ефективного методу мінімізації функції помилки, що гарантує кращі результати при вирішенні конкретної задачі.

Аналіз досліджень. Основи неперервного зворотного поширення було виведено в контексті теорії керування Келл 1960 р. [1] та Брайсоном 1961 р. [2] з використанням принципів динамічного програмування. Дрейфус у 1962 році опублікував простіше виведення, яке ґрунтується лише на ланцюговому правилі [3]. Брайсон описав його, як метод багаторічної оптимізації динамічних систем у 1969 році, але вже в 1970 р. А.Д. Ліннаїмаа остаточно опублікував загальний метод автоматичного диференціювання (АД) дискретних зв'язних мереж вкладених диференційованих функцій [6]. Він відповідає сучасному баченню зворотного поширення, яке є ефективним навіть коли мережі є розрідженими. Вже у 1973 р. Дрейфус застосував зворотне поширення для пристосування параметрів контролерів пропорційно градієнтам похибок [4]. Вербос у 1974 р. зазначив можливість застосування цього принципу до ШНМ та у 1982 р. застосував метод А.Д. Ліннаїмаа до нейронних мереж способом, який широко застосовується і сьогодні [5]. У 1986 році Румельхарт, Хінтон та Вільямс зазначили, що цей метод може породжувати корисні внутрішні представлення вхідних даних в прихованих шарах нейронних мереж, а у 1993 році він став першим переможцем міжнародного змагання з розпізнавання образів за допомогою зворотного поширення.

Метою даного дослідження є аналіз основних особливостей стратегій оптимізації для подальшого обґрунтованого їх вибору, узагальнення експериментальних результатів для вирішення конкретних завдань машинного навчання.

Виклад основного матеріалу та аналіз результатів експерименту. Сучасні пакети для машинного навчання використовують різні варіації класичного методу градієнтного спуску, що володіють більш високою продуктивністю і точністю в реальних практичних завданнях за рахунок реалізованих в них механізмів розв'язання перерахованих вище проблем. Однак найчастіше користувач уже використовує вбудовані оптимізаційні алгоритми не володіючи достатньою інформацією про особливості поведінки доступних для використання методів на даному наборі даних. Наприклад, класифікатор MLPClassifier з популярної бібліотеки Scikit-learn машинного навчання на мові Python надає користувачеві вибір з декількох методів:

- SGD (стохастичний градієнт);
- Adam (метод адаптивної оцінки моментів);
- L-BFGS (квазіньютонівський алгоритм Бройде - Флетчера - Гольдфарба - Шанно з обмеженим використанням пам'яті).

Найпопулярніший на сьогодні фреймворк для машинного навчання tensorflow, що містить реалізації алгоритмів SGD, RMSprop, Adagrad, Adadelta, Adam, Adamax, Momentum, Nesterov momentum, RMSProp. Причому користувач повинен не тільки вибрати алгоритм оптимізації, а й відрегулювати значення настроювальних параметрів алгоритму, що важко зробити без розуміння особливостей цих методів.

Найбільш використовуваним методом навчання нейронних мереж є алгоритм зворотного поширення помилки (Backpropagation algorithm) в якому мінімізація цільової функції проводиться методом пакетного градієнтного спуску (Batch gradient descent), тобто на кожній ітерації навчання моделі зміна ваг відбувається за формулою:

$$\omega_{N+1} = \omega_N - \alpha \nabla_{\omega} E(\omega) \quad (1)$$

де E – цільова функція помилки, що залежить від параметрів;

w – ваги коефіцієнтів нейронної мережі;

α – швидкість навчання.

В даному методі ваги нейронної мережі оновлюються в напрямку, протилежному напрямку градієнта цільової функції з кроком, який обумовлений швидкістю навчання. В якості переваг методу пакетного градієнтного спуску можна виділити простоту реалізації і той факт, що метод гарантовано збігається до глобального або локального мінімуму для опуклих і неопуклих функцій відповідно. Однак існує безліч недоліків даного методу, внаслідок чого їх рідко застосовується в реальній практиці:

- метод градієнтного спуску може бути дуже повільним на великих наборах даних, тому що на кожній ітерації обчислюється градієнт для всіх векторів навчального набору;
- не дозволяє оновлювати модель «на льоту» і додавати в процесі навчання нові приклади навчальної вибірки через те, що оновлення ваг цільової функції проводиться відразу для всього вихідного набору даних;
- для неопуклих функцій існує проблема потрапляння в локальні мінімуми, тому що метод гарантує знаходження розв'язку лише для опуклих цільових функцій помилки;
- вибір оптимальної швидкості навчання може виявитися складною проблемою. Занадто маленька швидкість навчання може привести до дуже повільної збіжності і навпаки, велика швидкість навчання може перешкоджати збіжності, і як наслідок функція помилок буде коливатися навколо мінімуму і не досягне його;
- рівномірне оновлення всіх параметрів з однаковою швидкістю навчання призводить до погіршення якості навчання в разі, якщо вихідний набір даних не є збалансованим, якщо в вибірці існують класи, представлені меншим числом об'єктів.

Стохастичний градієнтний спуск (SGD - Stochastic gradient descent) на відміну від попереднього методу виконує оновлення параметрів для кожного навчального прикладу $x(i)$ та мітки $y(i)$:

$$\theta = \theta - \eta * \nabla \theta_j(\theta; x_i; y_i) \quad (2)$$

Пакетний градієнтний спуск виконує надлишкові обчислення для великих наборів даних, оскільки перераховує градієнти для аналогічних прикладів перед кожним оновленням параметрів. SGD припиняє цю надмірність, виконуючи одночасно одне оновлення, що зазвичай набагато швидше та який можна використовувати для навчання в Інтернеті.

SGD виконує часті оновлення з високою дисперсією, що призводить до значних коливань цільової функції, як показано на Рис. 1.

Хоча пакетний градієнтний спуск збігається до мінімуму басейну, в які поміщаються параметри, коливання SGD, з одного боку, дає йому можливість перейти до нових і потенційно кращих локальних мінімумів. З іншого боку, це в кінцевому рахунку ускладнює зближення до точного мінімуму. Проте, якщо коли ми повільно зменшуємо швидкість навчання, SGD демонструє таку ж поведінку збіжності, як пакетний градієнтний спуск, майже напевно зближуючись з локальним або глобальним мінімумом для невивуклої та опуклої функції

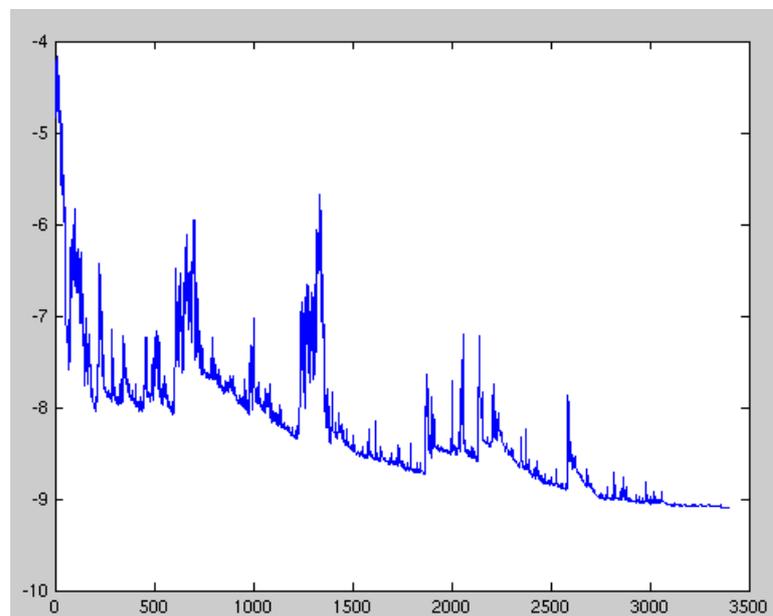


Рис. 1. Коливання цільової функції в методі SGD

Міні-пакетний градієнтний спуск наслідує найкраще з двох вищеписаних методів і виконує оновлення для кожного міні-пакету n прикладів навчання:

$$\theta = \theta - \eta * \nabla \theta_J(\theta; x_{iii+n}; y_{iii+n}) \quad (3)$$

Таким чином, він зменшує дисперсію оновлень параметрів, що може призвести до більш стабільної конвергенції; він може використовувати високооптимізовані матриці, реалізації яких є майже у всіх сучасних бібліотеках глибокого навчання, які роблять міні-пакетні обчислення градієнта дуже ефективними. Загальні розміри міні-пакетів варіюються від 50 до 256, але можуть бути різними для різних застосувань.

Алгоритми імпульсної оптимізації градієнтного спуску.

Momentum. SGD має проблеми з навігацією по ярах, тобто на ділянках, де поверхня кривих набагато крутіша в одному вимірі, ніж в іншому, які є спільними навколо місцевих оптимумів. У цих сценаріях SGD коливається по схилах мінімуму (рис. 2 а).

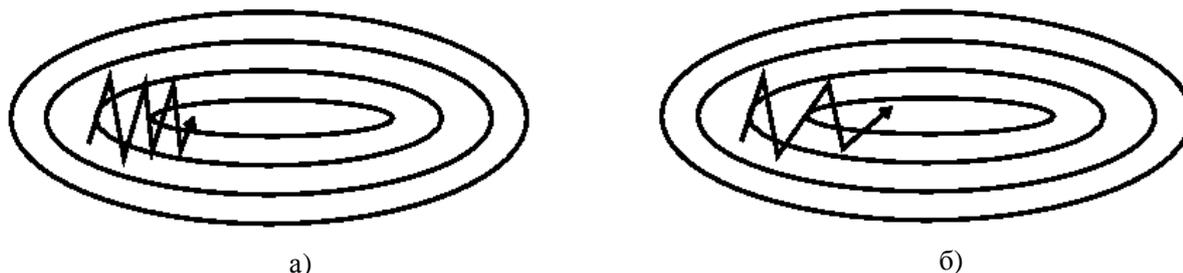


Рис. 2. SGD (стохастичний градієнт): а – без Momentum; б – із застосуванням Momentum

Momentum – це метод, який допомагає прискорити SGD у відповідному напрямку і гасить коливання (рис. 2 б.) Це досягається за рахунок додавання дробу γ вектора оновлення минулого кроку часу до поточного вектора оновлення (4), в результаті отримуємо вираз для оновлення параметрів ваг (5):

$$\begin{aligned} vt &= \gamma v_{t-1} + \eta \nabla J(\theta) & (4) \\ \theta &= \theta - vt & (5) \end{aligned}$$

Adagrad – це алгоритм для оптимізації на основі градієнта, який виконує адаптацію швидкості навчання до параметрів, виконуючи менші оновлення (тобто низькі швидкості навчання) для параметрів, пов'язаних з ознаками, які часто зустрічаються і більші оновлення (тобто високі швидкості навчання) для параметрів, пов'язаних з рідкісними ознаками. З цієї причини цей оптимізатор добре підходить для роботи з розрідженими даними. Dean et al. [10] виявили, що Адаград значно поліпшив надійність SGD і використовував його для навчання великих нейронних мереж в Google, які серед іншого навчилися розпізнавати кішок у відео Youtube. Pennington et al. використовували Адаград для підготовки вбудованих слів GloVe, оскільки рідкісні слова вимагають набагато більших оновлень, ніж часто вживані [6].

Раніше у всіх методах виконувалось оновлення для всіх параметрів θ відразу після кожної ітерації параметра $\theta(i)$ з однаковою швидкістю навчання η . Однак Adagrad використовує різну швидкість навчання для кожного параметра $\theta(i)$ на кожному кроці часу t , ми спочатку оновлюємо параметр Адаграда, який ми потім векторизуємо. Для стислості ми використовуємо $g(t)$ для позначення градієнта на етапі часу t . $g(t,i)$ є частковою похідною цільової функції до параметра θ на кроці часу t :

$$g_{t,i} = \nabla_{\theta} J(\theta_{t,i}) \quad (6)$$

Оновлення SGD для кожного параметра θ на кожному кроці часу t :

$$\theta_{t+1,i} = \theta_{t,i} - \eta * g_{t,i} \quad (7)$$

У своєму правилі оновлення Adagrad змінює загальну швидкість навчання η на кожному кроці часу t для кожного параметра $\theta(i)$ на основі минулих градієнтів, обчислених для $\theta(i)$:

$$\theta_{t+1,i} = \theta_{t,i} - \frac{\eta}{\sqrt{G_{t,ii} + \epsilon}} * g_{t,i} \quad (8)$$

де, $G_t \in \mathbb{R}^d \times \mathbb{R}^d$ – діагональна матриця, де кожен діагональний елемент;

i, i – сума квадратів градієнтів θ до часу t ;

ϵ – термін згладжування, що дозволяє уникнути поділу на нуль.

Оскільки $G(t)$ містить суму квадратів минулих градієнтів до всіх параметрів

θ вздовж своєї діагоналі ми можемо векторизувати нашу реалізацію, виконуючи матрично-векторний добуток \odot між ними $G(t)$ і $g(t)$:

$$\theta_{t+1,i} = \theta_{t,i} - \frac{\eta}{\sqrt{G_{t,ii} + \epsilon}} \odot g_{t,i} \quad (9)$$

Однією з головних переваг Adagard є те, що вона виключає необхідність ручного налаштування швидкості навчання. Більшість реалізацій використовують значення за замовчуванням 0,01 і залишають його на цьому. Основним недоліком Adagard є його накопичення у знаменнику квадратичних градієнтів: оскільки кожен доданий термін є позитивним, накопичена сума продовжує зростати під час навчання. Це, в свою чергу, призводить до того, що швидкість навчання скорочується і в кінцевому підсумку стає нескінченно малою, і тоді алгоритм більше не може отримати додаткові знання.

RMSProp – модифікований метод AdaGrad, в якому накопичення градієнта замінене на експоненціально зважене ковзне середнє, тобто ігнорує значення після певного числа ітерацій (10), (11), (12):

$$g = \frac{1}{m} \nabla_{\theta} \sum L(f(x^{(i)}; \theta), y^{(i)}) \quad (10)$$

$$s = \text{decay}_{rate} * s(1 - \text{decay}_{rate}) g^T g \quad (11)$$

$$\theta = \theta - \frac{\epsilon_k * g}{\sqrt{s + eps}} \quad (12)$$

AdaDelta – розширений метод AdaGrad, який дозволяє усунути проблеми розпаду швидкості навчання. Замість того, щоб накопичувати всі попередні градієнти, Adadelta обмежує простір накопичених градієнтів деякими фіксованими розмірами w . Замість неефективного зберігання попередніх градієнтів у квадраті, сума градієнтів рекурсивно визначається як середнє затухання всіх минулих квадратних градієнтів. Середній показник $E[g^2](t)$ на етапі часу t потім залежить тільки від поточного та попереднього середнього значення градієнта:

$$\Delta\theta_t = -\eta * g_{t,i} \quad (13)$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t + \Delta\theta_t \quad (14)$$

Тоді правило зміни коефіцієнтів має наступний вигляд:

$$W^{N+1} = W^N - \frac{\eta}{\sqrt{E[g^2]_{N+\epsilon}}} \quad (15)$$

Особливостями даного методу є:

1. не потрібно вказувати початкову швидкість навчання.
2. для кожного параметра обчислюються різні курси навчання.
3. запобігання затримці (розпаду) курсів навчання.

Оскільки ми обчислюємо індивідуальні швидкості навчання для кожного параметра, тому буде доцільно обчислити окремі зміни імпульсу для кожного параметра і зберегти їх окремо. Саме на основі такого твердження було створено новий модифікований метод оптимізації – *Adam(Adaptive Moment Estimation)*.

Adam базується на основі адаптивної оцінки моменту. Адаптивна оцінка моменту (Adam) – новий метод, який обчислює адаптивні швидкості навчання для кожного параметра. На додаток до зберігання експоненціально затухаючого середнього числа минулих квадратних градієнтів, таких як AdaDelta, Adam також зберігає експоненціально затухаюче середнє значення минулих градієнтів $M(t)$, подібне до Momentum. Правило поновлення ваг для Adam визначається на основі використання оцінок двох різних моментів (формули (13) і (14)), у першому з яких використовуються обчислені раніше значення часткових похідних (як в методі Momentum), а в другому їх квадрати. Метод Adam вважається досить стійким до вибору значень гіперпараметрів β_1, β_2 , і тому часто пропонується в якості методу оптимізації:

$$m_N = \beta_1 m_{N-1} + (1 - \beta_1) g_N \quad (16)$$

$$v_N = \beta_2 v_{N-1} + \eta^2 - \beta_2 g_N^2 \quad (17)$$

Перерахунок ваг відбувається за формулою (15):

$$W^{N+1} = W^N - \frac{\eta}{\sqrt{v_N + \epsilon}} \quad (18)$$

Оцінка продуктивності розглянутих алгоритмів.

Оптимальне рішення (набір вагових коефіцієнтів), отримане в ході навчання нейронної мережі, безпосередньо впливає на її здатність до узагальнення, тобто на точність та якість, з яким мережа видає вірні відповіді на наборі прикладів тестової множини, на яких не проводилось навчання. Однак в даний час точні висновки про здатність нейронних мереж до узагальнення знаходяться на стадії розробки та вивчення. Також багато сучасних досліджень доводять, що кількість локальних мінімумів функції помилки навчання зростає з числом незалежних параметрів, що в свою чергу, негативно позначається на здатності мережі до узагальнення. Для багатьох моделей з великим числом параметрів, адаптивні методи можуть сходитися до рішень, які кардинально відрізняються від рішень, отриманих в результаті роботи SGD. В даний час адаптивні алгоритми часто є методами за замовчуванням в багатьох модулях для машинного навчання (наприклад, Scikitlearn, Keras). Однак існують дослідження [8], які підтверджують низьку продуктивність даних методів (Adam, RMSProp, Adagrad) на наборах даних з великим кількістю параметрів, в порівнянні з методом стохастичного градієнтного спуску. Даний недолік пояснюється тим, що алгоритми з адаптивною швидкістю навчання більш схильні до перенавчання, внаслідок чого їх похибка на тестовій вибірці може істотно підвищуватися.

Порівняння практичних результатів оптимізації з використанням різних алгоритмів оптимізації.

Розглянемо результати навчання нейромережі для класифікації зображень рукописних цифр з набору даних MNIST з використанням алгоритмів оптимізації Momentum, Adam, Adadelta, Adagrad, SGD, реалізованих в бібліотеці Tensorflow. Набір MNIST включає 60000 навчальних і 10000 тестових прикладів і часто використовується для тестування і налагодження різних нейромережевих алгоритмів.

Для даного експерименту було створено просту згорткову нейронну мережу, яка складається з трьох згорткових блоків з активацією ReLU. В якості функції втрат було використано cross entropy loss (крос ентропія). На рис. 3 показано значення функції помилки для описаної вище мережі.

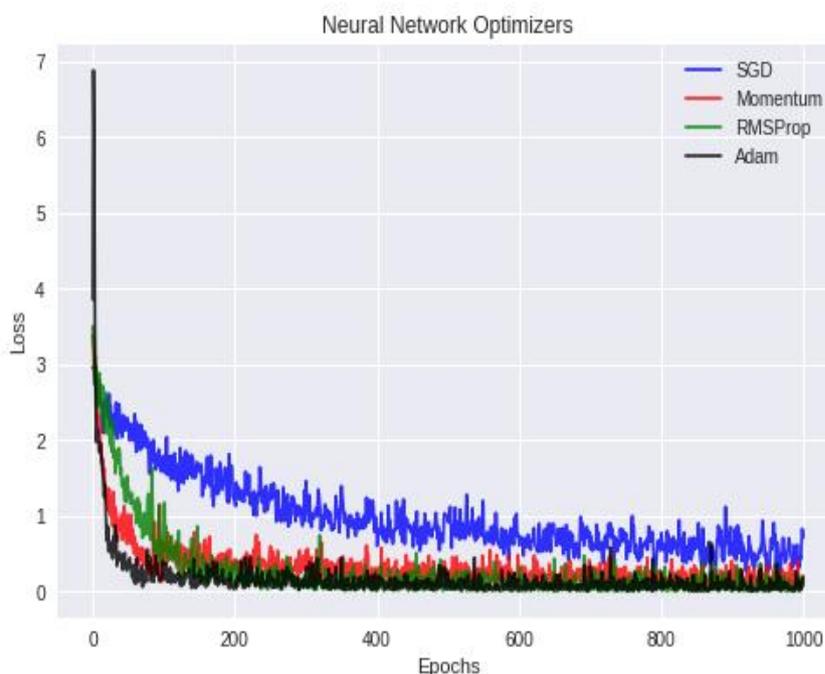


Рис.3. Зміна функції помилки в залежності від методу оптимізації

У табл. 1 наведені значення точності класифікації мережею, навченою з використанням розглянутих методів, на тестовій вибірці датасету MNIST.

Таблиця 1

SGD	Momentum	RMSProp	Adam
90.84%	96.62%	97.93%	98.4%

Висновки. В ході дослідження були розглянуті основні методи оптимізації, що застосовуються в сучасних методах навчання нейронних мереж. У процесі дослідження було проведено аналіз властивостей і особливостей розглянутих методів, а також сформульовані умови і обґрунтування їх найбільш оптимального з точки зору продуктивності і точності на навчальній і тестовій вибірках. Дані аналізу супроводжуються практичними результатами, які підтверджують сформульовані рекомендації по використанню розглянутих методів класичного і стохастичного градієнтного спуску, імпульсних, адаптивних алгоритмів оптимізації в задачах навчання нейронних мереж.

Результати експерименту показали, що метод RMSProp і Adam показали найкращі результати на даному наборі даних. Momentum та SGD є стабільно ефективними, проте поступаються в точності і продуктивності іншим методам. Точність результатів, досягнутих в ході роботи SGD і методу моментів пояснюється тим, що вихідна вибірка є збалансованою та позитивно позначається на продуктивності цих методів. Таким чином, виходячи з даних спостережень, можна зробити висновок, що результати проведених теоретичних досліджень підтверджуються даними емпіричних розрахунків і можуть бути використані в якості рекомендацій до застосування розглянутих оптимізаційних методах в завданнях машинного навчання.

Список використаних джерел:

1. Kelley, Henry J. (1960). Gradient theory of optimal flight paths. *Ars Journal* 30(10): 947–954. doi:10.2514/8.5282. (англ.)
2. Arthur E. Bryson [en] (1961, April). A gradient method for optimizing multi-stage allocation processes. In *Proceedings of the Harvard Univ. Symposium on digital computers and their applications*. (англ.)
3. Dreyfus, Stuart (1962). The numerical solution of variational problems. *Journal of Mathematical Analysis and Applications* 5 (1): 30–45. doi:10.1016/0022-247x(62)90004-5. (англ.)
4. Dreyfus, Stuart (1973). The computational solution of optimal control problems with time lag. *IEEE Transactions on Automatic Control* 18 (4): 383–385. doi:10.1109/tac.1973.1100330. (англ.)
5. Schmidhuber, Jürgen (2015). Deep Learning. *Scholarpedia* 10 (11): 32832. Bibcode:2015SchpJ..1032832S. doi:10.4249/scholarpedia.32832. (англ.)
6. Ruder, S. An overview of gradient descent optimization algorithms / S. Ruder // Cornell University Library. – 2016. – URL: <https://arxiv.org/abs/1609.04747>
7. Jordan, J. Intro to optimization in deep learning: Gradient Descent/ J. Jordan // Paperspace. Series: Optimization. – 2018. – URL: <https://blog.paperspace.com/intro-to-optimization-in-deep-learning-gradient-descent/>
8. Seppo Linnainmaa[en] (1970). The representation of the cumulative rounding error of an algorithm as a Taylor expansion of the local rounding errors. Master's Thesis (in Finnish), Univ. Helsinki, 6-7. (англ.)
9. Anish Singh Walia Types of Optimization Algorithms used in Neural Networks and Ways to Optimize Gradient Descent – URL: <https://towardsdatascience.com/types-of-optimization-algorithms-used-in-neural-networks-and-ways-to-optimize-gradient-95ae5d39529f>
10. Fletcher, R. Practical methods of optimization / R. Fletcher. – Wiley, 2000. – 450 p.

УДК 004.438

М.М. Поліщук, Ю.С. Повстяна, О.Р. Кулакевич
Луцький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ SWIFT ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ВЛАСНОГО IOS ПРОЕКТУ

М.М. Поліщук, Ю.С. Повстяна, О.Р. Кулакевич. Використання мови програмування Swift для реалізації власного iOS проекту. У статті розглянуто сучасні технології та інструменти проектування, які компанія Apple надає розробникам програмного забезпечення для власних операційних систем iOS, macOS, watchOS та tvOS. Проведено аналіз перспектив впровадження у власні проекти відносно нової мови програмування Swift, а також продемонстровано етапи створення власного iOS додатку для iPhone.

Ключові слова: Apple, Objective-C, Swift, Swift Framework, UIKit, MacBook, macOS, мобільний додаток, інтегроване середовище розробки, Xcode

Н.Н. Полищук, Ю.С. Повстяна, О.Р. Кулакевич. Использование языка программирования Swift для реализации собственного iOS проекта. В статье рассмотрены современные технологии и инструменты проектирования, которые компания Apple предоставляет разработчикам программного обеспечения для собственных операционных систем iOS, macOS, watchOS и tvOS. Проведен анализ перспектив внедрения в собственные проекты относительно нового языка программирования Swift, а также продемонстрировано этапы создания собственного iOS приложения для iPhone.

Ключевые слова: Apple, Objective-C, Swift, Swift Framework, UIKit, MacBook, macOS, мобильное приложение, интегрированная среда разработки, Xcode

M.M. Polischuk, Y.S. Povstyana, O.R. Kulakevich. Using Swift programming language to implement a personalized iOS project. The article discusses modern technologies and design tools that Apple provides software developers for their own operating systems iOS, macOS, watchOS and tvOS. The analysis of the prospects for implementation in their own projects regarding the new Swift programming language has been carried out, and the stages of creating their own iOS apps for the iPhone have been demonstrated.

Keywords: Apple, Objective-C, Swift, Swift Framework, UIKit, MacBook, macOS, mobile application, integrated development environment, Xcode

Постановка проблеми: Щороку компанія Apple проводить конференцію The worldwide developers conference (WWDC), презентуючи нові технології та розвиток власного програмного забезпечення. Саме там збираються розробники мобільного програмного забезпечення Apple, які обговорюють сучасний ринок технологій, що розвивається з неабиякою швидкістю. Якщо раніше, будь-яка компанія для представлення власної продукції чи послуг, потребувала лише веб - сайту, то зараз для цього потрібно мати власний мобільний додаток, щоб у декілька дій замовити послугу і відразу ж його оплатити. Користуючись мобільними додатками стало значно простіше вивчати іноземну мову, замовити таксі, знайти необхідне місце на карті. Мобільний додаток дозволяє аналізувати дії користувачів, їх бажання щодо продукції компанії та на основі цього пропонувати контекстну рекламу, яка в окремих випадках значно скорочує час пошуку необхідного користувачу. На сьогоднішній день стек технологій, які пропонує компанія Apple для розробників є повноцінним та багатим функціональністю, при правильному його використанні переваги мобільної розробки над веб - розробкою неабияк зростають.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Основним джерелом інформації за даною тематикою, є технічні статті представників компанії Apple, власників тематичних ресурсів присвячених розробці під операційні системи Apple, журналістів, які ставлять за мету донести своїм читачам необхідну інформацію про актуальні зміни технологій. Проаналізувавши кілька веб - ресурсів таких як: SwiftBook, Hacking with Swift, Medium, можна побачити, що кожен ресурс пропонує власний підхід до створення мобільних додатків, використання тих чи інших технологій. Для початківця в сфері розробки варто визначитися, з мовою програмування, фреймворком, який стане фундаментом майбутнього проекту, та принципом взаємодії користувача із застосунком. Ті чи інші питання розкриті досить поверхнево у вузько направлених статтях, більшість яких написані для досвідчених програмістів. Тому доцільно розглянути тему швидкого входу у сферу мобільної розробки, та акцентувати моменти, на які варто звернути увагу.

Мета даної роботи полягає у дослідженні необхідних технологій для розробки власного мобільного додатку, аналізу перспектив використання мови програмування Swift, та представлення ряду етапів розробки додатку з кінцевим представленням iOS програми "Мої улюблені місця".

Виклад основного матеріалу дослідження. iOS – це власницька мобільна операційна система від Apple. Розроблена спочатку для iPhone, згодом вдосконалена також для iPad, iPod Touch та Apple TV (до 9 вересня 2015, коли на спеціальному заході Apple було представлено tvOS). iOS є

похідною від OS X, отже, є за своєю природою Unix-подібною операційною системою. Користувачський інтерфейс iOS заснований на концепції прямої маніпуляції з використанням жестів Multi-Touch. Елементи інтерфейсу управління складаються з повзунків, перемикачів і кнопок. Він призначений для безпосереднього контакту користувача з екраном пристрою [1]. 10 липня 2008 року компанія представила магазин застосунків App Store, як розширення для iTunes, тим самим надала програмістам технології для створення та реалізації власних мобільних додатків. Основним інструментом для розробки програми для iOS стало інтегроване середовище розробки Xcode із вбудованими можливостями побудови візуального інтерфейсу, фреймворками, та основною мовою програмування у системі для розробників стала Objective - C.

Objective-C – це компільована об'єктно-орієнтована мова програмування корпорації Apple, побудована на основі мови C і парадигм Smalltalk. На відміну від C++, мова Objective-C повністю сумісна з Cі (мова Objective-C є варіацією мови Cі) і код на Cі компілюється. Об'єктна модель побудована в стилі Smalltalk, тобто об'єктам надсилаються повідомлення. Компілятор Objective-C входить в GCC і доступний на більшості основних платформ. Мова використовується в першу чергу для Mac OS X (Cocoa) і GNUstep - двох реалізацій об'єктно-орієнтованого інтерфейсу OpenStep. ObjC був створений Бредом Коксом на початку 1980х в його компанії Stepstone.

Ще однією з особливостей Objective-C є те, що вона message-oriented в той час як C++ - function-oriented. Це означає, що в ній виклики методу інтерпретуються не як виклик функції (хоча до цього зазвичай все зводиться), а саме як посилка повідомлення (з ім'ям і аргументами) об'єкту, подібно до того, як це відбувається в Smalltalk. Такий підхід дає цілий ряд плюсів - так будь-якого об'єкта можна послати будь-яке повідомлення. Об'єкт може замість обробки повідомлення просто переслати його іншому об'єкту для обробки (так зване делегування), зокрема саме так можна легко реалізувати розподілені об'єкти (тобто об'єкти, що знаходяться в різних адресних просторах і навіть на різних комп'ютерах). Прив'язка повідомлення до відповідної функції відбувається безпосередньо на етапі виконання.

У мові Objective-C є підтримка протоколів (тобто поняття інтерфейсу об'єкта і протоколу чітко розділені). Для об'єктів підтримується спадкування (не множинне), для протоколів підтримується множинне спадкування. Об'єкт може бути успадкований від іншого об'єкта і підтримувати відразу кілька протоколів.

Структура іменування файлів: файли з розширенням - h є заголовками з описом класів, функцій також як в C і C++, файли з розширенням - m відповідно містять реалізацію класів і методів. [2]

Разом із мовою програмування Objective - C програмістам необхідно було надати інструменти розробки, одними з яких стали IDE Xcode та iOS SDK - комплект засобів розробки для iOS, випущений в березні 2009 року корпорацією Apple. iOS SDK випускається тільки для Mac OS X. 17 жовтня 2007 року Стів Джобс, засновник компанії Apple, анонсував SDK, який повинен був бути наданий стороннім розробникам в лютому 2008 року. Однак інструментарій вийшов лише 6 березня, він дозволяє розробляти додатки під iPhone, iPod Touch і iPad, а також тестувати їх на емуляторі iPhone. Проте, завантаження програми на пристрої можлива тільки після оплати ліцензії. Починаючи з Xcode 3.1 він є засобом розробки для iOS SDK.

Xcode — інтегроване середовище розробки (IDE) виробництва Apple. Дозволяє створювати програмне забезпечення з використанням таких технологій як GCC, GDB, Java та ін. На сьогодні є єдиним засобом написання «універсальних»(Universal Binary) прикладних програм для Mac OS X. Xcode включає в себе більшу частину документації розробника від Apple та Interface Builder — застосунок, який використовується для створення графічних інтерфейсів.

Пакет Xcode містить змінену версію вільного набору компіляторів GNU Compiler Collection і підтримує мови C, C++, Objective-C, Swift, Java, AppleScript, Python і Ruby з різними моделями програмування, включаючи (але не обмежуючись) Cocoa, Carbon і Java [3].

Apple iOS використовує варіант того ж ядра XNU, що і Mac OS X. SDK розбита на наступні набори: Cocoa Touch - мультитач управління, підтримка акселерометра, ієрархія видів, локалізація, підтримка камери; мультимедіа - OpenAL, мікшування і запис аудіо, відтворення відео, формати зображень, Quartz, анімаційне ядро, OpenGL ES; сервісне ядро - Мережа, Вбудована база даних SQLite, локаційне ядро, Багатозадачність, CoreMotion; ядро OS X - TCP / IP, сокети, управління харчуванням, файлова система, Безпека

Поряд з набором інструментів Xcode, SDK містить iPhone Simulator, який використовується для імітації зовнішнього вигляду iPhone на комп'ютері розробника, що раніше називався «Aspen Simulator».

Варто взяти до уваги потужний фреймворк Cocoa для операційної системи Mac, який у своїй молодшій реалізації для iOS інтерпретується, як Cocoa Touch. [4].

Cocoa Touch — це фреймворк для створення додатків для пристроїв під управлінням операційної системи iOS (iPhone, iPod Touch, iPad, тощо).

Фреймворк Cocoa Touch надає рівень абстракції для iOS (операційної системи iPhone, iPad і iPod touch). Cocoa Touch реалізована на базі класів фреймворка Cocoa, що використовується в Mac OS X. Як і Cocoa, Cocoa Touch використовує мову розробки Objective-C або Swift. Cocoa Touch спроектований за шаблоном проектування Model-View-Controller. Інструменти для розробки додатків за допомогою Cocoa Touch присутні в iOS SDK. Основні технології та можливості, присутні в Cocoa Touch: Core Animation, багатозадачність, розпізнавачі мультитач-жестів.

Cocoa Touch надає основні фреймворки для розробки додатків для пристроїв на базі iOS. Ось деякі з них: Foundation Framework — основна бібліотека, яка містить класи з префіксом NS; UIKit Framework — бібліотека, яка містить специфічні для інтерфейсу користувача iOS класи; Game Kit Framework — бібліотека для взаємодії з сервісом Game Center; iAd Framework — бібліотека для створення сервісів контекстної реклами iAd у додатку; MapKit Framework — бібліотека, що здійснює взаємодію з картами та навігаційними можливостями iOS-пристроїв

iOS-технології можна розглядати як набір рівнів, де Cocoa Touch знаходиться на найвищому рівні, а Core OS та ядро Mac OS X — на більш низьких. Це дозволяє розробникам створювати програмний код на більш високому рівні, що дозволяє значно скоротити термін розробки. Але в той же час розробники мають можливість використовувати більш низькі рівні абстракції, якщо це необхідно.

Розташування рівнів абстрагування можна представити в наступному виді (від вищого до нижчого): Cocoa Touch, Media / Application Services, Core Services, Core OS / ядро Mac OS X [5].

Говорячи про Cocoa Touch варто відмітити, один із найважливіших його компонентів UIKit — це структура, яку ви найчастіше будете використовувати при розробці додатків для iOS. Він визначає основні компоненти програми iOS, від ярликів і кнопок до табличних уявлень і контролерів навігації. У той час як платформа Foundation визначає класи, протоколи і функції для розробки під iOS і OS X, платформа UIKit призначена виключно для розробки під iOS. Це еквівалент Application Kit або платформи AppKit для розробки під OS X.

Як і Foundation, UIKit визначає класи, протоколи, функції, типи даних і константи. Він також додає додаткові функціональні можливості до різних базових класів, таким як NSObject, NSString і NSValue, завдяки використанню категорій Objective-C.

З постійним прагненням Apple до оптимізації власних технологій, та активним розширенням можливостей операційної системи, які мова програмування Objective - C була не в змозі гнучко підтримувати, компанія прийняла рішення про створення абсолютно нової мови програмування Swift — багатопарадигмова компільована мова програмування, розроблена компанією Apple для того, щоб співіснувати з Objective C і бути стійкішою до помилкового коду. Swift була представлена на конференції розробників WWDC 2014. Мова побудована з LLVM компілятором, включеного у Xcode 6 beta.

Компілятор Swift побудований з використанням технологій вільного проекту LLVM. Swift успадковує найкращі елементи мов C і Objective-C, тому синтаксис звичний для знайомих з ними розробників, але водночас відрізняється використанням засобів автоматичного розподілу пам'яті і контролю переповнення змінних і масивів, що значно збільшує надійність і безпеку коду.

При цьому Swift-програми компілюються у машинний код, що дозволяє забезпечити високу швидкодію. За заявою Apple, код Swift виконується в 1.3 рази швидше коду на Objective-C. Замість збирача сміття Objective-C в Swift використовуються засоби підрахунку посилань на об'єкти, а також надані у LLVM оптимізації, такі як автовекторизація.

Мова також пропонує безліч сучасних методів програмування, таких як замикання, узагальнене програмування, лямбда-вирази, кортежі і словникові типи, швидкі операції над колекціями, елементи функційного програмування. Основним застосуванням Swift є розробка користувацьких застосунків для macOS, iOS, tvOS, watchOS з використанням тулкіта Cocoa і Cocoa Touch. При цьому Swift надає об'єктну модель, сумісну з Objective-C. Сирцевий код мовою Swift може змішуватися з кодом на C і Objective-C в одному проекті.

Swift щільно інтегровано до середовища розробки Xcode, проте може бути викликано з терміналу, що уможливорює її використання на операційних системах, відмінних від macOS, наприклад, на Linux.[6]

Розглянемо основні нововведення у Swift, саме playground (рис. 1), який виглядає як просте вікно редактора, куди можна писати код. Код цей відразу ж компілюється і виконується. Не потрібно збирати проект, а потім запускати емулятор, щоб подивитися. Все відбувається миттєво: пишеш код – бачиш результат. Класи більше не розбиваються на інтерфейс і реалізацію, що вдвічі зменшує кількість файлів в проекті, що в свою чергу спрощує навігацію по ньому, спрощено синтаксис створення полів і властивостей класів. Властивості більше не мають потреби в instance variables, що раніше в останніх версіях ObjC, ці iVarс створювалися автоматично, але їх можна було прописувати і вручну. Тепер же їх не можна створити в принципі, а значить їх більше не потрібно враховувати. Властивості в Swift можуть бути змінними (оголошується як `var myField`) і константами (оголошується як `let myField`).

З'явилися Optional Types, вони використовуються, коли значення змінної з якоїсь причини може не бути. Додано нову функціональність для оператора `switch`, перерахувань `enum`, реалізовано generics та значно покращено модель керування пам'яттю ARC (Automatic Reference Counting), що зменшує кількість випадків втрати додатком оперативної пам'яті [7].

Розглянувши усі доступні технології, спробуємо реалізувати конкретний невеликий проект (додаток "Мої улюблені місця") мовою програмування Swift.

Оскільки розробка ведеться виключно у системі MacOS, потрібно завантажити IDE Xcode з Mac App Store. Після запуску, якого у вікні створення проекту обираємо пункт Create a new Xcode project, що дозволить відкрити Xcode у режимі написання власного проекту. По ліву сторону програми знаходиться область Navigator, по центру основний відділ роботи з проектом, та по правій стороні знаходиться Inspector, який вміщує в собі усю необхідну інформацію, щодо налаштувань окремих об'єктів та їх властивостей. Розробка додатку ведеться за технологією Model - View - Controller, яку рекомендує використовувати власне Apple. Процес створення передбачає два варіанти написання інтерфейсу, а саме розміщення елементів інтерфейсу за допомогою коду, або ж за допомогою storyboard (файл main.storyboard), що є так званим візуальним полотном, яке надає можливість додати елементи керування на екран відображення, перетягнувши їх з бібліотеки об'єктів у власний проект, саме цей варіант ми оберемо для кращого розуміння наших дій.

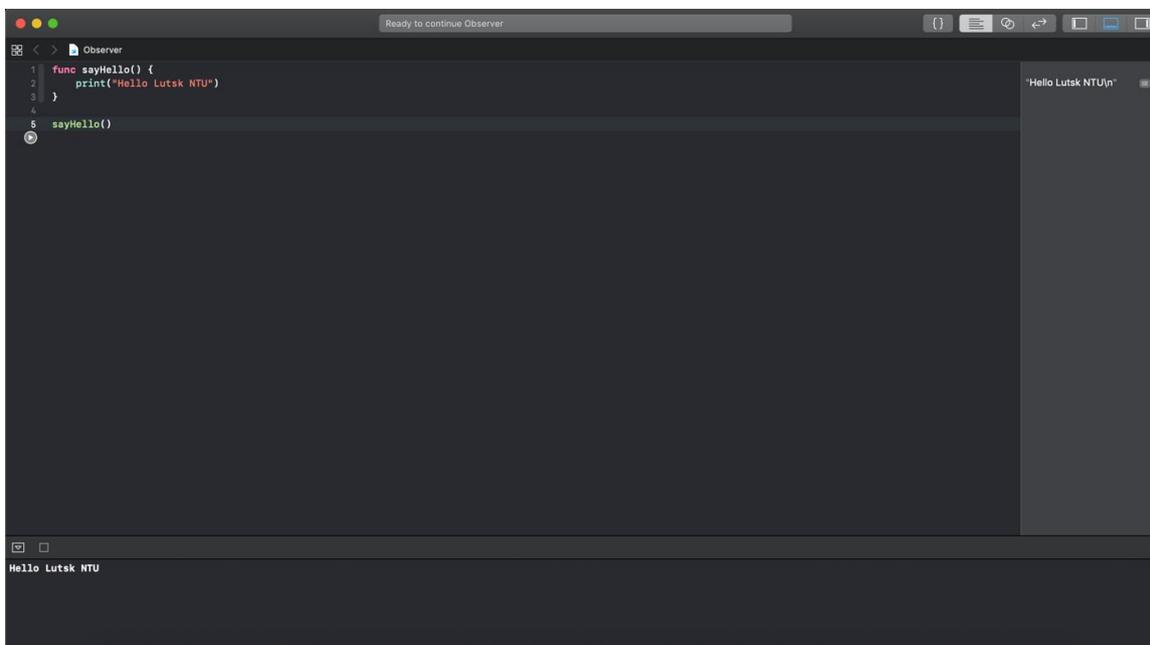


Рис. 1. Xcode playground

Кожен об'єкт у storyboard має власний клас, який передбачає у собі усю логіку роботи елементів екрану. У storyboard по замовчуванню при створенні нового проекту, вже є один екран, так званий ViewController, який запускається при старті додатку, використаємо його для відображення

списку улюблених місць. Для наших цілей ідеально підійде елемент керування TableView, який дозволяє розмішувати, контент у вигляді списку. Для використання цього елемента доцільно перетягнути його на ViewController та закріпити за допомогою constraints на екрані. Constraints - обмеження, які використовуються для фіксованого розміщення елементів, та закріплення їх відносно інших елементів, оскільки ряд мобільних пристроїв Apple чималий, та розміри екранів відрізняються, то компанія пропонує розробникам використовувати constraints для чіткого розуміння системою, де повинен розміщуватися то чи інший елемент відносно іншого. Для того аби TableView виглядав презентабельно та не займав усю площу екрану, прикріпимо до ViewController, такий вид екрану, як Navigation ViewController, що дозволяє додатку вгорі відобразити панель навігації, та активує змогу повертатися від одного екрану до іншого. Тепер коли в результаті ми має два екрана створимо посилання на об'єкт TableView у коді файлу ViewController.swift для цього використаємо IBOutlet, у Assistant Editor перетягнувши ПКМ від TableView до класу.

Робота із storyboard завершена, переходимо до файлу ViewController.swift де і реалізуємо логіку відображення наших улюблених місць. Даний клас унаслідкується від класу UIViewController, що дозволяє перевизначити та використовувати методи суперкласу. Перший метод, який доступний у файлі – це viewDidLoad(), який активізується відразу після завантаження екрану відображення, саме у цьому методі варто викликати усі необхідні налаштування та ініціалізацію змінних. Для відображення будь-яких елементів у TableView, варто підписати клас ViewController на протокол делегата та власника даних, а саме UITableViewDelegate та UITableViewDataSource, які вимагають реалізації двох обов'язкових методів cellForRow (повертає рядок із клітинкою, яка в майбутньому використовується об'єктом TableView) та numberOfRowsInSection (повертає кількість рядків у секції, по замовчанню це 0), також для tableView потрібно назначити клас делегатор та клас постачальник даних за допомогою фрагменту tableView.delegate = self та tableView.dataSource = self. Отож після реалізації цих методів, вже є можливість запустити симулятор та побачити результат, у вигляді декількох пустих рядків.

Для заповнення рядків потрібно отримати у об'єкта TableView його клітинку за допомогою методу tableView.dequeueReusableCell(withIdentifier: "Cell", for: indexPath), та звернутися до властивості titleLabel.text присвоївши їй значення типу String "Моя перша стрічка". Фрагменти коду реалізації даного екрану описані нижче по тексту та результат коду (рис. 2).

```
import UIKit

class ViewController: UIViewController, UITableViewDelegate, UITableViewDataSource {

    @IBOutlet weak var tableView: UITableView!

    override func viewDidLoad() {
        super.viewDidLoad()
        tableView.delegate = self
        tableView.dataSource = self
    }

    func tableView(_ tableView: UITableView, numberOfRowsInSection section: Int) -
> Int {
        return 3
    }

    func tableView(_ tableView: UITableView, cellForRowAt indexPath: IndexPath) ->
UITableViewCell {
        let cell = tableView.dequeueReusableCell(withIdentifier: "Cell", for:
indexPath)
        cell.textLabel?.text = "My first string"
        return cell
    }
}
```

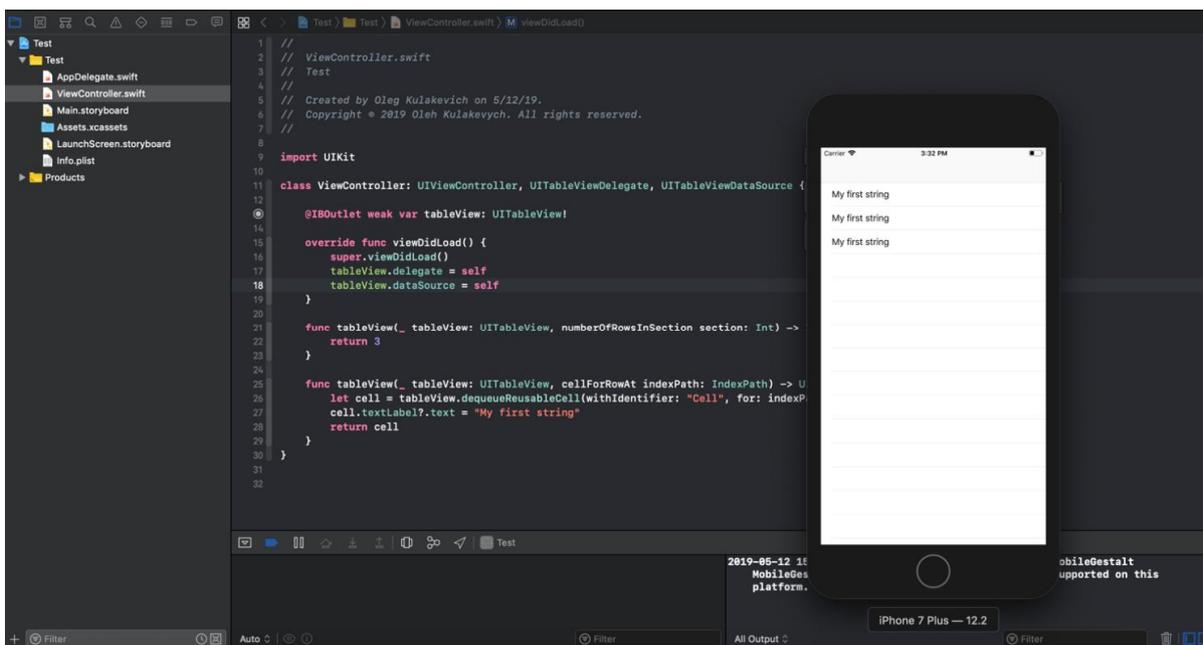


Рис. 2. Процес та результат реалізації об'єкту TableView

Саме за таким алгоритмом відбувається початкове створення більшості додатків. Swift надає потужні можливості, щодо налаштування користувацьких об'єктів, велику кількість доступних вже реалізованих об'єктів готових до використання у власних проектах. Реалізувавши декілька методів, та перетягнувши декілька об'єктів, вже є можливість побачити готовий результат своєї роботи. Оскільки готовий проект у даній статті передбачає декілька сторінок коду. На рис. 3 зображено storyboard готового проекту, та на рис. 4 та 5 результат виконання програми у вигляді симулятора Iphone.

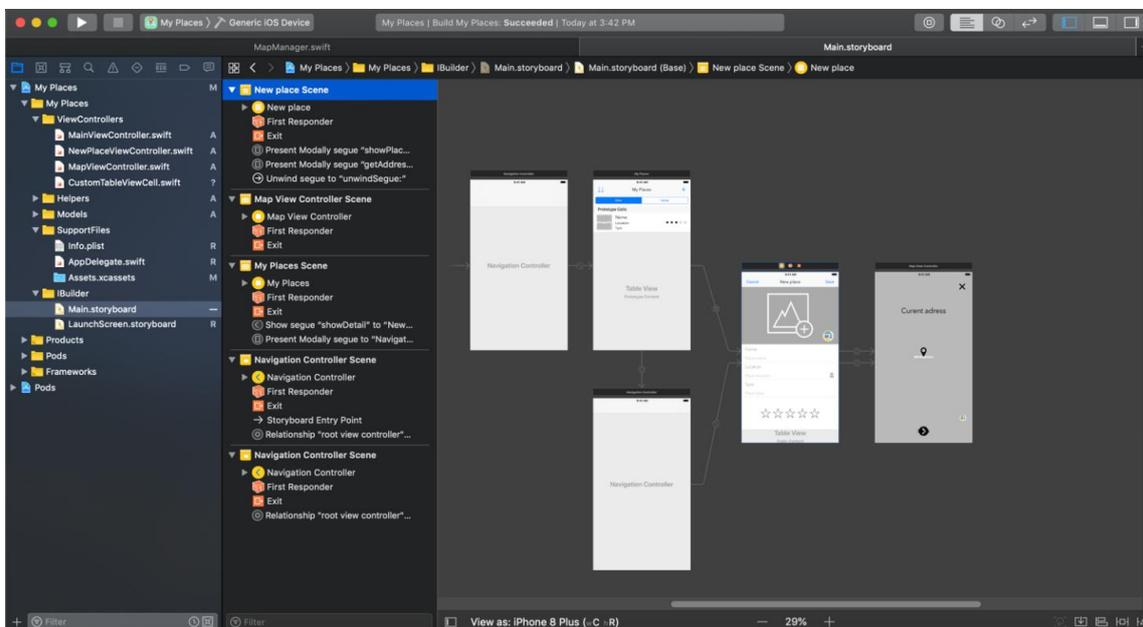


Рис. 3. StoryBoard проекту My Places

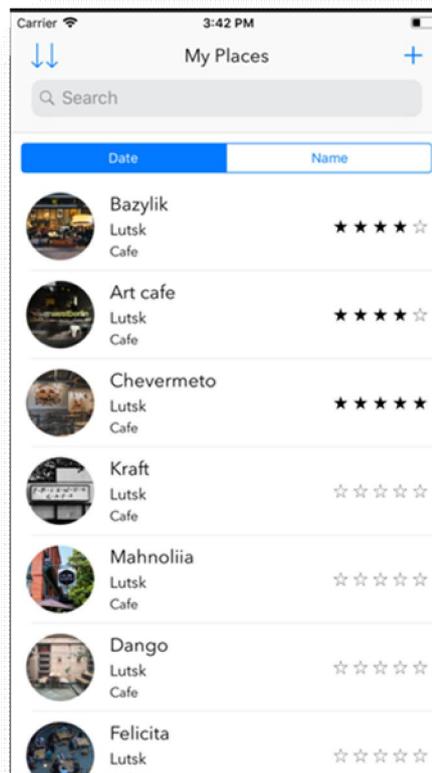


Рис. 4. Головний екран проекту My Places

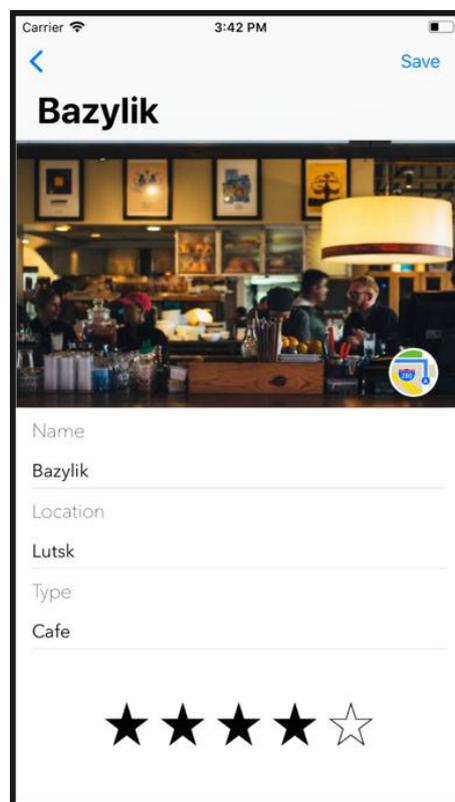


Рис. 5. Екран додавання місця у проекті My Places

Висновки: Актуальність використання мобільних додатків чимала, з кожним роком кількість розробників зростає, компанії намагаються активно впроваджувати нові технології програмування,

аби залучити як найбільше аудиторії до власних платформ. Країни намагаються задовільними рівень попиту на мобільну розробку навчаючи студентів різним технологіям, так як велика кількість компаній зараз готові оплати утримання висококваліфікованого програміста, який власними знаннями та креативністю розвиватиме технологічний рівень країни так і компанії в цілому.

В перспективі планується освоєння нових технологій серверного програмування мовою Swift та розробки за допомогою React Native, що використовується для швидкого програмування під усі популярні платформи, як iOS так і Android.

1. Objective-C [Електронний ресурс] // MacBug – Режим доступу до ресурсу: <http://macbug.ru/cocoa/objc>.
2. Xcode [Електронний ресурс]. – 17. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Xcode>.
3. iOS SDK [Електронний ресурс]. – 14. – Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/iOS_SDK.
4. Cocoa Touch [Електронний ресурс]. – 8. – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Cocoa_Touch.
5. Первые шаги с UIKit [Електронний ресурс] // 17 грудня 2012 – Режим доступу до ресурсу: <https://code.tutsplus.com/ru/tutorials/first-steps-with-uikit--mobile-14013>.
6. Swift и Objective-C: 10 отличий [Електронний ресурс]. – 20. – Режим доступу до ресурсу: <https://dou.ua/lenta/articles/swift-vs-objective-c/>.
7. Усов В. Swift. Основы разработки приложений под iOS и macOS / Василий Усов. – Санкт-Петербург: Питер, 2016. – 448 с. – (4 - е издание).
8. Bring Your Ideas to Life [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.apple.com/develop/>.
9. Функциональное Программирование В Swift [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://swiftbook.ru/post/tutorials/funkcionalnoe-programmirovanie-v-swift/>.
10. Pylypenko D. Swift 5. What is new? [Електронний ресурс] / Dmytro Pylypenko – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@dimpiax/swift-5-what-is-new-examples-fbb64d525486>.

УДК 004.021

Сосновський В.А., Хлевний А.О., к.т.н.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ

Сосновський В.А., Хлевний А.О. Аналіз та дослідження основних методів розпізнавання обличчя. В статті розглядаються основні методи розпізнавання обличчя, що використовуються для ідентифікації особи. У роботі описується базовий процес розпізнавання обличчя, а також проводиться огляд переваг та недоліків найбільш популярних алгоритмів розпізнавання обличчя. На основі зібраних даних проводиться порівняльний аналіз методів, а також робляться висновки з приводу перспективних напрямків подальших досліджень у даній сфері.

Ключові слова: розпізнавання обличчя, алгоритм, ключові точки, точність.

Сосновський В.А., Хлевний А.А. Анализ и исследование основных методов распознавания лица. В статье рассматриваются основные методы распознавания лица, что используются для идентификации человека. В работе описывается базовый процесс распознавания лица, а также проводится рассмотрение преимуществ и недостатков наиболее популярных алгоритмов распознавания лица. На основании собранных данных проводится сравнительный анализ методов, а также делаются выводы относительно перспективных направлений дальнейших исследований.

Ключевые слова: распознавание лица, алгоритм, ключевые точки, точность.

Sosnovskiy V.A., Khlevniy A.O. Analysis and research of the main methods of face recognition. The article deals with the main methods of face recognition, that are used to identify the person. The study describes the basic process of face recognition, and conducts the review of the advantages and disadvantages of the most popular algorithms for face recognition. Based on received results the comparative analysis of the methods is conducted and conclusions about the most perspective directions of studies in this scope are made.

Key words: face recognition, algorithm, key points, accuracy.

Постановка наукової проблеми. В наш час все більш широке поширення набувають біометричні системи ідентифікації людини. Традиційні системи ідентифікації вимагають знання пароля, наявності ключа, ідентифікаційної картки або іншого ідентифікує документа, який можна забути, втратити або підробити. На відміну від них біометричні системи ґрунтуються на унікальних біологічних характеристиках людини, які важко підробити і які однозначно визначають конкретну людину. Метою даної статті є дослідження та аналіз переваг та недоліків основних методів розпізнавання обличчя людини методами комп'ютерного зору. Таке завдання найчастіше зустрічається у обставинах, коли необхідно швидко та точно визначити особу людини, зіставивши її з існуючою базою даних людей. Це широко використовується у таких сферах, як правоохоронна, банківська, служби безпеки компаній та безліч інших. Наприклад, банкомати і термінали видачі готівки. Програмне забезпечення може швидко перевірити особу клієнта. Після дозволу клієнта банкомат або термінал робить знімок людини. Програмне забезпечення створює відбиток особи, що захищає клієнта від крадіжки особистих даних і шахрайських транзакцій, після чого видає готівку тільки після успішної авторизації користувача.

На сьогодні існує велика кількість математичних методів, котрі використовують для розпізнавання обличчя. Більшість з них є дуже чутливими до вхідних даних, що робить їх непридатними для деяких задач. Тому проблема вибору правильного методу розпізнавання обличчя є критично. У роботі порівнюються основні методи розпізнавання обличчя, що дає змогу обрати необхідний метод відповідно до поставлених задач.

Методи розпізнавання обличчя. Незважаючи на велику різноманітність алгоритмів, можна виділити загальну структуру процесу розпізнавання обличчя (див. рис. 1)[1].

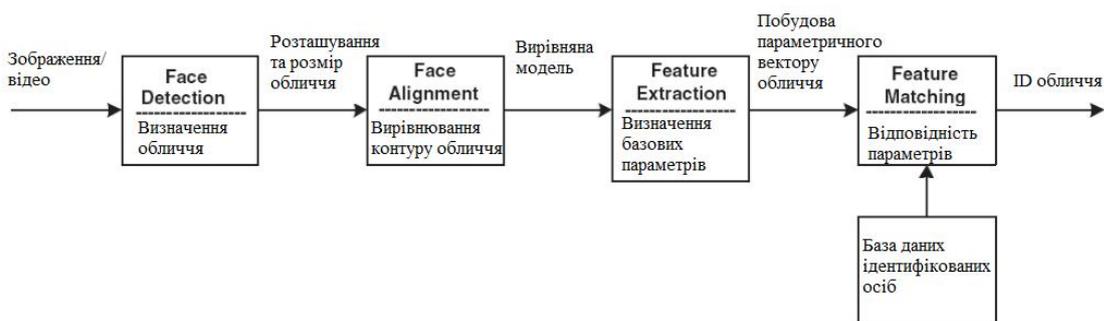


Рис. 1. Загальний процес обробки зображення обличчя при розпізнаванні

На першому етапі проводиться виявлення і локалізація обличчя на зображенні[6]. На етапі розпізнавання проводиться вирівнювання зображення обличчя (геометричне та яскравісне), обчислення ознак і безпосередньо розпізнавання – порівняння обчислених ознак із закладеними в базу даних еталонами. Основною відмінністю всіх представлених алгоритмів буде обчислення ознак і порівняння їх сукупностей між собою.

Метод гнучкого порівняння на графах. Метод полягає в еластичному зіставленні графів, що описують зображення обличчя. У методі гнучкого порівняння на графах обличчя представляється у вигляді графа, вершини якого розташовані на ключових точках обличчя, таких як контури голови, губ, носи і їх крайніх точках, тобто зі зваженими вершинами і ребрами(див.рис. 2).

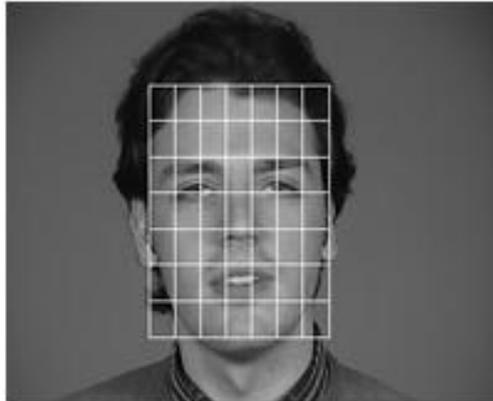


Рис. 2. Еластичний граф, що покриває зображення обличчя(граф на основі прямокутної сітки)

Кожна грань позначена відстанями між її вершинами. В момент розпізнавання один з графів, який називається – еталонним, залишається незмінним проте інший деформується з ціллю якомога кращої підгонки до першого[9]. У подібних системах розпізнавання графи можуть являти собою як прямокутну сітку, так і структуру, утворену характерними (антропометричними) точками особи(див. рис. 3).

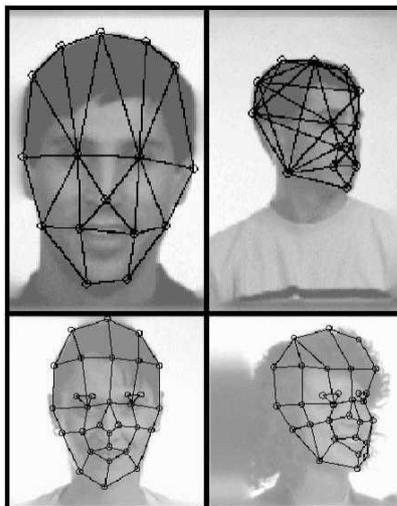


Рис. 3. Еластичний граф, що покриває зображення обличчя(граф на основі антропометричних точок обличчя)

Для обчислення значення ознак у вершинах графа часто користуються комплексними значеннями фільтрів Габора або їх упорядкованих наборів - Габоровських вейвлет (строї Габора), які обчислюються в певній локальній області вершини графа локально завдяки згортці значень яскравості пікселів з фільтрами Габора[5].

Також відповідно ребра графа зважуються відстанями між суміжними вершинами. Різниця відстані між графами визначається за допомогою певної цінової функції деформації, що враховує деякі значення, а саме: відмінність між значеннями ознак, обчисленими в вершинах і ступінь деформації ребер графа.

Процес деформації графа відбувається завдяки почерговому зміщенню кожної з вершин графа на певну відстань у відповідно певних напрямках щодо її вихідного розташування і вибору такої її позиції, при якій різниця між значеннями ознак у вершині деформованого графа і відповідної їй

вершині еталонного графа буде найменшою. Даний процес відбувається до того моменту часу, поки не буде відомо мінімальне розходження між ознаками деформованого і еталонного графів. Процедура виконується з усіма обличчями, які закладені в базу даних системи, тому швидкість роботи даного методу за таким алгоритмом зростає пропорційно розміру бази даних з особами.

Можна виділити наступні переваги[7]:

- досить висока точність при розпізнаванні (~ 90%);
- стійкість до зміни ракурсу (до 30 °);
- вплив таких чинників як зміна міміки на точність розпізнавання невелика.

Також можна виділити наступні недоліки:

- внаслідок того, що по черзі виконується обчислення з кожним обличчям з бази даних – складність обчислення;
- пряма залежність часу роботи від кількості обличчів в базі, що при великому обсязі останньої може викликати затримки.

Нейронні мережі. Штучна нейронна мережа - це математична модель, принципи пристрою якої відповідають таким у біологічних нейронних мереж, утворених нервовими клітинами живого організму[8].

Найбільш поширений варіант - багат шаровий перцептрон, що дозволяє класифікувати подане на вхід зображення відповідно до попередніх налаштувань мережі[4]. Приклад схеми багат шарового перцептрона представлений на рис 4.

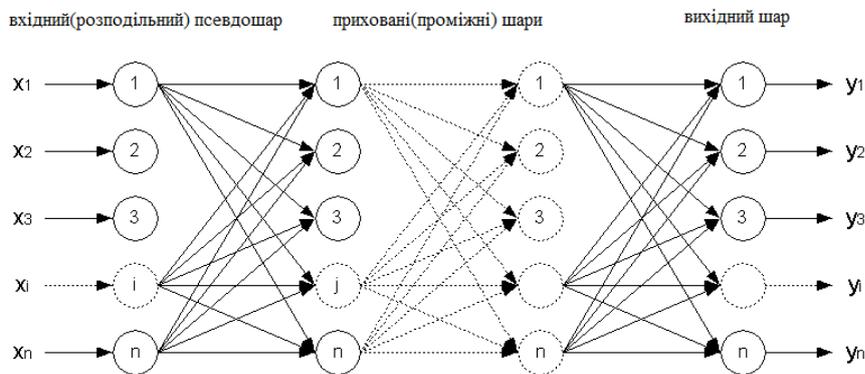


Рис. 4. Схема багат шарового перцептрона

Вхідний сигнал в таких мережах поширюється в прямому напрямку, від шару до шару. Багат шаровий перцептрон в загальному представленні складається з наступних елементів[3]:

- безлічі вхідних вузлів, які утворюють вхідний шар;
- одного або декількох прихованих шарів обчислювальних нейронів;
- одного вихідного шару нейронів.

Можна виділити наступні переваги:

- точність розпізнавання > 90%, стійкість до шумів вхідних даних;
- висока, в порівнянні з іншими розглянутими алгоритмами, швидкість роботи внаслідок розпаралелювання процесу.

Також можна виділити наступні недоліки:

- при розпізнаванні образів відсутня масштабованість;
- особливістю архітектури нейронних мереж є те, що кількість класів, які може розпізнати мережу, задається ще на етапі ініціалізації (тобто для додавання зображення нової людини до вже наявними даними потрібно заново налаштовувати і проводити навчання мереж).

Алгоритм Віоли-Джонса. В основу методу покладені: інтегральне представлення зображення за ознаками Хаара, побудова класифікатора на основі алгоритму адаптивного підсилювання і спосіб комбінування класифікаторів в каскадну структуру пікселів з прямокутних регіонів[10]. На рис.5 показано чотири різних типи ознак. Величина кожної ознаки обчислюється як сума пікселів в білих прямокутниках, з якої віднімається сума пікселів в чорних областях.

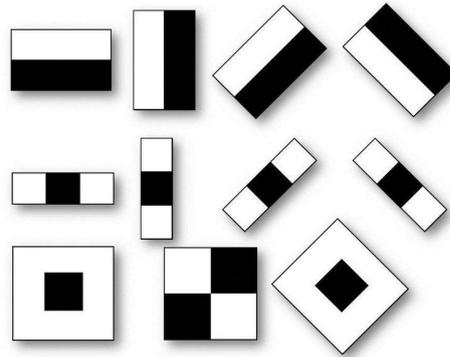


Рис.5. Типи ознак Хаара

Даний метод демонструє високу ефективність при вирішенні завдання пошуку об'єктів на зображеннях і відеопослідовностях в режимі реального часу. Алгоритм Віоли-Джонса має низьку ймовірність помилкового виявлення обличчя. Метод дозволяє виявляти обличчя при спостереженні його під кутом до 30°. Точність ідентифікації може досягати значень понад 90% [11]. Метод був розроблений в 2001 році, має велику кількість реалізацій і широко застосовується на практиці, як простий і ефективний. Алгоритм Віоли-Джонса має реалізацію в вільно розповсюдженій бібліотеці OpenCV, що дозволяє використовувати його в розробці систем відеоспостереження.

Можна виділити наступні переваги [2]:

- низький відсоток помилкових спрацьовувань в порівнянні з іншими розглянутими алгоритмами;
- висока швидкість виявлення;
- простота програмної реалізації (завдяки штатним засобам бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV).

Також можна виділити наступні недоліки:

- тривалий час навчання алгоритму. В ході навчання алгоритму необхідно проаналізувати велику кількість тестових зображень;
- алгоритм не дає спрацьовування при повороті особи на кут більше 30 градусів
- алгоритм не стійкий до сильного освітлення або затемнення зображень.

Метод головних компонент. Одним з найбільш відомих і опрацьованих є метод головних компонент (principal component analysis, PCA), заснований на перетворенні Карунена-Лоєва. Метод головних компонент являє собою спосіб зменшення розмірності даних при втраті найменшої кількості інформації, тобто для стиснення інформації без істотних втрат інформативності [7]. Метод головних компонент є статистичним і оперує не зображеннями, а векторами в лінійному просторі. Процес обчислення головних компонент зводиться до обчислення власних векторів і власних значень коваріаційної матриці вихідних даних або до сингулярного розкладання матриці даних.

Суть методу головних компонент зводиться до наступного. Вхідні вектори являють собою відцентровані і приведені до єдиного масштабу зображення обличчя. Спочатку весь навчальний набір обличчя перетворюється в одну загальну матрицю даних, де кожен рядок являє собою один екземпляр зображення обличчя, розкладеного у рядок.

Тобто відбувається лінійне ортогональне перетворення вхідного вектора X розмірності N у вихідний вектор Y розмірності M , N . Матриця X складається з усіх прикладів зображень навчального набору [12] (див. рис.6).

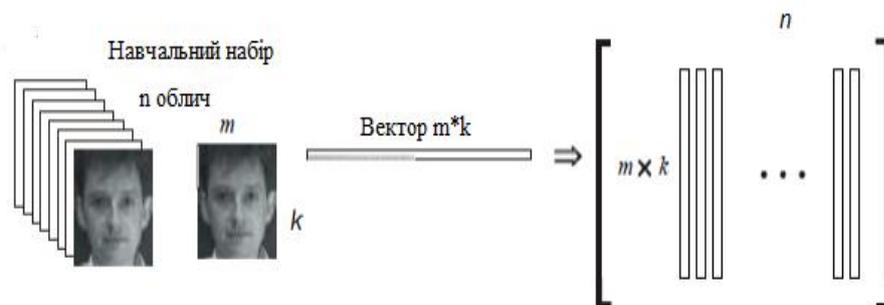


Рис. 6. Перетворення навчального набору обличчя в одну загальну матрицю X

За допомогою обчислених раніше матриць вхідне зображення розкладається на набір лінійних коефіцієнтів, що називаються головними компонентами. Сума N перших головних компонент, помножених на відповідні власні вектори, є апроксимацією зображення порядку N .

Для кожного зображення обличчя обчислюються його головні компоненти. Зазвичай береться від 55 до 200 головних компонент. Інші компоненти кодують дрібні відмінності між обличчями і шум. В цілому процес розпізнавання полягає в порівнянні головних компонент невідомого зображення з компонентами всіх інших зображень, тобто з бази даних (або тренувального набору) вибираються зображення-кандидати, що мають найменшу відстань від вхідного (невідомого) зображення.

У випадках, коли на зображенні присутні значні зміни в рівні освітленості або виразі обличчя, ефективність методу значно знижується.

Можна виділити наступні переваги:

- більш низьке споживання пам'яті при роботі в порівнянні з іншими алгоритмами;
- простий процес додавання нових еталонних обличч до вже навченого алгоритму;
- збереження і пошук зображень у великих базах даних.

Також можна виділити наступні недоліки:

- велика, в порівнянні з конкурентами, чутливість до освітленості, міміки і куту повороту голови;
- більш суворі вимоги до якості навчальних зображень в порівнянні з іншими розглянутими алгоритмами.

Результати порівняння алгоритмів розпізнавання обличч. Результати проведеного дослідження наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння алгоритмів розпізнавання обличч.

Критерій Метод	Точність розпізнавання	Стійкість до змін емоційного виразу обличчя та освітлення	Швидке розпізнавання	Складність обчислення	Швидке додавання нової особи для розпізнавання
Метод еластичного порівняння на графах	~90%	+	-	++	+
Метод головних компонент	~90%	-	+	+	+
Нейронні мережі	>90%	+	+	+	-
Алгоритм Віоли-Джонса	~90%	-	+	+	+

Кожен алгоритм має певні недоліки та переваги. Вибір та застосування в першу чергу залежить від конкретної ситуації при якій буде використовуватись розпізнавання.

Метод гнучкого порівняння на графах має великий час розпізнавання і обчислювальну складність. Метод головних компонент має більшу, в порівнянні з іншими варіантами, чутливість до змін міміки, що впливає на точність розпізнавання.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Було виявлено такі основні проблеми в досліджуваних алгоритмах: недостатність світла та нахил голови. Таким чином, з огляду на те, що найбільш важливими характеристиками систем виявлення є швидкість і точність виявлення, актуальною є задача розробки і впровадження нових, більш швидких і точних алгоритмів, здатних виявити обличчя людини, нахилене під довільним кутом в площині зображення. Важливим недоліком сучасних систем розпізнавання обличчя є недостатня ефективність виділення ознак особи присутньої на зображенні, підвищити яку можна за рахунок використання методів теорії штучних нейронних мереж та глибинного навчання.

1. Галатенко В.А. Идентификация и аутентификация, управление доступом лекция из курса «Основы информационной безопасности». – Интернет Университет Информационных Технологий, 2010г
2. Мищенко Е.С. Сравнительный анализ алгоритмов распознавания лиц // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 9: Исследования молодых ученых. 2013. №11. С. 74–77.
3. Многослойный перцептрон [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/multi-perceptron.html>
4. Основные концепции нейронных сетей / Каллан Р.: Пер. с англ. – М.: Изд-кий дом Вильямс, 2001. – 291с.
5. Основы теории распознавания образов / Э.А. Патрик.; Пер. с англ. В.М. Баронкина, Б.А. Смиренина, Ю.С. Шинакова. - М.: Изд-во Советское радио, 1980. – 407с.
6. Тихонов И.А. Информативные параметры биометрической аутентификации пользователей информационных систем 2010. № 9. С. 26-32.
7. Упская, О. К. Исследование алгоритмов распознавания лиц / О.К. Упская, А. Ю. Лошманов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Комсомольск-на-Амуре, 09-20 апреля 2018г.: в 2 ч. – 2018. – Ч.2. – С. 245-247.
8. Rowley H. Neural Network-based Face Detection / H. Rowley, S. Baluja, T. Kanade // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1998. – Vol. 20. – P. 22-38.
9. Timo Ahonen, Abdenour Hadid, and Matti Pietikainen. Face recognition with local binary " patterns. In Computer vision- eeccv 2004, pages 469–481. Springer, 2004
10. Viola P. and Jones M.J. Robust real-time face detection. International Journal of Computer Vision, vol. 57, no. 2, 2004, pp. 137–154.
11. Viola, P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – Kauai, Hawaii, USA, 2001. – V. 1. – P. 511–518.
12. Yang M. Recent Advances in Face Detection / M. Yang // Tutorial of The IEEE International Conference on Pattern Recognition. – Cambridge (United Kingdom), 2004. – 93 p.

УДК 004.032.26:004.49

¹Терейковська Л.О., ²Іванченко Є.В., ²Погорелов В.В.

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

²Національний авіаційний університет

МЕТОД АДАПТАЦІЇ ГЛИБОКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДО РОЗПІЗНАВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ВІРУСІВ

Терейковська Л.О., Іванченко Є.В., Погорелов В.В. Метод адаптації глибокої нейронної мережі до розпізнавання комп'ютерних вірусів. Аналіз науково-прикладних досліджень присвячених створенню систем захисту від шкідливого програмного забезпечення показує, що одним з найбільш перспективних напрямків розвитку систем розпізнавання шкідливих програм є удосконалення їх математичного забезпечення за рахунок застосування сучасних нейромережевих моделей на базі глибоких нейронних мереж. Також результати проведеного аналізу визначили необхідність створення методу розробки архітектури глибокої нейронної мережі, адаптованої до умов застосування в сучасних засобах розпізнавання. В ході досліджень було запропоновано метод розробки архітектури глибокої нейронної мережі, призначеної для розпізнавання шкідливого програмного забезпечення. На відміну від існуючих метод дозволяє уникнути в процесі розробки нейромережевої моделі довготривалих чисельних експериментів спрямованих на визначення доцільності її застосування та на оптимізацію її структурних параметрів. При цьому шляхом чисельних експериментів з використанням опублікованої компанією Microsoft бази даних комп'ютерних вірусів BIG-2015 показано, що метод дозволяє побудувати нейромережеву модель, яка забезпечує похибку розпізнавання, співрозмірну з похибкою сучасних систем розпізнавання комп'ютерних вірусів. Перспективи подальших досліджень пов'язані з адаптацією запропонованого методу до застосування глибоких нейронних мереж в поведінкових аналізаторах

Ключові слова: шкідливе програмне забезпечення (ШПЗ), система виявлення вторгнень, кібератака, процедура деобфускації, метод адаптації архітектури ГНМ.

Терейковская Л.А., Иванченко Е.В., Погорелов В.В. Метод адаптации глубокой нейронной сети для распознавания компьютерных вирусов.. Анализ научно-прикладных исследований посвященных созданию систем защиты от вредоносного программного обеспечения показывает, что одним из наиболее перспективных направлений развития систем распознавания вредоносных программ является совершенствование их математического обеспечения за счет применения современных нейросетевых моделей на базе глубоких нейронных сетей. Также результаты проведенного анализа определили необходимость создания метода разработки архитектуры глубокой нейронной сети, адаптированной к условиям применения в современных средствах распознавания. В ходе исследований был предложен метод разработки архитектуры глубокой нейронной сети, предназначенной для распознавания вредоносного программного обеспечения. В отличие от существующих метод позволяет избежать в процессе разработки нейросетевой модели длительных численных экспериментов по выявлению целесообразности ее применения и на оптимизацию ее структурных параметров. При этом путем многочисленных экспериментов с использованием опубликованной компанией Microsoft базы данных компьютерных вирусов BIG-2015 показано, что метод позволяет построить нейросетевой модели, обеспечивающей погрешность распознавания, соразмерный с погрешностью современных систем распознавания компьютерных вирусов. Перспективы дальнейших исследований связаны с адаптацией предложенного метода к применению глубоких нейронных сетей в поведенческих анализаторах

Ключевые слова: вредоносное программное обеспечение (ШПЗ), система обнаружения вторжений, кибератака, процедура деобфускации, метод адаптации архитектуры ГНС.

Tereykovskaya LO, Ivanchenko Ye.V., Pogorelov V.V. Method of adaptation of the deep neural network to the recognition of computer viruses. The analysis of scientific and applied researches devoted to creation of the systems of protection against harmful software shows that one of the most perspective directions of development of the systems of recognition of malicious software is the improvement of their mathematical support due to the application of modern neural network models on the basis of deep neural networks. The results of the analysis also identified the need to create a method for developing the architecture of deep neural network adapted to the conditions of use in modern means of recognition. In the course of research, a method for developing a deep neural network architecture designed to detect malicious software was proposed. In contrast to the existing methods, this method allows avoiding during the development of a neural network model of long-term numerical experiments aimed at determining the appropriateness of its application and optimizing its structural parameters. Through numerical experiments using computer virus database BIG-2015 published by Microsoft, it is shown that the method allows building a neural network model that provides a recognition error that is commensurate with the error of modern computer virus recognition systems. Prospects for further research are related to the adaptation of the proposed method to the application of deep neural networks in behavioural analyzers.

Key words: malware, intrusion detection system, cyberattack, deobfuscation procedure, DNN architecture adaptation method.

Вступ. На думку багатьох авторитетних дослідників, вже довгий час шкідливе програмне забезпечення (ШПЗ) є однією з найбільш небезпечних загроз сучасних комп'ютерних систем, як загального, так і спеціального призначення [1, 5, 10, 11]. Підтвердженням цього факту можуть служити відомі випадки успішних кібератак, реалізованих з використанням різних шкідливих програм [12, 15]. Хоча розробкою відповідних засобів захисту займається багато висококваліфікованих фахівців, але проблема ще далека свого рішення. Основні труднощі виникають в процесі детектування ШПЗ на стадії його проникнення в комп'ютерну систему. Для цього в сучасних системах захисту все більш широке застосування знаходять рішення з області теорії штучних нейронних мереж (ШНМ). Перспективність

вказаного напрямку підтверджується окремими вдалими застосуваннями ШНМ в засобах розпізнавання комп'ютерних вірусів (антивірус з відкритим програмним кодом ClamAV, стартап Deep Instinct) та великою кількістю відповідних теоретико-практичних робіт, огляд яких наведено в [7, 9, 16]. Разом з тим, недостатня точність розпізнавання та недостатня адаптованість до умов експлуатації, закритість використаних рішень значно обмежують сферу їх застосування.

Постановка проблеми. Постійний прогрес в області теорії нейронних мереж вказує на можливість значного вдосконалення апробованих нейромережових засобів (НМЗ) розпізнавання ШПЗ. Цим пояснюється актуальність досліджень в області вдосконалення існуючих НМЗ, що за рахунок використання сучасних теоретичних рішень дозволили б забезпечити ефективне розпізнавання ШПЗ.

Аналіз попередніх досліджень. Основною задачею застосування ШНМ в засобах протидії ШПЗ являється розпізнавання ШПЗ на основі узагальнення контрольованих параметрів, відображених в навчальних прикладах [13, 14, 16]. При цьому процес нейромережового розпізнавання ШПЗ, як правило полягає в нейромережовій оцінці величин множини контрольованих параметрів. Якщо виставлена за допомогою ШНМ оцінка знаходиться в певному діапазоні, то вважається, що ШПЗ розпізнано, а у випадку виходу за межі цього діапазону вважається, що в комп'ютерній системі ШПЗ відсутнє. Відповідно описаній в [9] методології розробки НМЗ захисту інформації основні напрямки підвищення ефективності таких засобів пов'язані з адаптацією виду та параметрів нейромережової моделі (НММ) до очікуваних умов застосування, які в першу чергу визначаються використаною множиною вхідних параметрів.

Так в [2, 3] наведено опис методів визначення фрагментів програмного коду, призначених для визначення переліку та оцінки значень вхідних параметрів ШНМ, що використовуються в системах детектування ШПЗ та в системах антивірусного захисту. Для підвищення інформативності контрольованих параметрів в методі застосована процедура їх попередньої обробки. Також описано підхід до застосування НММ на базі топографічної карти Кохонена. Задекларовано, що вибір виду НММ відбувався за рахунок проведення порівняльних числових експериментів. В якості критерію порівняння використано термін навчання. В [9] наведено опис та результати експериментів в яких для розпізнавання ШПЗ було використано ШНМ на базі двохшарового перцептрон. При цьому оптимізація параметрів та оптимізація процедури навчання НММ не проводилась.

В роботі [5] запропоновано підхід до визначення вхідних параметрів НММ, призначеної для розпізнавання ШПЗ на основі аналізу програмного коду. Підхід передбачає використання для деобфускації теоретичних рішень, що використовуються для оптимізації програмного коду. Також розроблена процедура деобфускації програмного коду з використанням графа залежності значень і станів. Встановлено, що використання розробленої процедури дозволяє представити функціональну семантику тестованих програм у вигляді графа. В результаті стало можливим нейромережове виявлення ШПЗ на основі його семантики виконання.

В [13] запропоновано систему розпізнавання комп'ютерних вірусів на основі нейромережового аналізу нормалізованих сигнатур. Декларується точність розпізнавання в межах 80-91%. Вказується на можливість розпізнавання поліморфних вірусів. В якості базової НММ використано двохшаровий перцептрон. Схожі результати отримані і в [2, 3, 7, 13] де для розпізнавання також використано двохшаровий перцептрон з одним або двома вихідними нейронами. При цьому вхідні нейрони співвідносяться із параметрами, що характеризують структуру PE-файлів. Основною відмінністю між результатами [2, 3, 7, 13] є використання різних підходів до попередньої обробки вхідних параметрів ШНМ. Також в роботі [2] описані експерименти, що свідчать про точність розпізнавання комп'ютерних вірусів на рівні 91%. Використано сигнатури комп'ютерних вірусів представлені в базі даних malwr. Відзначимо, що в [2, 3, 7, 13] механізму оптимізації структури двохшарового перцептрон та механізму формування навчальної вибірки не наведено. Також викликають певні сумніви у доцільності використання НММ на базі достатньо застарілих ШНМ типу двохшарового перцептрон та топографічної карти Кохонена. Зазначимо, що сучасні НМЗ базуються НММ типу глибокої нейронної мережі (ГНМ) [4, 6-9].

Так в [8] використана ГНМ з переднавчанням на основі автоенкодера. Мережа складається із 8 шарів, кожен із яких містить 30 нейронів. Для отримання множини вхідних даних ГНМ використано спеціально розроблений метод автоматичної генерації сигнатур комп'ютерних вірусів. Наведено результати числових експериментів в яких точність розпізнавання досягає 98%. Разом з тим в [8] вказано, що ГНМ навчається тільки за допомогою механізму автоенкодера на не маркованих даних. Це дещо знижує достовірність отриманих результатів, оскільки вважається, що для забезпечення високої

точності розпізнавання також необхідно передбачити навчання ГНМ за допомогою алгоритму зворотного поширення помилок на маркерованих навчальних даних.

В [1] наведено опис застосування згорткових нейронних мереж (ЗНМ) для розпізнавання ШПЗ. Зазначимо, що ЗНМ є одним із різновидів ГНМ, який традиційно використовується для розпізнавання зображень. Для цього в [1] розроблено спосіб перетворення сигнатури програмного коду у сіре масштабоване зображення розміром 32x32 пікселів. Наведено описи проведених експериментів, в яких досліджувався вплив структурних параметрів ЗНМ на точність розпізнавання. Розглянуто три варіанти структурних рішень ЗНМ. Для найкращого варіанту точність розпізнавання становить 93.86%. Сформульовано пропозицію про необхідність розробки теоретичних положень щодо адаптації структурних параметрів ЗНМ до умов задачі розпізнавання ШПЗ.

Для поглиблення результатів аналізу також були розглянуті науково-практичні роботи, присвячені розробці НМЗ оцінки параметрів безпеки інформаційних систем. Так, в [4] сформовано базову множину критеріїв ефективності виду НММ, що використовується для оцінки параметрів безпеки. Визначені шляхи розширення цієї множини. Також в роботі створено методологію розробки НМЗ для оцінки параметрів безпеки ресурсів інформаційних систем, що може бути використана при побудові систем розпізнавання ШПЗ. Крім того розроблено метод оцінки ефективності НМЗ розпізнавання Інтернет-орієнтованих кібератак, до складу яких також можна віднести і Інтернет-орієнтоване ШПЗ.

В [4] розроблено НММ, призначену для розпізнавання мережеских кібератак на інформаційні ресурси. Показано доцільність використання ГНМ. Це пояснюється тим, що даному виду нейромережевої моделі притаманна висока здатність до навчання, високі обчислювальні можливості та висока адаптованість до особливостей умов застосування. Наведено результати експериментів розпізнавання мережеских кібератак, сигнатури яких представлені в базі даних NSL-KDD.

В результаті проведеного аналізу можна стверджувати, що одним із найбільш перспективних напрямків підвищення ефективності систем протидії ШПЗ є застосування в них нейромережеских засобів розпізнавання на базі ГНМ. При цьому множина вхідних параметрів ГНМ залежить від особливостей системи розпізнавання. Для поведінкового аналізатора перелік може визначатись набором ознак викликів потенційно небезпечних функцій прикладного програмного інтерфейсу операційної системи. Для антивірусного сканера перелік ознак може співвідноситись із сигнатурами ШПЗ. Також можна сформулювати висновок про те, що в більшості відповідних науково-практичних робіт відсутнє теоретичне обґрунтування доцільності використання ГНМ в засобах розпізнавання ШПЗ, також не наведено обґрунтування адаптації архітектурних параметрів ГНМ до очікуваних умов застосування.

Таким чином **метою** даного дослідження є забезпечення ефективності систем розпізнавання шкідливого програмного забезпечення за рахунок адаптації виду архітектури та архітектурних параметрів глибокої нейронної мережі до очікуваних умов застосування.

Результати досліджень. Вдосконалення методологічної бази. У відповідності до загальноприйнятої методології розробки НМЗ захисту інформації на першому етапі досліджень було розроблено елементи методологічної бази адаптації архітектурних параметрів ГНМ до очікуваних умов застосування.

Принцип допустимості використання виду ГНМ. Серед множини доступних i -ий вид ГНМ (\mathbf{DNN}_i) входить до множини допустимих видів (\mathbf{DNN}_{avl}), якщо його основні характеристики ($Q(\mathbf{DNN}_i), \tau(\mathbf{DNN}_i)$) задовольняють вимогам щодо допустимого терміну (τ_{avl}) і допустимої ресурсоемності побудови (Q_{avl}) НМЗ:

$$if (Q(\mathbf{DNN}) \leq Q_{avl}) \& (\tau(\mathbf{DNN}) \leq \tau_{avl}) \rightarrow \mathbf{DNN} \in \mathbf{DNN}_{avl}, (1)$$

Принцип розрахунку ефективності виду ГНМ. Ефективність i -го виду ГНМ (\mathbf{DNN}_i) співвідноситься із тим наскільки даний вид ГНМ задовольняє основним функціональним вимогам, що описуються за допомогою критеріїв ефективності. Для кількісного оцінювання ефективності використовується вираз:

$$V(\mathbf{DNN}_i) = \sum_{k=1}^K \alpha_k H_k(\mathbf{DNN}_i), (2)$$

де $V(\mathbf{DNN}_i)$ - значення функції ефективності, $H_k(\mathbf{DNN}_i)$ - значення k -го критерію для ГНМ з i -ою архітектурою, $\alpha_k = [0 \dots 1]$ - ваговий коефіцієнт k -го критерію ефективності, K - кількість критеріїв.

Принцип оцінювання ефективності виду ГНМ. Серед множини допустимих i -ий вид ГНМ (\mathbf{GNN}_i) є найбільш ефективним, якщо для нього функція ефективності (V_i) має максимальне значення:

$$\max_{V_i} = \{V_1, V_2, \dots, V_I\}. \quad (3)$$

Розробка наведених принципів дозволила запропонувати *модель визначення ефективних видів ГНМ:*

$$\mathbf{DNN}_{ent} \rightarrow \mathbf{DNN}_{avl} \rightarrow \mathbf{DNN}_{eff},$$

де \mathbf{DNN}_{ent} - множина доступних видів ГНМ, \mathbf{DNN}_{avl} - множина допустимих видів ГНМ, \mathbf{DNN}_{eff} - множина ефективних видів ГНМ.

Базуючись на теоретичних розробках в області ШНМ визначено:

$$\mathbf{DNN}_{ent} = \{dnn_1, dnn_2, dnn_3, dnn_4\};$$

де dnn_1 - повнозв'язні ГНМ, при навчанні яких процедура переднавчання не передбачена, dnn_2 - повнозв'язні ГНМ, при навчанні яких використовується процедура переднавчання, dnn_3 - ЗНМ з прямим поширенням сигналу, dnn_4 - рекурентних ЗНМ (RCN).

Визначена умова допустимості ГНМ типів dnn_1 та dnn_4 :

$$if(20N_x(\vartheta_w + 0,2\lambda(N_x + N_y)) \leq \tau_{avl}) \rightarrow \{dnn_1, dnn_4\} \in \mathbf{DNN}_{avl}, \quad (4)$$

де N_x, N_y - кількість вхідних та вихідних параметрів ГНМ, ϑ_w - середній час, необхідний на створення одного навчального прикладу з очікуваним вихідним сигналом, λ - тривалість однієї навчальної ітерації.

Допустимість ГНМ типу dnn_3 визначається виразом

$$if(N_x(\vartheta_w + 0,2\lambda(N_x + N_y)) \leq \tau_{avl}) \rightarrow dnn_3 \in \mathbf{DNN}_{avl}, \quad (5)$$

Допустимість типу dnn_2 - виразом

$$if(22,2N_x(\vartheta_n + 0,01\lambda N_x(N_x + N_y)) + 200N_x(\vartheta_m + 0,2\lambda(N_x + N_y)) \leq \tau_{avl}) \rightarrow dnn_2 \in \mathbf{DNN}_{avl}, \quad (6)$$

де ϑ_n - середній час, необхідний на створення одного навчального прикладу без очікуваного вихідного сигналу.

Також використовуючи результати [4, 9] запропонована, представлена в табл. 1, множина критеріїв ефективності виду ГНМ, що співвідносяться з основними вимогами до НММ в задачі розпізнавання ШПЗ. Запропоновані критерії ефективності мають безрозмірний характер. Надалі зазначений перелік може бути змінений відповідно до конкретних умов задачі розпізнавання ШПЗ.

Таблиця 1. Критерії ефективності виду НММ

Критерій	Вимога
H ₁	Можливість використання маркованих навчальних прикладів
H ₂	Можливість використання не маркованих навчальних прикладів
H ₃	Пристосованість до навчання
H ₄	Пристосованість до навчання окремими частинами
H ₅	Стабільність навчання
H ₆	Мінімізація терміну навчання
H ₇	Максимізація обчислювальної потужності
H ₈	Можливість врахування топології аналізуємих даних
H ₉	Максимізація швидкості прийняття рішення
H ₁₀	Пристосованість до аналізу динамічних рядів даних

За аналогією з [4, 9] прийнято, що значення запропонованих критеріїв можуть змінюватися в межах від 0 до 1. При цьому для i -ої архітектури ГНМ значення k -го критерію дорівнює 1, якщо відповідна k -та вимога повністю забезпечується в даній архітектурі, і дорівнює 0, якщо не забезпечується.

Розраховані значення критеріїв для ГНМ, що входять до складу наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Значення критеріїв ефективності для апробованих видів ГНМ

Кр ите рій	ГНМ ₁	ГНМ ₂	ГНМ ₃	ГНМ ₄
H ₁	1	1	1	1
H ₂	0	1	0	0
H ₃	0	1	0	0
H ₄	0	1	0	0
H ₅	1	0,5	1	0,5
H ₆	1	0,5	0,5	0,5
H ₇	1	0,5	0,5	0,5
H ₈	0	0	1	1
H ₉	1	1	1	1
H ₁₀	0	0	0	0,5

Метод адаптації архітектури ГНМ. Інтеграція загальноприйнятої методології розробки нейромережових засобів захисту інформації з розробленими принципами, критеріями та моделлю визначення ефективних видів ГНМ дозволила запропонувати метод адаптації архітектури ГНМ до умов задачі розпізнавання ШПЗ, що складається із 5 етапів.

Крок 1. Формалізація умов задачі розпізнавання з метою отримання числових значень параметрів, що використовуються в розрахункових виразах (1-6).

Крок 2. Визначення доцільності використання нейромережової моделі типу ГНМ. Для цього слід використати математичне забезпечення представлене виразами (1, 4-6).

Крок 3. Визначення значущості кожного із критеріїв ефективності, представлених в табл. 2.

Крок 4. Визначення за допомогою виразів (2, 3) найбільш ефективного виду архітектури НММ типу ГНМ.

Крок 5. Визначення параметрів архітектури найбільш ефективного виду. В базовому варіанті для визначення параметрів повнозв'язних ГНМ доцільно використовувати результати [9, 16], а для визначення параметрів CNN та RCN - результати [14, 15].

Вхідними даними методу являються параметри, що характеризуються очікувані умови застосування ГНМ в засобах розпізнавання ВОП, а виходом – вид та параметри архітектури ГНМ.

Розглянемо використання запропонованого методу на конкретному прикладі адаптації архітектури ГНМ до наступних умов застосування:

- система розпізнавання орієнтована на загально розповсюджене апаратно-програмне забезпечення;

- НММ використовується для розпізнавання Windows-орієнтованих комп'ютерних вірусів на основі аналізу використаних програмою потенційно небезпечних API-функцій операційної системи;
- на вхід НММ подається інформація, отримана в результаті сканування піддослідних файлів;
- допустимий термін створення НМЗ складає 1 місяць (2592000 с);
- для навчання та тестування НММ використовується опублікована компанією Microsoft база даних комп'ютерних вірусів BIG- 2015.

Зазначимо, що в БД BIG-2015 представлено приклади сигнатур 9 комп'ютерних вірусів, характеристики яких наведено в табл. 3. Загальна кількість прикладів становить 10868.

Таблиця 3. Характеристика БД BIG-2015

Назва вірусу	Кількість навчальних прикладів	Тип вірусу (класифікація компанії Microsoft)
Ramnit	1541	Worm
Lollipop	2478	Adware
Kelihos_ ver3	2942	Backdoor
Vundo	475	Trojan
Simda	42	Backdoor
Tracur	751	TrojanDownloader
Kelihos_ ver1	398	Backdoor
Obfuscator.ACY	1228	Any kind of obfuscated malware
Gatak	1013	Backdoor

БД BIG-2015 сформована за допомогою програмного комплексу Interactive DisAssembler, що дозволяє вилучити із бінарного файлу метадані які стосуються інструкцій мови Assembler, вміст регістрів та дані і функції, імпортовані із DLL. При цьому застосування до дизасембльованого коду технології Flirt дозволяє визначити наявність в ньому потенційно небезпечних функцій управління розділами, управління файлами, роботи з реєстром, використання системної інформації, використання мережеских з'єднань, управління пам'яттю, використання сервісів, управління системою захисту об'єктів. В якості прикладу можна навести функцію DeleteFile, що може бути використана для нанесення шкоди файловій системі операційної системи Windows. Наведений в [5, 9] перелік таких функцій в першому наближенні становить 300 найменувань. Окреслення умов застосування дозволило перейти до реалізації методу розробки ГНМ.

Крок 1. Оскільки для формування навчальної вибірки передбачається використання доступних баз даних, то при оціночних розрахунках можна вважати, що навчальні приклади вже сформовані. Тобто $\vartheta_w = \vartheta_n = 0$. При цьому $\square_{avl}=2592000$ с, а розраховано, що кількість навчальних прикладів становить БД $P=10868$. Передбачено, що вхідні параметри НММ співвідносяться з множиною всіх потенційно небезпечних функцій операційної системи Windows, а вихідні параметрів співвідносяться з назвами вірусів представлених в БД BIG-2015 та безпечним програмним забезпеченням. Таким чином $N_x = 300$, а $N_y = 9$. Також шляхом експертного оцінювання визначено, що при використанні загальнодоступного апаратно-програмного забезпечення тривалість однієї навчальної ітерації не перевищує 0,01 с. Тобто $\lambda = 0,01$ с.

Крок 2. Підставивши отримані значення N_x , N_y , ϑ_w , ϑ_n та λ в вирази (1, 4-6) отримано $\tau(dnn_1, dnn_4) = 3708$ с, $\tau(dnn_3) = 185$ с, $\tau(dnn_2) = 98818$ с. Оскільки ці всі величини менші ніж \square_{avl} , то можливо вважати, що доцільність використання всіх видів ГНМ доведена.

Крок 3. Оцінка значущості кожного з критеріїв ефективності, представлених в табл. 2, була реалізована за допомогою експертного методу парного порівняння. Отримані результати показані в табл. 4.

Таблиця 4. Вагові коефіцієнти критеріїв ефективності виду ГНМ

\square_1	\square_2	\square_3	\square_4	\square_5	\square_6	\square_7	\square_8	\square_9	\square_{10}
0,1	0,02	0,03	0,02	0,2	0,15	0,2	0,15	0,1	0,03

Крок 4. Підставивши для кожного доступного виду ГНМ дані табл.4 в вираз (3) отримано: $V(ГНМ_1)=0,75$, $V(ГНМ_2)=0,535$, $V(ГНМ_3)=0,725$, $V(ГНМ_4)=0,64$. З використанням виразу (4) визначено, що найбільш ефективним видом є $ГНМ_1$.

Крок 5. При відомих значеннях N_x та N_y , основними архітектурними параметрами $ГНМ_1$ є кількість схованих нейронних шарів, кількість нейронів у кожному схованому шарі та вид функції активації. З позицій спрощення архітектури в якості базового варіанту $ГНМ_1$ було обрано трьохшаровий перцептрон в якому кількість схованих шарів $K_h=2$.

Відповідно рекомендацій [4, 9] архітектурні параметри такої ГНМ визначаються наступними виразами:

$$N_h = Round\left(\frac{\sqrt{P \times N_x}}{N_y \times K_h}\right), \quad (7)$$

$$f(z_k) = \max(0, z_k),$$

де N_h - кількість нейронів в кожному із схованих шарів, K_h - кількість схованих шарів, $f(z_k)$ - функція активації нейронів схованого та вихідного шару, де z_k - сумарний вхідний сигнал k -го нейрону в схованому або вихідному шарі.

Підставивши в вираз (7) відомі значення P , N_x, N_y та K_h отримано, що $N_h=135$.

Визначення архітектурних параметрів дозволило перейти до розробки відповідного програмного забезпечення. Для цього використано мову програмування Python та бібліотеку TensorFlow (розробка компанії Google). Експерименти проводились на персональному комп'ютері (AMD FX-9800P (2.7 - 3.6 ГГц) / RAM 8 ГБ / HDD 1 ТБ / AMD Radeon RX 540, 2 ГБ), що функціонував під управлінням операційної системи Windows 10.

Навчання проводилось на протязі 100 епох. Приблизно після 90 навчальних епох помилка навчання стабілізувалась на рівні 0.01. Після цього на вхід ГНМ із БД BIG-2015 були подані тестові приклади, що не використовувались при навчанні. Похибка розпізнавання для різних вірусів показана на рис.

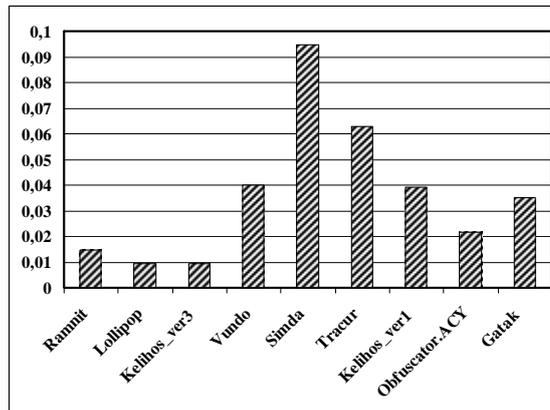


Рис. 1. Похибка розпізнавання на тестовій вибірці

Аналіз рис. 2 вказує на те, що найбільша похибка розпізнавання характерна для вірусів Simda, Tracur та Vundo. Це можна пояснити невеликою кількістю навчальних прикладів, що відповідають цим вірусам. При цьому середня похибка розпізнавання всіх видів вірусів дорівнює 0,036. Також слід зазначити, що за рахунок використання запропонованого методу при розробці НМ вдалось уникнути довготривалих чисельних експериментів спрямованих на визначення доцільності її використання та на оптимізацію її структурних параметрів. Враховуючи, що досягнута похибка розпізнавання відповідає похибці сучасних антивірусних засобів [1, 2, 5, 7, 11, 12], це свідчить про ефективність запропонованих рішень.

Висновки. Показано, що одним з найбільш перспективних напрямків розвитку систем розпізнавання шкідливих програм є удосконалення їх математичного забезпечення за рахунок

застосування сучасних нейромережових моделей на базі глибоких нейронних мереж. Визначено необхідність створення методу розробки такої моделі, адаптованої до умов застосування в антивірусних засобах. Запропоновано метод розробки архітектури глибокої нейронної мережі, призначеної для розпізнавання шкідливого програмного забезпечення. На відміну від існуючих метод дозволяє уникнути в процесі розробки нейромережової моделі довготривалих чисельних експериментів спрямованих на визначення доцільності її застосування та на оптимізацію її структурних параметрів. При цьому шляхом чисельних експериментів з використанням опублікованої компанією Microsoft бази даних комп'ютерних вірусів BIG-2015 показано, що метод дозволяє побудувати нейромережову модель, яка забезпечує похибку розпізнавання, співрозмірну з похибкою сучасних систем розпізнавання комп'ютерних вірусів. Перспективи подальших досліджень пов'язані з адаптацією запропонованого методу до застосування глибоких нейронних мереж в поведінкових аналізаторах.

1. Sujyothi A., Acharya S. Dynamic Malware Analysis and Detection in Virtual Environment / A. Sujyothi, S. Acharya // International Journal of Modern Education and Computer Science. – 2017. – Vol. 9. – No. 3. – P. 48. doi: 10.5815/ijmecs.2017.03.06.
2. Артеменко А., Головка В. Анализ нейросетевых методов распознавания компьютерных вирусов / А. Артеменко, В. Головка // Молодежный инновационный форум «ИНТРИ». – 2010. Минск: ГУ «БелИСА». – 239 с.
3. Оценка точности алгоритма распознавания вредоносных программ на основе поиска аномалий в работе процессов / М. В. Баклановский, А.Р., Ханов, К.М. Комаров [и др]. //Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16. – №. 5. – С. 823–830.
4. Deep neural networks in cyber attack detection systems / Bapiyev I. M. B.H. Aitchanov, I.A. Tereikovskiy [et al.] //International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). – 2017. – Vol. 8. – No. 11. – P. 1086-1092.
5. Deobfuscation of Computer Virus Malware Code with Value State Dependence Graph / I. Dychka, I. Tereikovskiy, L. Tereikovska [et al.] // International Conference on Theory and Applications of Fuzzy Systems and Soft Computing. – Springer, Cham, 2018. – P. 370-379.
6. Parametric equation for capturing dynamics of cyber attack malware transmission with mitigation on computer network / A Falaye Adeyinka, E. S. Oluyemi, N. V. Adama [et al.] // International Journal of Mathematical Sciences and Computing (IJMSC). – 2017. – Vol. 3. – No.4. – P. 37-51.
7. Virus detection using artificial neural networks / Shah S., H. Jani, S. Shetty [et al.] //International Journal of Computer Applications. – 2013. – Vol. 84. – No. 5. – P. 17–23.
8. Киселевская А. Ю. Глубокие нейронные сети: автоматическое обучение распознаванию вредоносных программ. Генерация и классификация подписей / А. Ю. Киселевская // Молодой ученый. – 2017. – №. 47(181). – С. 15-18.
9. Neyrosetevye modeli, metody i sredstva otsenki parametrov bezopasnosti Internet-orientirovshihMykh informatsionnykh system / A. Korchenko, I. Tereykovskiy, N. Karpinskiy [et al.]. Kiev: TOV «Nash Format», 2016. – 275 p.
10. Development of the intelligent decision-making support system to manage cyber protection at the object of informatization / V. Lakhno, Y. Boiko, A. Mishchenko, V. Kozlovskii, [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 2, Iss. 9 (86). – P. 53–61.
11. Lakhno V. Creation of the adaptive cyber threat detection system on the basis of fuzzy feature clustering / V. Lakhno // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 2, Iss. 9 (80). – P. 18–25.
12. Novel feature extraction, selection and fusion for effective malware family classification / M. Ahmadi, D. Ulyanov, S. Semenov [et al.] // Proceedings of the Sixth ACM Conference on Data and Application Security and Privacy. – New York : ACM, 2016. – P. 183-194.
13. Omotayo F. A. Dlamini and Jonathan M. Blackledge Asiru. Application of Artificial Intelligence for Detecting Derived Viruses / F. A. Omotayo, T. Moses // 16th European Conference on Cyber Warfare and Security (ECCWS 2017) (Dublin 2017 June 29-30). – University College Dublin. – P. 217-227.
14. Rudenko O.H., Bodianskiy Ye. Shtuchni neironni merezhi. – Kharkiv : «Kompaniia SMIT», 2016. – 404 p.
15. Encoding of neural network model exit signal, that is devoted for distinction of graphical images in biometric authenticate systems / L.Tereykovska, I.Tereykovskiy, E. Aytkhozhayeva // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. – 2017, Vol. 6, No. 426, P. 217 – 224.
16. Determination of structural parameters of multilayer perceptron designed to estimate parameters of technical systems / Z. Hu, I. A. Tereykovskiy, L. O. Tereykovska [et al.] // International Journal of Intelligent Systems and Applications. – 2017. – Vol 9. – No.10.P.57-62

УДК 004.42(07)

Н.А. Христинець, А.А. Сахнюк, К.А. Свиридчук, О.І. Міскевич
Луцький національний технічний Університет**ВИКОРИСТАННЯ БЕМ-БЛОКІВ ПРИ СТВОРЕННІ САЙТІВ****Н.А. Христинець, А.А. Сахнюк, К.А. Свиридчук, О.І. Міскевич. Використання бем-блоків при створенні сайтів.**

Розкрито суть реалізації БЕМ-блоків при створенні сайтів. Досліджено актуальність заміни стандартної реалізації гіпертекстової розмітки Html та стилей CSS на технологію БЕМ в середовищі розробки Drupal8.

Ключові слова: БЕМ-блок, CSS, HTML, Drupal 8, шаблон, фреймворк.

Н.А. Христинець, А.А. Сахнюк, Е.А. Свиридчук, О.І. Міскевич. Использование бэм-блоков при создании сайта.

Раскрыта суть реализации БЭМ-блоков при создании сайтов. Исследована актуальность замены стандартной реализации гипертекстовой разметки Html и стилей CSS на технологию БЭМ в среде разработки Drupal8.

Ключевые слова: БЭМ-блок, CSS, HTML, Drupal 8, шаблон, фреймворк.

N.A. Khrystynets, A.A. Sakhnyuk, E.A. Sviridyuk, O.I. Miskevich. Use of bem-blocks when creating a site.

The essence of the implementation of BEM-blocks when creating websites is disclosed. The relevance of replacing the standard implementation of hypertext markup Html and CSS styles with BEM technology in the Drupal8 development environment has been investigated.

Keywords: BEM-block, CSS, HTML, Drupal 8, template, framework.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день існує проблема як спростити код і полегшити рефакторинг сайту. На сьогодні існує одна з найпоширеніших методик реалізації цієї проблеми – методологія БЕМ.**Аналіз досліджень** В роботах закордонних дослідників, розробників описується популярність використання методології БЕМ.

В публікації Harry Robertsа [4] зазначено, що БЕМ-блоки роблять все набагато жорсткішим і більш зв'язним, роблячи код простішим у обслуговуванні командами або навіть самостійно через певний проміжок часу.

В публікації Johan Ronsse [7] визначено, що найкраще застосовувати БЕМ-блоки краще в великих проектах, а в невеликих проектах БЕМ використовувати не потрібно, приводиться доцільність використання БЕМ-блоків в невеликих проектах.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.

БЕМ – значення блоку, елемента, модифікатора – це методологія фронтального іменування, придумана розробниками в Яндексі. Це розумний спосіб назвати свої класи CSS, щоб дати їм більшу прозорість і значення для інших розробників. Вони набагато суворіші та інформативніші, що робить ідею іменування БЕМ ідеальною для команд розробників на великих проектах, які можуть тривати деякий час.

Важливо відзначити, що у дипломному проекті використано схему найменування, засновану на БЕМ, але змінену Гаррі Робертсом. Методи найменування, описані в цій публікації, не є оригінальними БЕМ, але є вдосконаленою версією. Якими б не були фактичні позначення, всі вони базуються на тих самих принципах БЕМ.

Найменування відповідає такому шаблону:

```
.block {}
.block__element {}
.block--modifier {}
```

- .block являє собою більш високий рівень абстракції або компонента.
- .block__element являє собою нащадка, .block що допомагає сформуванню .block в цілому.
- .block—modifier являє собою інший стан або версію .block.

Суть БЕМ полягає в тому, щоб розповісти іншим розробникам більше про те, що шматок розмітки робить. Читаючи якийсь HTML з деякими класами, можна побачити, як фрагменти пов'язані;

щось може бути лише компонентом, щось може бути нащадком або елементом цього компонента, і щось може бути варіацією або модифікатором цього компонента. Наприклад:

```
.person {}  
.person__hand {}  
.person--female {}  
.person--female__hand {}  
.person__hand--left {}
```

Доцільність використання БЕМ-блоків

Програмісти радять використовувати БЕМ, оскільки його корисність зарекомендувала себе з хорошої сторони, а також рекомендують іншим розглянути можливість його прийняття, оскільки блоки роблять все набагато жорсткішим і більш зв'язним, роблячи код простішим у обслуговуванні командами або навіть самостійно через певний проміжок часу.

Наприклад візьмемо логотип `.site-logo`. Уявіть, що ми хочемо мати святкову версію логотипу для нашого дизайну сайту Різдвяного. Ми могли б:

```
.site-logo {}  
.site-logo--xmas {}
```

З цього робимо висновки, що ми можемо швидко побудувати варіації речей, використовуючи позначення модифікатора.

Доцільність використання БЕМ-блоків в малих проектах

Методологія БЕМ надає правила організації веб-проектів, незалежно від їх розміру або кількості розробників в команді. Навіть якщо у вашій команді двоє людей і ви верстаєте односторінкові сайти, БЕМ дозволяє:

- Повторно використовувати верстку
 - Невеликі однотипні проекти можуть мати схожу структуру. Наприклад, посадочні сторінки (landing) – різні зовні, однакові всередині. Для їх створення можна використовувати готові шаблони.
 - У межах однієї сторінки використовуються однакові блоки: кілька кнопок, випадаючих списків або меню. Їх можна взяти з готової бібліотеки або реалізувати свою бібліотеку і використовувати у всіх проектах.
- Швидко прототіпіровать верстку
 - Прототип сайту створюється з блоків. Замість верстки в БЕМ-проект ви відразу проектуєте інтерфейс з готових блоків.
- прискорити розробку
 - Рівні перевизначення дозволяють підключати бібліотеки і доопределять блоки, не залежати від оновлень бібліотеки.
 - БЕМ-проект можна швидко почати з шаблонного проекту `project-stub` або `БЕМ-express`.
- Чи не залежати від конкретного розробника
 - Однакова структура всіх проектів, одні правила організації коду, ізольовані блоки полегшують передачу коду між розробниками.
- прискорити рефакторинг
 - БЕМ-проект влаштований таким чином, що зміни в одному блоці можна застосувати до всіх блоків в проекті. При цьому немає необхідності знати всі можливі випадки використання цього блоку.
 - Система іменування БЕМ-сутностей дозволяє вкласти сенс в імена і зробити їх максимально інформативними для розробника, тобто писати самодокументуємий код.
- Прискорити і спростити зміну дизайну за рахунок рівнів перевизначення.
 - Модифікувати CSS / JS навіть в односторінковому проекті.

Принципи роботи з елементами**Вкладеність**

- Блоки можна вкладати один в одного.
- Допустима будь-яка вкладеність блоків.

Належність

Елемент – завжди частина блоку і не повинен використовуватися окремо від нього.

Необов'язковість

Елемент – необов'язковий компонент блоку. Не у всіх блоків повинні бути елементи.

Приклад сторінки Medoc сайту Profinteco з використанням БЕМ-блоків:

```
{% set БЕМ_block = 'app' %}
<div class="{{ БЕМ_block }}">
  {% include '@blogger/include/header.html.twig' with {'show_dlog_hero': false} %}
  {% include '@blogger/include/pages/medoc.html.twig' %}
  <main{{ main_layout_attributes.addClass(БЕМ_block ~ '__content') }}>
    <div class="main-layout__inner">
      {{ page.content }}
      {{ page.sidebar_first }}
    </div>
  </main>

  {% include '@blogger/include/footer.html.twig' %}
</div>
```

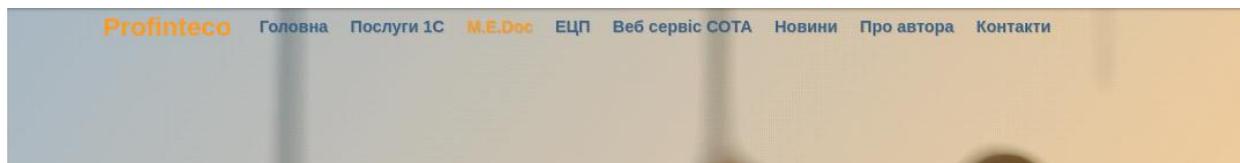


Рис. 1. Результат файлу header.html.twig

На прикладі сторінки можна побачити, що всі принципи роботи з елементами виконані. Також можливе використання інших файлів які використовуються в розробці і потрібні для розробки сторінки. Наприклад файли header.html.twig і footer.html.twig являються стандартними для всіх сторінок сайту, тому вони перевикористовуються в кожній сторінці сайту. Файл medoc.html.twig(код доданий нижче) є власним блоком сторінки. Тому при створенні нової сторінки просто змінюються чи додаються власні блоки.

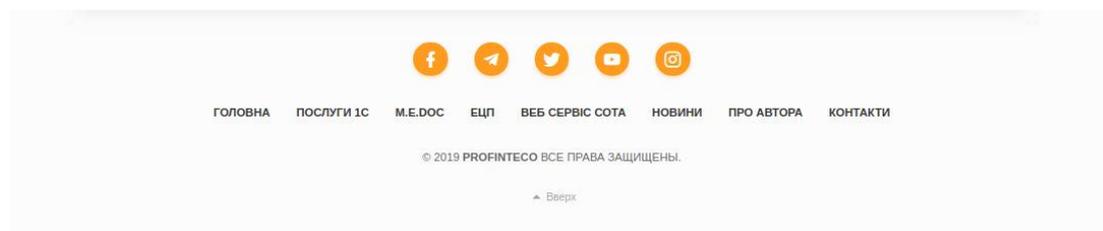


Рис. 2. Результат файлу footer.html.twig

Код файлу **medoc.html.twig**:

```
{% set БЕМ_block = 'medoc' %}
```

```
<main class="{{ БЕМ_block }}">
  <div class="{{ БЕМ_block }}__welcome">
    <div class="{{ БЕМ_block }}__welcome-video-wrapper">
      <video poster="{{ medoc_image_uri|image_style('thumbnail') }}" autoplay loop muted
class="{{ БЕМ_block }}__welcome-video">
        <source src="{{ file_url(medoc_video_uri) }}" type="video/mp4">
        {{ 'Your browser does not support the video tag'|t }}
      </video>
    </div>
    <div class="{{ БЕМ_block }}__container">
      <div class="{{ БЕМ_block }}__welcome-inner">
        <h1 class="{{ БЕМ_block }}__welcome-title">M.E.Doc</h1>

        <div class="{{ БЕМ_block }}__welcome-description">
          <p>Система електронного документообігу.</p>
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
</main>
```

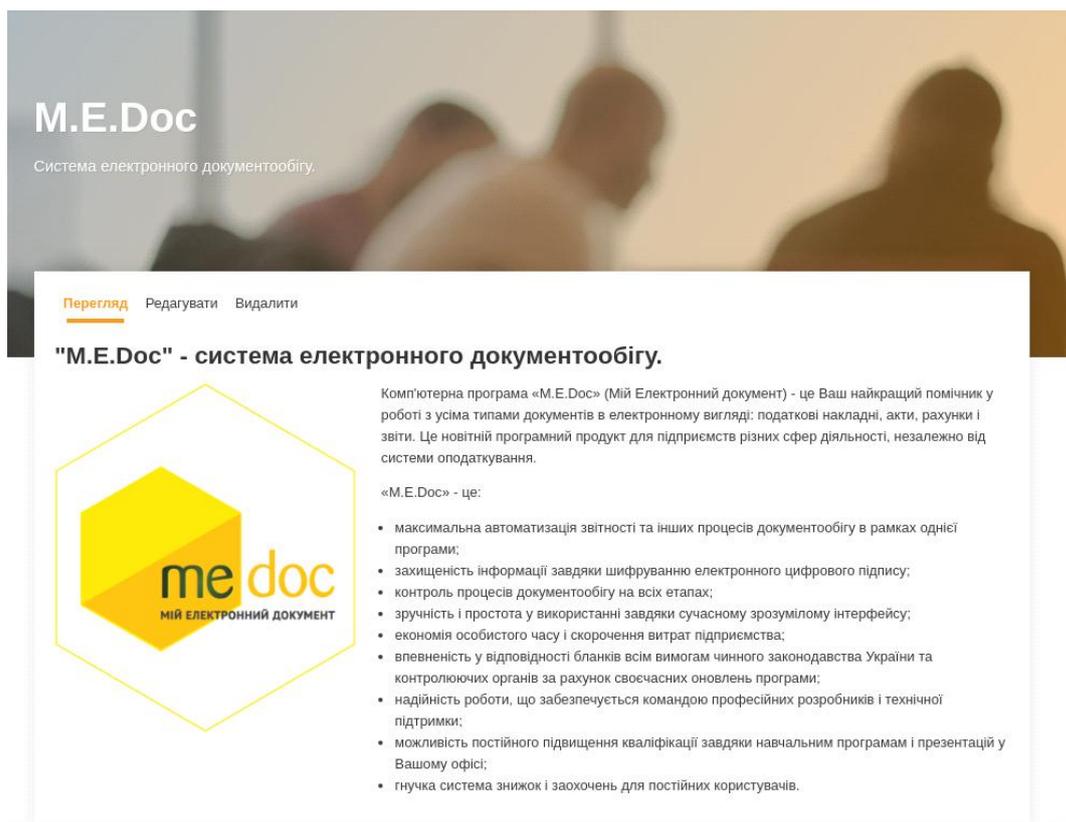


Рис. 3 – Результат файлу medoc.html.twig

Недоліки використання БЕМ-блоків

Одним з основних недоліків БЕМ є тому, що код має дещо дивний вигляд. Якщо програміст зациклений виключно на зовнішньому вигляді коду, або якщо код стає невиправдано важким для

розуміння, або важким для читання, то, можливо, програмісту доведеться двічі подумати, перш ніж використовувати його, але якщо він "просто виглядає дивно", тоді технологія БЕМ-блоків повинна бути розглянута при розробці проекту. Технологія БЕМ виглядає дивно, але потужність, яку вона надає, значно переважає будь-які недоліки, пов'язані з його зовнішнім виглядом на порядок.

Другим недоліком є те що верстка можлива тільки блоками. У кожному великому проекті є дрібні елементи, як кнопки, дропдауни, тайтли, субтайтли, секції і т.д. Але в БЕМі їх немає, так як будь-який елемент без блоку використовувати теж заборонено.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

Отже, це БЕМ щодня надзвичайно корисна, потужна і проста угода про найменування, яка полегшує читання і розуміння вашого інтерфейсного коду, легше працювати, легше масштабувати, більш надійне і явне і набагато суворіше.

Для всіх БЕМ виглядає трохи дивним, це є надзвичайно цінним доповненням до панелі інструментів розробника, незалежно від проекту.

1. Addison Berry, Angela Byron, Bruno De Bondt. Using Drupal (2nd Edition). – O'Reilly. 2012. – 500p.
2. Al-Darwish, N.: PageGen: An Effective Scheme for Dynamic Generation of Web Pages. Information and Software Technology 45(10), 15 July 2003, Pages 651-662
3. Cynthia McCourt. Drupal: The Guide to Planning and Building Websites. – Wrox. 2011. – 504 p.
4. <https://ru.BEM.info/methodology/naming-convention/>
5. <https://csswizardry.com/2013/01/mindBEMding-getting-your-head-round-BEM-syntax/>
6. <https://ru.BEM.info/methodology/quick-start/>
7. <https://web-creator.ru/articles/BEM>
8. <https://frontender.info/learning-to-love-BEM/>

УДК 338.18.78

Яцюк С. М., Яцюк А. В., Федонюк А. А.,
Східноєвропейський університет імені Лесі Українки

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Яцюк С. М., Яцюк А. В., Федонюк А. А. Інформаційне забезпечення транспортно-логістичних систем.

У статті проведено аналіз інформаційних транспортно-логістичних систем та визначено принципи та положення єдиного інформаційного простору, що сприяють локалізації завдань для реалізації концепції в транспортно-логістичних системах.

Яцюк С. М., Яцюк А. В., Федонюк А. А. Информационное обеспечение транспортно-логистических систем.

В статье проведен анализ информационных транспортно-логистических систем и определены принципы и положения единого информационного пространства, что способствуют локализации задач для реализации концепции в транспортно-логистических системах.

Yatsiuk Svitlana, Yatsiuk Andrii, Fedonyuk Anatoly. Information provision of transport-logistic systems. The article analyzes information transport-logistic systems and defines the principles and provisions of a single information space that facilitate the localization of tasks for the implementation of the concept in transport-logistic systems.

Постановка наукової проблеми. Інформаційних послуги розвиваються активніше, ніж інші види послуг. Науково-технічний прогрес забезпечує можливість використання найсучасніших технологій як під час транспортування товарів, так і під час оформлення і передачі документів. Інформаційні послуги важко піддаються вартісній оцінці, але експедиторам вдається визначити реальну вартість інформації на основі двох факторів: її достовірності, своєчасності і необхідності, а також важливості для клієнта в певний момент. Експертами встановлено, що витрати на логістичні функції в європейських країнах значно менші, ніж у нашій країні [2]. Еволюція підходів до оптимізації витрат на логістичну складову стала причиною активізації уваги на визначеній проблемі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Транспортна система являє собою сукупність транспортних та інфраструктурних підприємств, орієнтованих на задоволення потреб економіки й населення в перевезеннях. Одним з основних індикаторів у стратегії розвитку транспортної системи є транспортна складова в ціні продукції, що перевищує рівень розвинених країн у 2,5 рази [2]. Скорочення витрат в організації взаємодії підприємств транспорту й інших учасників перевізного процесу є основним завданням стратегії розвитку транспортної системи. В умовах децентралізації транспортного ринку й росту конкуренції між компаніями-перевізниками актуалізується питання організації єдиного середовища взаємодії всіх учасників перевізного процесу, з метою підвищення ефективності використання їхніх ресурсів [3].

Поява нових інформаційно-мережних технологій вимагає їхньої локалізації в транспортній системі для підвищення оперативності керування технологічними процесами. Водночас ергономічність та інтелектуальність клієнтських модулів інформаційних систем забезпечують розвантаження мережних ресурсів, прискорення процесів прийняття рішень [4]. Незважаючи на безліч таких програм і додатків, на сьогодні не існує єдиного інформаційного простору, який орієнтований на кінцевого споживача. Складність формування єдиної інформаційної системи підприємств транспорту пов'язана з їх різнополярністю та з вимогами до її універсальності.

Інформаційна прозорість, яка досягає під час її реалізації, сприяє зростанню конкурентоспроможності великих компаній, інноваційному розвитку транспортної системи й транспортно-логістичних процесів за рахунок локалізації в єдину інформаційну платформу. Таким чином, **метою статті** є аналіз інформаційних транспортно-логістичних систем на та визначенням принципів та положень єдиного інформаційного простору, що сприяють локалізації завдань для реалізації концепції в транспортно-логістичних системах.

Формування інформаційної системи є багатоплановим процесом, в якому використовуються досягнення сучасної інформаційної технології та комп'ютерних систем, що надає можливість управляти виробничим процесом з використанням інформаційної техніки, методів та форм інформаційного забезпечення всієї логістичної системи в цілому. Інформаційна система має охоплювати всіх постачальників та замовників даного підприємства.

Інформаційні системи створюють основні передумови для реалізації комплексного логістичного підходу в сфері купівлі, транспортування, складування, виробництва, збуту та розподілу продукції.

На сьогодні використовуються чотириосновні групи інформаційних систем:

- планування та створення логістичної мережі;
- планування вантажопотоків;
- короткотермінового календарного планування на поповнення запасів;
- обробки документації.

Задачами системи планування логістичної системи є створення оптимальної мережі постачання, розташування підприємств та розподільчих центрів, розробка транспортних моделей тощо.

Основна мета планування – це забезпечення оптимального балансу між витратами та рівнем обслуговування.

Задача розташування об'єктів (де, скільки та якого виду) розраховується на основі довгострокових прогнозів попиту та витрат. У процесі планування логістичної мережі використовуються різні методи:

- детерміноване моделювання (використовуються в основному для визначення витрат);
- динамічне моделювання (потребує значного обсягу вихідних даних та більш складного програмного забезпечення, але дозволяє прогнозувати зміну системи за терміном);
- методи оптимізації (є можливість створити ефективну логістичну систему, але не повністю враховуються зміни попиту та пропозицій і динаміки транспортування).

До інформаційних систем, які пов'язані з обробкою даних для розробки графіків роботи на тиждень, відносяться системи короткострокового календарного планування та поповнення запасів. На першому етапі короткострокового планування зв'язуються спільні задачі збереження та управління запасами. Система управління запасами містить розробку короткострокового прогнозу та оцінювання точності прогнозу. Величина поповнення запасів прогнозується на основі даних про величину запасів, вантажопідйомності транспортних засобів, кількості контейнерів (піддонів) та низки інших параметрів [5].

Крім того, на сьогодні короткотермінове планування на поповнення запасів використовується для:

- розробки графіків видачі сировини та матеріалів із складів;
- розрахунку раціонального та максимального навантаження транспортних засобів;
- забезпечення доставки вантажів за умов використання мінімальної кількості транспортних засобів або їх мінімального пробігу з урахуванням роботи водіїв, типу рухомого складу, умов роботи пунктів призначення;
- комплектації невеликих партій вантажу в пункті призначення або проміжних пунктах з урахуванням правил сумісного перевезення різних вантажів та тарифних ставок.

За допомогою системи планування вантажопотоків розраховуються задачі забезпечення відповідності попиту пропозиції. Планування здійснюється на основі таких даних: розташування джерел сировини та пунктів комплектування партій, розташування виробничих підприємств та розмірів складських приміщень, рухомий склад, що використовується, та розміри партій вантажу.

У системі обробки документів містяться системи автоматизованої обробки документів, які необхідні для функціонування логістичної системи і які є основними для бізнесу.

На рівні окремої фірми комп'ютеризовані системи обробки документації замінюють собою традиційні форми, які засновані на паперовій документації. За їх допомогою здійснюються:

- автоматизована обробка та передача транспортних накладних та виплат за ними;
- перевірка накладних та оплата перевезень вантажів;
- використання інформації про вантажні тарифи на різних перевезеннях та даних про можливі маршрути руху;
- визначення зв'язку з іншими фірмами.

Фірма «International Harvester» одна з перших почала використовувати системи обробки інформації. Робота здійснюється таким чином. Після отримання замовлення від регіонального агентства або фірми оператор замовника виводить отриману інформацію на екран дисплея і перевіряє наявність даного продукту (товару), а потім ЕОМ передає замовлення з транспортування відповідному експедитору та оновлює дані за запасами. Використання такої системи дозволяє скоротити обсяг запасів та забезпечити якісне обслуговування клієнтів.

Розвиток інформаційних систем викликало розробку таких нових технологій:

- єдиної бази даних, що має велике значення для інтегрованого управління логістикою;
- створення мов запитів, що значно прискорює отримання даних із систем для подальшої обробки і має значення для створення систем планування, та дозволяє значно підвищити ефективність систем обробки документації.

З введенням систем електронного обміну даними (ЕОД) між комп'ютерами фірм, розповсюдженням технологічних досягнень в області програмного забезпечення, появою альтернативних заходів вводу даних (штрихові коди, які підвищують ефективність та швидкість вводу даних) та заходів визначення кодів значно посилило можливість використання інформаційних систем за межами фірм. До них відносяться контроль за рухом сировини та матеріалів від постачальника, управління запасами, їх рівнем та скороченням, передача товарно-транспортних документів на відправку або перевезення. Передача накладних на відправлені вантажі здійснюється з комп'ютера вантажовідправника на комп'ютер транспортної фірми. Даний процес контролюється за часом його виконання. Накладні групуються для обробки на комп'ютері транспортної фірми до або під час того, як вантажі готуються до перевезення[7].

На відміну від такого процесу передача даних за перевезеними вантажами не підлягає обмеженням за терміном. Накладні групуються за ходом вивозу та доставки вантажів. Інформація за ними передається на комп'ютер замовника в визначений час, після цього вся інформація може бути оброблена автоматично або вручну.

Така інформація складається про:

- використані кошти;
- платіжні папери (передача транспортним фірмам даних про оплату перевезення), що дозволяє посилити контроль і управління потоками коштів;
- місце знаходження вантажу, яка підтверджується вивозом вантажу та його доставки.

Використання комп'ютерних систем обробки документації дозволяє скоротити час отримання відповіді від партнера, спростити умови отримання інформації, підвищити точність передачі інформації, прискорити обробку документації, підвищити рівень обслуговування замовника, продуктивність транспортних фірм, вантажовідправників та вантажоодержувачів, забезпечити контроль за рухом сировини та готової продукції.

За оцінками дослідницького інституту м. Станфорда (США), використання комп'ютерного обміну даними між фірмами-вантажовідправниками та транспортними фірмами за кожний рік зростає на 30–40 % [8]. У цілому американський бізнес розпочав широке використання технології електронного обміну даними в логістиці. Наприклад, філіал «General Electric Information Service» (GEIS) американського концерну «General Electric» має міжнародну мережу автоматизованих систем електронного обміну даними. До фірми GEIS входять три гіперцентра ЕОМ, два з яких знаходяться в США, а один – в Нідерландах. Центри мають зв'язки з сотнями центрів на території 70 країн. Фірма підписала в 1989 р. контракт із транспортно-експедиторською фірмою «Sped-Bertrand Faure» в межах об'єднання з розвитку зв'язків з автомобільною промисловістю, клієнтами яких є автотранспортні фірми. Наприклад, фірма «Carlberson» (Франція) здійснює перевезення вантажів у внутрішньому та міжнародному сполученнях. Фірми зацікавлені у використанні інформаційних систем.

Зі створенням загального ринку кожне транспортне підприємство є учасником логістичного розподілу праці і для нього система зв'язку є засобом спілкування з клієнтами. На сьогодні організовується транспортно-експедиторське об'єднання, яке намагається розширити обслуговування транспортного ринку.

Німецький філіал «General Electric» (GEB) та Федеральний Союз відомчого автотранспорту і вантажовідправників «ВММ» створили електронну біржу «Teleroute» для вантажовідправників з управління попиту та пропозиціями на ринку транспортних послуг.

Промислові та торговельні фірми мають можливість через біржу пропонувати вантаж багатьом експедиторам та перевізникам для перевезення в країні та в міжнародному сполученні.

Зацікавленість експедиторів та перевізників складається з виявлення нових клієнтів та раціонального навантаження автотранспортних засобів. Біржа відкрила нові можливості швидкого та надійного обміну інформацією в країні та за кордоном. Послугами біржі користуються експедитори та перевізники різних країн. Базою для цього є обчислювальні центри в Європі та США.

У цілому доступ до інформації, пов'язаної з використанням єдиних міжнародних стандартів EDIFACT, та удосконалення системи комунікації є однією з основних умов розвитку транспортного сектору. Крім того, розвиток інформаційних систем підвищує і роль транспорту в логістичній системі.

З метою впливу на рух транспорту здійснюється впровадження автоматизованої системи управління транспортом. На комп'ютери інформаційних центрів поступають дані про транспортні потоки. Ці дані через радіо передаються на автомобілі, які мають радіозв'язок. Водій користується інформацією. Крім радіозв'язку, автомобілі обладнуються бортовими комп'ютерами, які без участі водія керують роботою автомобіля.

Європарламент розпочав розробку Єдиної транспортної інформаційної системи в межах Європейської спілки.

В Україні створена системна технологія обробки та передачі бази даних на транспорті у вигляді інтерактивного сайту в мережі Інтернет.

Із появою такої технології вирішується питання взаємодії суб'єктів підприємницької діяльності в єдиному інформаційному полі, коли суб'єкти самостійно визначають оптимальні маршрути та умови перевезень.

Таким чином, сукупність різних взаємодій призводить до виникнення самокерованої транспортної системи, яка в результаті забезпечує:

– пріоритет в області створення та використання нових системних інформаційних технологій. Можна буде користуватись своїм продуктом, а не отримувати у інших та залежати і сплачувати за це використання;

– швидше запровадити таку систему без значних витрат з отриманням економічного ефекту (економія енерго-, мото-, людських ресурсів, можливість регулювання галузі державою, спрощення ведення статистики та прийняття рішень державними органами);

– розвиток суміжних з транспортом системних технологій в інших галузях, наприклад, в міжнародній та внутрішній торгівлі;

– створення національних систем контролю та слідкування за рухом вантажів (наприклад, для митниці) або спрощення процедур оформлення проходження вантажів через кордон держави;

– швидке залучення суб'єктів підприємницької діяльності в межах міжнародного транспорту і торгівлі в процесі міжнародного розподілу праці, які раніше взагалі були недоступні для цих суб'єктів;

– підвищення загальної культури проведення міжнародного бізнесу вітчизняними виробниками та підприємницькими структурами, доступ до міжнародних спеціалізованих інформаційних потоків.

Підприємства транспорту, особливо ті, які пов'язані з міжнародними перевезеннями, одними з перших усвідомили необхідність впровадження інформаційних технологій в управління виробничими процесами.

Конкуренція на ринку транспортних послуг у зв'язку з виникненням великої кількості дрібних приватних компаній і активним освоєнням різних напрямків перевезень іноземцями в поєднанні з жорсткою податковою політикою і подорожчанням ресурсів поставили транспортні компанії перед необхідністю мобілізувати всі внутрішні резерви.

Очевидним стало те, що ефективна діяльність транспортних компаній вже неможлива без широкого використання інформаційних технологій і персональних комп'ютерів.

Потреба в якісній і точній інформації стала основою структурних і концептуальних перетворень в доринкових інформаційних службах підприємств транспортної галузі. Концепція АСУ, яка досить широко була поширена на транспорті в 60–70-і рр., зазнала істотних змін.

З самостійного спеціалізованого підрозділу для збору та обробки даних АСУ поступово перетворюється в розподільчу інформаційну службу, що займається обробкою даних і виробленням необхідної для управління інформації безпосередньо на робочих місцях. Змінився не тільки підхід до інформаційної проблематики, а й термінологія.

Сьогодні все частіше говорять не про служби АСУ, а про інформаційні технології і системи, інтегрованих інформаційних і комунікаційних системах, підкреслюючи тим пріоритет інформації над технікою і технологією обробки даних.

На перше місце ставиться якість і доступність необхідної інформації для фахівців, зручність її подання та використання для вирішення різних виробничих завдань. Передбачається створення нових інформаційно-комунікаційних служб, які зовні нагадують колишні куцові обчислювальні центри, але з абсолютно новою концепцією і на іншій техніко-економічній основі. Це так звані логістичні центри, що мають обслуговувати транспортні процеси і забезпечувати перевізників необхідною для їх роботи інформацією на комерційних засадах.

З виникненням логістичних центрів та інтегрованих транспортних систем концепція інформаційно-обчислювального обслуговування транспортно-логістичної діяльності стає не тільки реальною, але і зажаданою. Ключовим напрямом у розвитку логістичних центрів є інтеграція інформаційних потоків і комунікаційне забезпечення транспортування товарів. У цілому цей напрям пов'язаний з інтеграційними процесами в економіці розвинених країн і позначений як нова науково-практична галузь – телематика.

Незважаючи на проблеми, пов'язані з впровадженням інформаційно-комп'ютерних технологій, цей процес необхідний і, більш того, неминучий. Це зумовлено зростаючим обсягом даних, які підлягають обробці. Звичайними, традиційними способами вже не вдається з цього потоку витягти всю корисну інформацію і використати її для управління підприємством. Визначальним фактором в управлінні стає швидкість обробки даних і отримання потрібних відомостей. Обіг інформації все суттєвіше впливає на ефективність управління підприємством, його фінансові успіхи. Більш того, все частіше інформацію називають «стратегічною сировиною».

У розвинених країнах витрати на інформацію вже перевищують витрати на енергетику. І ці витрати за розумного, правильного підходу дають відповідні результати. Перш за все, впровадження комп'ютерного обліку та обробки даних істотно підвищує продуктивність праці в сфері документообігу. Сучасні інформаційні технології, що побудовані на основі використання концепцій інформаційних сховищ та інтелектуальної обробки даних, сьогодні можуть забезпечувати віддачу до 100 % і більше.

Аналіз закордонного і вітчизняного досвіду комп'ютеризації підприємств дозволяє зробити ряд узагальнень і використовувати їх під час розробки стратегії і тактики впровадження інформаційних технологій. Процес комп'ютеризації відбувається поетапно:

- початковий етап пов'язаний з накопиченням досвіду використання ЕОМ і автоматизацією бухгалтерських розрахунків на позадачному рівні;
- контрольний етап характеризується стабілізацією парку ЕОМ, визначенням сфер їх застосування, інформаційним пошуком в Інтернеті і організацією локальних мереж на підприємстві;
- інтеграційний етап характеризується використанням мережних рішень різного рівня, децентралізацією управління за допомогою ЕОМ і нової організаційною основою підприємств, що базується на широкому застосуванні інформаційних технологій в управлінні, застосуванням складних корпоративних інформаційних систем, інтегрованих в Інтернет.

На початковому етапі всі зусилля спрямовуються на автоматизацію простих рутинних операцій обліку, фінансових розрахунків. Як правило, автоматизуються задачі матеріально-технічного постачання, бухгалтерського обліку, нарахування зарплати і подібні до них. Метою автоматизації на цьому етапі є скорочення персоналу підприємства.

Причому більшість з цих задач не вимагає високої швидкості обробки даних та обігу інформації і може успішно вирішуватися централізовано спеціалізованими обчислювальними центрами.

Основними рисами другого етапу є повна технічна визначеність щодо обчислювальних систем і становлення локальних мереж ЕОМ для підприємств. У цей період починає змінюватися цільова спрямованість інформаційних технологій – на передній план висувається концепція «інформація для керівника». Домінуючими на цих двох етапах є так звані інформаційно-довідкові системи.

На третьому етапі відбувається структурна зміна на підприємствах, в яких виникають власні інформаційні служби з децентралізованою системою підготовки і обробки інформації. Для цього етапу характерно створення корпоративних мереж, підключення підприємств до єдиної глобальної інформаційної системи країни, активне використання технологій електронного документообігу, організація логістичних центрів, що надають користувачам на комерційній основі доступ до віддалених баз даних для автоматизації всіх розрахункових і пошукових операцій, а також наявність відповідного навченого персоналу.

На цьому етапі широко використовуються багатофункціональні інтегровані інформаційно-обчислювальні системи на нижчому і середньому рівнях управління і спеціалізовані експертні системи та системи інтелектуального аналізу даних для складання прогнозів і пошуку оптимальних рішень на верхньому рівні. У цілому інформаційні технології стають новою єдиною організаційною основою підприємств, а концепція управління інформаційними ресурсами – домінуючою.

Стосовно інформаційного забезпечення під час організації процесу перевезення, то експедитор повинен надавати вантажовідправнику і вантажоодержувачу як мінімум таку інформацію:

- правила та умови перевезення вантажів на різних видах транспорту;
- нормативні та технічні документи, що стосуються взаємовідносин сторін договору;
- відомості про тарифи і ціни на послуги, що надаються;
- інші відомості, які стосуються організації і здійснення перевезень вантажів на різних видах транспорту загального користування.

Інформаційні послуги, що надаються експедиторами, містять повідомлення:

- вантажоодержувача про відправлення вантажу на його адресу;

- вантажоодержувача про підхід вантажу (вагона) до станції призначення;
- вантажовідправника про видачу вантажу вантажоодержувачу;
- вантажовідправника (вантажоодержувача) про перетин вантажем державного кордону;
- вантажоодержувача чи вантажовідправника про прибуття вантажу в порт;
- вантажовідправника (вантажоодержувача) про завантаження вантажу на борт судна та прибуття на місце призначення;
- вантажоодержувача чи вантажовідправника про підхід завантаженого чи порожнього автотранспорту;
- вантажовідправника (вантажоодержувача) про виявлення комерційних несправностей в дорозі прямування;
- вантажовідправника (вантажоодержувача) про виконання в процесі перевезення графіка (терміну) доставки вантажу.

Принципи, які сприяють локалізації завдань реалізації концепції єдиного інформаційного простору транспортно-логістичного ринку ми систематизували у таблиці 1.

Таблиця 1.

ПОВНОТА ІНФОРМАЦІЇ	Передача інформації на сервер загального користування безпосередньо після актуалізації	Передача інформації для загального користування на безоплатній основі	Відповідальність учасників за повноту інформації	Перевірка цілісності даних, експертні оцінки, бази даних і бази знань
АКТУАЛЬНІСТЬ	Відновлення даних учасником єдиного інформаційного процесу, статистика відновлення й зміни даних, керування транзакціями	Витрати з підтримки актуальності даних профілю споживачів	Відповідальність за представлену інформацію, реквізити для електронного документообігу тощо	Новизна інформації, час розміщення, дата, орієнтація даних на процеси підприємства тощо
ПРОГНОСТИЧНІСТЬ	Наявність модуля, що дозволяє на базі інформації сформулювати статистичний прогноз бізнес-процесів	Прийняття адекватних управлінських рішень учасниками на тактичному й оперативному рівнях	Використання результатів прогнозування в операційному менеджменті підприємства	Застосування моделей і методів для одержання оптимальних рішень, формування профілів моделей для учасників
КОНКРЕТНІСТЬ	Забезпечення інформацією з достатнім рівнем деталізації й терміновості використання для контрагентів	Зниження транспортних витрат, часу проведення операції	Максимально відкрита, структурована й організована інформація для користувачів	Деталізація інформації за номенклатурою вантажів і часом їхнього зародження для прийняття рішень контрагентами
ЧАС РЕАКЦІЇ	Підтримка максимальної кількості запитів із боку клієнтів	Зниження витрат на прийняття рішень	Регламентация доступу, виявлення атак та аудит інформаційного порталу	Застосування сучасних технологій передачі даних для прискореного обміну
ІНСТИТУЦІОНАЛЬНІСТЬ	Підключення всіх учасників та обов'язковість використання ЄСП, формування цілісності роботи	Реалізація ресурсозбереження технологій на основі використання ЄСП	Забезпечення прозорості доступу до корпоративної бази даних на договірній основі	Застосування універсальних точок доступу й терміналів, ведення історії користувальницьких запитів
БЕЗПЕКА	Розподіл профілів між учасниками, криптозахисту	Розподіл «ролей» із забезпечення безпеки	Неможливість використання інформації в ЄСП проти користувачів системи	Захищеність даних на стороні сервера із застосуванням firewall, htaccess

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене у статті дослідження вказує на необхідність створення єдиного інформаційного простору для управління транспортно-логістичними системами. Проведено аналіз закордонного і вітчизняного досвіду комп'ютеризації підприємств показав основні тенденції у формуванні та використанні інформаційних технологій на підприємствах транспортної галузі

Перспективи подальших досліджень полягають в побудові математичних моделей поведінки транспортних підприємств в рамках єдиного інформаційного простору.

1. Афанасенко И. Коммерческая логистика. Стандарт третьего поколения / И. Афанасенко // Учебник для вузов. – СПб. : Питер, 2012. – 352 с.
2. Дорофеев А. Эффективное управление автоперевозками / А. Дорофеев. – М. : Дашков и К, 2012. – 196 с.
3. Фразелли Э. Мировые стандарты складской логистики / Э. Фразелли. – М. : Альпина Паблишер, 2016. – 330 с.
4. Богданов В. Управление проектами. Корпоративная система – шаг за шагом / В. Богданов. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 248 с.
5. Фирсов М.В. ERP-системы как фактор повышения эффективности управления предприятием / М.В. Фирсов // Экономика и производство. – 2007. – № 3 – С. 32–38.
6. Knolmayer G.F. Supply Chain Management Based on SAP Systems / G.F. Knolmayer, P. Mertens, A. Zeier, J.Th. Dickersbach. – London : Springer, 2009. – 560 p.
7. Абдикеев Н.М. Реинжиниринг бизнес-процессов / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, А.Д. Киселев, С.В. Ильдеменов. – М. : Эксмо, 2013. – 592 с. – (МВА).
8. Резер А. Финансовая логистика железнодорожных предприятий / А. Резер. – М. : ВИНТИ РАН, 2015. – 352 с.

УДК 004.056

В.М. Мельник, А.І. Нагорнюк

Луцький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ DOCKER ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВІДОКРЕМЛЕНОГО ДОСЛІДНИЦЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Мельник В.М. Нагорнюк А.І. Використання DOCKER для створення відокремленого дослідницького середовища.

В даній роботі було розглянуто застосування технології контейнеризації для створення незалежного середовища для проведення досліджень в напрямі порівняння швидкодії різних баз даних. Зокрема було висвітлено характерні особливості створення образів і контейнерів. Проведено порівняння з іншою технологією віртуалізації. Визначено основні переваги використання технології Docker.

Ключові слова: Docker, контейнеризація, CI/CD, особливості використання.

Melnyk V.M. Nahorniuk A.I. Use DOCKER to create a separate research environment. In this paper, the use of containerization technology to create an independent environment for conducting research in the direction of comparison of high-speed databases was considered. In particular, the nature of the features creating images and containers was highlighted. A comparison with another virtualization technology has been made. The main advantages of Docker technology are determined.

Keywords: Docker, Containerization, CI / CD, features of use.

Мельник В.М. Нагорнюк А.І. Использование DOCKER для создания обособленной исследовательской среды. В данной работе было рассмотрено применение технологии контейнеризации для создания независимой среды для проведения исследований в сфере сравнения быстродействия различных баз данных. В частности, были рассмотрены характерные особенности создания образов и контейнеров. Проведено сравнение с другой технологией виртуализации. Определены основные преимущества использования технологии Docker.

Ключевые слова: Docker, контейнеризация, CI / CD, особенности использования.

1. Постановка проблеми. Під час проведення досліджень у галузі програмної інженерії або розробки програмних продуктів виникає необхідність створення різноманітних програмних середовищ. Наприклад, існує серверний проект, розробку якого завершено і тепер його необхідно передати користувачеві. Під час розгортання проекту виникають складнощі, пов'язані з відмінністю апаратної і програмної складових між середовищем розробки та кінцевим серверним середовищем.[1, 2, 8] Все ускладнюється якщо продукт тиражований і замість одного клієнта наявні сотні або тисячі клієнтів з різними конфігураціями серверів. Часом інфраструктура проектів може бути дуже специфічною, а інструкція по налаштуванню - дуже мізерною або, як варіант, відсутньою зовсім. На налаштування витрачається невиправдано велика кількість корисного часу. У такі ситуації часто потрапляють нові члени команди (особливо, якщо вони працюють віддалено), компанії, які беруть на підтримку існуючий проект. Крім цього, проблеми з налаштуванням оточення зачіпають розробників, які працюють на декількох проектах з різною інфраструктурою. Також, при налаштуванні середовища необхідно налаштовувати велику кількість залежностей, особливо при необхідності одночасної підтримки різних версій цих залежностей. Це сильно «забруднює» систему, виникає можливість конфліктів між різними версіями застосунків. За допомогою docker є можливість відокремити власне додаток від інфраструктури і поводитися з інфраструктурою як з керованим додатком. Уявімо, що існує проект на 7-8 компонентів, нехай це буде frontend, backend, content-api, mysql, redis, mongodb, elastic, rabbitmq. Раніше всі ці сервіси безпосередньо встановлювалися і налаштовувалися на машині розробника, іноді на це могло піти від декількох годин до декількох днів. Більш того з'являлася проблема оновлень, додаток працює тільки з mongodb 2.4 а розробник випадково оновив до 4, погодьтеся, налаштовувати все це досить довго навіть для людей, які цим займаються постійно. Вихід було знайдено в docker, замість установки всіх компонентів ми просто можемо завантажити образи контейнерів і запустити їх. Це дуже зручно, прийшов новий розробник в команду і замість декількох днів налаштувань він просто запустив 2-3 команди і все, оточення готове. Аналогічно і з тестуванням, наприклад вам потрібно протестувати додаток на версіях PHP 5.6, 7.0, 7.1, 7.2. Більше вам не потрібно кожного разу заново інсталиувати PHP або одночасно тримати кілька різних версій постійно змінюючи посилання, просто передаєте змінну з потрібною версією PHP в докер і він сам завантажує потрібний образ. На тестових середовищах вже все менше використовують системи підтримки релізів суть яких полягала в створенні папок з номером релізу, вивантаженням туди коду і лінуванням в основну папку на яку дивився веб-сервер, зараз можна упакувати потрібний код в контейнер і просто його розгорнути на потрібному сервері в 2 команди.

Docker допомагає викладати код швидше, швидше тестувати, швидше викладати додатки і зменшити час між написанням коду і його запуском. Docker робить це за допомогою легкої платформи контейнерної віртуалізації, використовуючи процеси і утиліти, які допомагають керувати і викладати програми.[3, 5, 6]

Платформа і засоби контейнерної віртуалізації можуть бути корисні в таких випадках:

- пакування застосунку (і так само використовуваних компонентів) в docker контейнери;
- роздача і доставка цих контейнерів командам для розробки і тестування;
- викладання контейнерів на продакшени, як в дата-центри так і в хмари.

2. Аналіз і порівняння схожих рішень. Протягом деякого часу Vagrant є рішенням для створення середовищ розробки, які можна налаштувати незалежно від вашої машини та спільно з командою. Існує багато переваг використання віртуальних машин над інсталяцією програмного забезпечення безпосередньо на вашому локальному комп'ютері (наприклад, LAMP):

- Програмні стеки повністю незалежні від машини, на якій ви працюєте.
- Програмні стеки можна спільно використовувати з іншими людьми та автоматично відтворювати з легкістю.
- Віртуальні машини можна запускати і зупиняти за потребою.[4, 8, 11]

Хоча Docker також працює на віртуальній машині, він працює інакше. Vagrant використовує набагато простішу архітектуру, ніж Docker. Він використовує віртуальні машини для запуску середовищ, незалежних від хост-машини. Це робиться за допомогою так званого програмного забезпечення для віртуалізації, такого як VirtualBox або VMware. Кожне середовище має власну віртуальну машину і налаштовується за допомогою Vagrantfile. Vagrantfile повідомляє Vagrant, як налаштувати віртуальну машину і які сценарії потрібно запускати, щоб забезпечити середовище. Недоліком цього підходу є те, що кожна віртуальна машина включає не тільки ваше додаток і всі його бібліотеки, але й всю гостьову операційну систему, яка може мати розміри в десятки гігабайт. Docker, однак, використовує "контейнери", які включають вашу програму і всі її залежності, але спільно використовують ядро (операційну систему) з іншими контейнерами. Контейнери виконуються як ізольовані процеси на операційній системі хоста, але не прив'язані до будь-якої конкретної інфраструктури (вони можуть працювати на будь-якому комп'ютері).



Малюнок: порівняння віртуалізації та контейнеризації.

Vagrant є інструментом, орієнтованим на забезпечення послідовного робочого середовища розробки в декількох операційних системах. Docker - це контейнерне управління, яке може послідовно запускати програмне забезпечення, доки існує система контейнеризації. Контейнери, як правило, більш легкі, ніж віртуальні машини, тому пуск і зупинка контейнерів надзвичайно швидкі. Docker використовує рідну функціональність контейнерів на MacOS, Linux і Windows. В даний час Docker не має підтримки для деяких операційних систем (наприклад, BSD). Якщо ваше цільове розгортання є однією з цих операційних систем, Docker не надаватиме однакового паритету виробництва як інструмент Vagrant. Vagrant дозволить вам також запускати середовище розробки Windows, Mac або Linux. Для мікросервісних важких середовищ, Docker може бути привабливим, оскільки ви можете легко запуснути одну Docker VM і почати багато контейнерів вище, що дуже швидко. Це хороший випадок використання для Docker. Vagrant може зробити це також з постачальником Docker. Основною перевагою Vagrant є послідовний робочий процес, але є багато випадків, коли робочий процес чистого Docker має сенс. І Vagrant, і Docker мають велику бібліотеку "образів" або "коробок", що надаються спільною.[6, 7, 14]

Vagrant від Hashicorp - це рішення, яке дозволяє швидко конфігурувати та надавати віртуальні машини (VM), які допомагають ізолювати додаток у власному середовищі розробки. Віртуальні машини працюють на реальних серверах з різною апаратною конфігурацією, але емуляція віртуальної інфраструктури, якої потребує розробник - від операційної системи до бібліотек і бінарних файлів необхідного програмного забезпечення - гарантує, що програма працює однаково незалежно від апаратного та програмного забезпечення серверів. Docker - це платформа з відкритим вихідним кодом, яка дозволяє ізолювати програми в кодових контейнерах, подібних до контейнерів Linux (LXC), хоча Docker перейшов з LXC до containerd, щоб забезпечити стандартизацію в галузі. Замість створення віртуального комп'ютера на вершині реального апаратного забезпечення, контейнер Docker є кодовим пакетом з усім необхідним для запуску коду програми всередині. Хоча для створення однієї програми створено єдиний контейнер, один Vagrant VM може одночасно запускати декілька взаємодіючих програм. Для контейнерів Docker це можливо за допомогою Kubernetes і docker-compose. Таким чином, контейнери, як правило, важать кілька десятків МБ, і кілька контейнерів з окремими додатками можуть працювати на вершині однієї віртуальної машини.[8, 12, 13]

Оскільки контейнери Docker виконуються в окремих пакетах коду, їх можна запускати за хвилину, не впливаючи на роботу інших компонентів системи. Vagrant VM повинні бути запущені на існуючих ОС, тому вони використовують певну кількість ресурсів для своєї підтримки. Docker зводить нанівець необхідність в гіпервізорі і всьому рівні віртуалізації, оскільки контейнери можна запускати безпосередньо на вершині 3 найпопулярніших ОС - Linux, Windows і Mac OS. Це дозволяє значно підвищити ефективність споживання ресурсів - хост, що працює під управлінням контейнерів, може похвалитися на 300% підвищеною ефективністю порівняно з запущеними віртуальними машинами.

Vagrant легший для розуміння і легше налаштовується, але може бути дуже ресурсомістким (з точки зору оперативної пам'яті та простору). Архітектуру Docker важче зрозуміти, але вона є набагато швидшою, використовує набагато менше ресурсів, в тому числі дискового простору.

Docker - це виробничо-готове середовище, яке забезпечує послідовний досвід використання програми на всьому конвеєрі доставки програмного забезпечення. Побудована за галузевими стандартами, Docker-контейнеризація стає важливим інструментом для забезпечення безперервності доставки програмного забезпечення, особливо в поєднанні з Kubernetes, Jenkins та іншими інструментами DevOps для CI/CD. З іншого боку, Vagrant спеціально розроблений для розробки програмного забезпечення, тому запуск його у виробництво не рекомендується через всі описані вище причини - надмірне споживання ресурсів, повільну швидкість запуску/перезавантаження, складнощі конфігурації безпеки.

3. Обговорення особливостей роботи з Docker.

Щоб створити власний образ, необхідно створити файл Dockerfile в кореневому каталозі проекту. Це буде виглядати так:

```
FROM ubuntu:18.04
MAINTAINER Andrii
RUN echo 'debconf debconf/frontend select Noninteractive' | debconf-set-selections
RUN apt-get update
RUN apt-get install -y python-pip python-dev python-lxml libxml2-dev libxslt1-dev libxslt-dev
libpq-dev zlib1g-dev && apt-get build-dep -y python-lxml && apt-get clean
ADD requirements.txt requirements.txt
RUN pip install -r requirements.txt
WORKDIR /project
EXPOSE 80
```

Команда FROM визначає, який образ береться за основу. MAINTAINER - ім'я автора. Команда RUN виконує інструкції, інструкція ADD копіює нові файли, каталоги або віддалені URL-адреси файлів з <src> і додає їх до файлової системи зображення по шляху <dest>. Кілька ресурсів <src> можуть бути вказані, але якщо вони є файлами або каталогами, їх шляхи інтерпретуються як відносно джерела контексту побудови. Інструкція WORKDIR встановлює робочий каталог для будь-яких інструкцій RUN, CMD, ENTRYPOINT, COPY і ADD, які слідує за ним у файлі Docker. Якщо WORKDIR не існує, вона буде створена, навіть якщо вона не використовується в будь-якій наступній інструкції Dockerfile. Інструкція WORKDIR може використовуватися кілька разів у файлі Docker. Якщо заданий відносний

шлях, він буде відносно шляху попередньої команди WORKDIR. Інструкція EXPOSE повідомляє Docker про те, що контейнер слухає на вказаних мережевих портах під час виконання. Можна вказати, чи прослуховуватиме порт на TCP або UDP, а за замовчанням – TCP, якщо протокол не вказано. Інструкція EXPOSE не публікує порт. Він функціонує як тип документації між особою, яка створює зображення, і особою, яка керує контейнером, про які порти призначені для публікації. Щоб фактично опублікувати порт під час запуску контейнера, використовуйте прапорець -p для запуску докера для публікації та зіставлення одного або декількох портів, або прапора -P для публікації всіх відкритих портів і зіставлення їх з портами високого рівня.[10, 12, 15]

Після створення Dockerfile необхідно зібрати образ, використовуючи команду:

```
docker build -t username/image
```

Тут username - ваше ім'я користувача Dockerhub і image – назва вашого нового образу для даного проекту. Коли успішно вдалося створити основний образ, краще завантажити його в хмару DockerHub. Це можна зробити командою docker push username / image.

Отже, на даному етапі ми можемо запустити наш контейнер з додатків Django, але нам також потрібно запустити деякі інші контейнери с Redis, базою даних PostgreSQL і Celery Worker. Щоб спростити цей процес, ми скористаємося технологією Docker Compose, яка дозволяє нам створити простий файл YML з інструкціями про те, які контейнери запускати і як зв'язувати їх між собою. Створимо цей файл і назвемо його за замовчуванням docker-compose.yml:

```
django:
  image: username/image:latest
  command: python manage.py supervisor
  environment:
    RUN_ENV: "$RUN_ENV"
  ports:
    - "80:8001"
  volumes:
    - ./project
  links:
    - redis
    - postgres

celery_worker:
  image: username/image:latest
  command: python manage.py celery worker -l info
  links:
    - postgres
    - redis

postgres:
  image: postgres:9.1
  volumes:
    - local_postgres:/var/lib/postgresql/data
  ports:
    - "5432:5432"
  environment:
    POSTGRES_PASSWORD: "$POSTGRES_PASSWORD"
    POSTGRES_USER: "$POSTGRES_USER"

redis:
  image: redis:latest
  command: redis-server --appendonly yes
```

Як ви бачите, ми запустимо чотири контейнери під назвами `django`, `celery_worker`, `postgres` і `redis`. Ці назви важливі для нас. Отже, по-перше, наш файл завантажить образ `Redis` з `dockerhub` і запустить з нього контейнер. По-друге, він завантажить образ `Postgres` і запустить контейнер із закріпленими даними з радела `local_postgres`. Потім, цей файл запустить контейнер з нашим додатком `Django`, направить `8001`-й порт зсередини на `80`-й зовні, зв'яже ваш поточний каталог прямо з папкою `/project` всередині контейнера, пролінкує його з контейнерами `Redis` і `Postgres` і запустить супервайзер. І останнє, але не менш важливе – наш контейнер з `celery worker`, який також з'єднаний з `Postgres` і `Redis`. Ви можете направити будь-яку кількість портів, якщо необхідно - для цього просто додайте нові записи до відповідного розділу. Також ви можете з'єднати будь-яку кількість контейнерів, наприклад, контейнер з вашою базою даних. Використовуйте `tag: latest` для автоматичної перевірки оновленого образу на `DockerHub`. [11, 12, 14]

Для того, щоб запустити контейнери, слід виконати команду `docker-compose up`

Отже, образи `Docker` - це шаблони для ваших контейнерів. Вони розроблені для того, щоб бути ефективними і пропонувати максимальне повторне використання, використовуючи драйвер зберігання файлової системи накладення. Для початку роботи з `Docker` ви можете створити "інструкцію по збірці" певного оточення (наприклад, `Debian + Apache + modPHP + PostgreSQL` або `Ubuntu + nginx + PHP-fpm + MySQL`). За інструкцією створити "заготовку" системи і після використовувати її стільки разів, скільки буде потрібно. Можна навіть поділитися такою "заготовкою" з колегами, які працюють з вами в одному проєкті і яким потрібне таке ж середовище. Таку "заготовку" називають образом або `Docker image`. Образ створюється за інструкціями, які записуються в спеціальний файл - `Dockerfile`. Після того, як у вас є образ, `Docker` може запустити на основі образу контейнер. Контейнер - це самостійна "одиниця" всередині поточної операційної системи. Він складається з операційної системи, встановлених розширень, призначених для користувача файлів, також контейнер може запускати процеси. Чимось `Docker` схожий на віртуальну машину, з тією різницею, що працює "поверх" операційної системи хост-машини. [2, 4, 6, 9]

4. Висновки. У даній роботі було розглянуто технологію контейнеризації `Docker`, яка часто використовується для створення програмних середовищ для розробки, відлагодження, тестування та впровадження програмних продуктів. Під час проведення дослідження було висвітлено особливості роботи з `Dockerfile` та `docker-compose` файлами, створення образів та контейнерів, налаштування взаємодії контейнерів між собою. Відмічається, що процес контейнеризації значно спрощує розгортання та підтримку різноманітних програмних оточень, а також значно зменшує накладні витрати на віртуалізацію.

1. James Tumbull *The Docker Book: Containerization Is the New Virtualization*
2. Jeff Nickoloff *Docker in Action*
3. Adrian Mouat *Using Docker: Developing and Deploying Software with Containers*
4. Nigel Poulton *Docker Deep Dive*
5. S. Goasguen *Docker Cookbook: Solutions and Examples for Building Distributed Applications*
6. Karl Matthias, Sean P. Kane *Docker: Up and Running*
7. <https://www.docker.com/>
8. <https://www.vagrantup.com/>
9. <https://www.vagrantup.com/docs/vagrantfile/>
10. <https://proglib.io/p/docker/>
11. <https://habr.com/ru/post/353238/>
12. <https://habr.com/ru/post/309556/>
13. <https://vps.ua/blog/docker-and-linux-containers/>
14. <https://blog.maddevs.io/docker-for-beginners-a2c9c73e7d3d>
15. <https://dou.ua/lenta/articles/docker/>

УДК 004.056.55

Підкова Ю. І.

Тернопільський національний економічний університет

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ІНТЕРНЕТ-ТРАНЗАКЦІЙ

Підкова Ю. І. Методи та засоби дослідження надійності та захисту персональних даних при здійсненні інтернет-транзакцій. У роботі розглянуто застосування методів та засобів дослідження надійності та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, а також запропоновано застосування методів та засобів дослідження надійності та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, до яких віднесено моніторинг, виявлення і реагування на інциденти. Показано, що при об'єднанні моніторингу, виявлення і реагування на інциденти в єдину систему, це дозволить досліджувати надійність та забезпечувати захист персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій.

Ключові слова: надійність, захист, персональні дані, Інтернет-транзакції, моніторинг, виявлення інцидентів, реагування на інциденти.

Підкова Ю. И. Методы и средства исследования надежности и защиты персональных данных при осуществлении интернет-транзакций. В работе рассмотрено применение методов и средств исследования надежности и защиты персональных данных при осуществлении Интернет-транзакций, а также предложено применение методов и средств исследования надежности и защиты персональных данных при осуществлении Интернет-транзакций, к которым отнесены мониторинг, выявление и реагирование на инциденты. Показано, что при объединении мониторинга, обнаружения и реагирования на инциденты в единую систему, это позволяет исследовать надежность и обеспечивать защиту персональных данных при осуществлении Интернет-транзакций.

Ключевые слова: надежность, защита, персональные данные, Интернет-транзакции, мониторинг, выявление инцидентов, реагирование на инциденты.

Pidkova Y. I. Methods and tools to study the reliability and protection of personal data in the implementation of internet transactions. The paper discusses the use of methods and tools to study the reliability and protection of personal data in the implementation of Internet transactions, and proposed the use of methods and tools to study the reliability and protection of personal data in the implementation of Internet transactions, which include monitoring, detection and response to incidents. It is shown that when combining monitoring, detecting and responding to incidents into a single system, this allows us to investigate the reliability and ensure the protection of personal data during the implementation of Internet transactions.

Keywords: reliability, protection, personal data, Internet transactions, monitoring, incident detection, incident response.

Вступ. Фінансовим послугам, включаючи банки, страхування і інвестиції, характерна найважливіша роль для повсякденного життя споживачів. Однак для більшості продуктів, які пропонуються традиційними фінансовими організаціями, характерна відсутність турботи про простоту реєстрації та забезпечення належного рівня захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, хоча і фінансові транзакції, зазвичай, здійснюються за допомогою надійного Web-сайту [1, 2].

До найбільших ризиків, пов'язаних з віддаленою ідентифікацією об'єктів у цифровому середовищі, слід віднести сферу електронних фінансових відносин, до яких відносяться ризики, зв'язані [2-6]: з втратою особистих даних користувача електронних грошей; зі зломом електронного гаманця; з втратою даних або грошових коштів через збій обладнання системи; з викраденням даних клієнтів, яке здійснюється за допомогою хакерських атак на клієнта, банк або магазин тощо.

У зв'язку з тим, що рівень загальної комп'ютерної грамотності споживачів електронних фінансових послуг невисокий, тому кількість постраждалих користувачів збільшується паралельно зростанню популярності фінансових послуг [5, 6]. Основна проблема при здійсненні Інтернет-транзакцій полягає в спробі перехоплення даних під час транзакції або викрадення особистої інформації з бази даних.

До ключових недоліків проведення Інтернет-транзакцій слід віднести наступні [5-9]:

- недостатньо високий рівень інформаційної безпеки, тобто характерна присутність слабкої організації захисту платежів і збереження фінансових коштів клієнтів на рахунках. Цей недолік відкриває можливість для кіберзлочинців для викрадення персональних даних;

- технічні збої, пов'язані з великою кількістю користувачів, технічними роботами або оновленням програмного продукту і, відповідно, навантаженням на платіжну систему;

- недостатню інформованість клієнтів конкретного банку, які здійснюють транзакції, про нові технології та засоби захисту від шахрайських дій.

Тобто сучасний етап розвитку технологій електронних платежів, особливо при здійсненні Інтернет-транзакцій, потребує використання сучасних методів та засобів дослідження надійності та

захисту персональних даних. Хоча технології захисту інформації також стрімко розвиваються, але існує необхідність у подальшому дослідженні надійності та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій.

Аналіз попередніх досліджень.

У роботі [1], автором виконано класифікацію за призначенням методів криптографічного захисту документообігу.

Автором роботи [2] розглянуто забезпечення безпеки інформації при використанні пластикових карток за допомогою технології 3-D Secure, а за допомогою цієї ж технології у роботі [3] розглянуто протокол захисту електронних платежів. Розподілену систему по виявленню шахрайських платежів розглянуто в [4].

Сучасним принципам побудови захищених інтелектуальних мереж, призначених для використання у системах забезпечення економічної безпеки з організацією процесів розробки ПО присвячені роботи [5-7].

У роботах [8, 9] приведені особливості захисту електронних платіжних систем у мережі Інтернет.

Далі, розглянемо існуючі методи та засоби дослідження надійності та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій.

До відомих засобів захисту інформації в банківській організації відносяться [7, 10]: апаратні і програмні.

До апаратних засобів захисту інформації відносяться [7]: USB-токени; смарт-карти; SecretNet; «Страж NT» тощо. До програмних засобів захисту інформації відносяться: технологія 3D-Secure; ПЗ з двухфакторною аутентифікацією; Протокол HTTPS; Міжмережеві екрани тощо.

З метою забезпечення безпеки при здійсненні Інтернет-транзакцій застосовуються два методи [4, 5, 7]:

- в системі на основі особистого ідентифікаційного номера / номера транзакції (PIN / TAN) PIN-код являє собою пароль, який використовується для входу в систему, а TAN – це одноразові паролі для підтвердження транзакцій. Розподіл номерів транзакцій (TAN) може здійснюватися різними способами. Найбільш поширений – це відсилання списку номерів TAN користувачеві онлайн-ових банківських послуг електронною поштою. Найбільш безпечний спосіб використання номерів TAN – це їх генерація в міру необхідності за допомогою секретного ключа. В цьому випадку номери TAN генеруються за допомогою ключа в залежності від часу і унікального секретного коду, що зберігається в секретному ключі (двухфакторна аутентифікація). Надання онлайн-ових банківських послуг за допомогою номерів PIN / TAN зазвичай здійснюється через WEB-браузер з використанням захищених з'єднань по протоколу безпечних з'єднань (SSL), завдяки якому відсутня необхідність додаткового шифрування;

- в системі передача номерів TAN для користувача онлайн-ових банківських послуг здійснюється відправкою повідомлень SMS з номером TAN поточної банківської транзакції на мобільний телефон користувача, що працює за стандартом GSM. У тексті SMS, зазвичай, наводиться сума і докладна інформація про транзакції; номер TAN є чинним лише на короткий час. Послуга «TAN через SMS» використовується в банках багатьох країн, зокрема Німеччини, Австрії та Нідерландів, оскільки вважається, що даний спосіб забезпечує високий рівень безпеки.

Крім того, існує різновид онлайн-банкінгу на основі підпису, в якому всі транзакції завіряться підписом і шифруються [2, 7]. Ключі для генерації підпису та шифрування можуть зберігатися на смарт-картах або на будь-якому іншому пристрої зберігання даних в залежності від конкретної системи реалізації.

Ідентифікацію при проведенні Інтернет-транзакцій з використанням банківських облікових даних можна розділити на 2 види, в яких [3, 5]:

- використовуються електронні засоби платежу (банківська карта);
- використовуються облікові дані системи банк-клієнт.

Безпечній електронній фінансовій транзакції повинні пред'являтися такі вимоги [4, 7]:

- цілісність і авторизація;
- конфіденційність;
- готовність і надійність.

При здійсненні Інтернет-транзакцій взаємодія у системі «банк-клієнт» може здійснюватися, в тому числі, шляхом направлення клієнтові SMS на номер мобільного телефону. Для підвищення безпеки в усьому світі широко поширений спосіб двухфакторної ідентифікації, коли ідентифікація і аутентифікація клієнта здійснюється одночасно за допомогою номера мобільного оператора і

направленням одноразового пароля на вказаний номер. За допомогою такої ідентифікації виконуються транзакції в сфері банківських послуг і взаємодії клієнтів і кредитних організацій [3].

Існуючі в даний час інформаційні системи ідентифікації і аутентифікації є централізованими [2, 7]. Недоліком такої системи є її вразливість. Децентралізовані системи ідентифікації по суті представляють собою сукупність розподілених реєстрів даних. Децентралізований реєстр даних може містити інформацію будь-якого роду, однак характерною особливістю є те, що копії реєстру зберігаються одночасно у всіх його користувачів і автоматично оновлюються. Надійність системи забезпечують криптографічні алгоритми, завдяки яким внесений до реєстру запис неможливо видалити або підробити [1, 3]. Легітимність додавання нових записів досягається алгоритмами, які відрізняються від системи до системи, але виконують одну і ту ж функцію: не допустити технічної можливості спотворення даних (наприклад, через комп'ютерний збій або злий умисел). Розподілені реєстри більш захищені від кібератак, тому що замість однієї бази даних вони представляють собою безліч копій однієї і тієї ж бази даних, і таким чином, щоб бути успішною, кібератака повинна бути проведена на всі копії одночасно. Технологія також є стійкою для несанкціонованої зміни або злому, оскільки учасники мережі відразу ж виявлять зміни в одній з частин реєстру. Додатково до цього методи, використовувані для захисту і поновлення інформації, передбачають, що учасники можуть ділитися даними і бути впевненими, що всі копії реєстру збігаються один з одним в будь-який момент часу. У зв'язку з тим, що концепція розподілених реєстрів є досить новою, хоча вже використовується бізнесом, в даний час, як в зарубіжних країнах, так і в Україні, відсутня достатнє і необхідне правове регулювання ідентифікації і аутентифікації на основі децентралізованих систем.

Регулювання питань транскордонної передачі персональних даних, включаючи ідентифікаційну інформацію, на міжнародному рівні проводиться на основі Конвенції про захист осіб у відношенні автоматизованої обробки персональних даних (ETS N 108) (укладена в Страсбурзі 28.01.1981).

Слід також зазначити, що найбільш поширений варіант шахрайства при здійсненні платежів в мережі Інтернет є фішинг, спрямований на отримання доступу до конфіденційних даних користувачів – логінів і паролів [3, 7]. Таке може досягатися шляхом проведення масових розсилок електронних листів і особистих повідомлень від імені банків, великих Інтернет-магазинів. З метою мінімізації таких ризиків необхідно розробити системи дослідження надійності з управління ризиками, які пов'язані з електронними платежами, в тому числі з Інтернет-транзакціями.

Постановка проблеми. У роботі необхідно розглянути і запропонувати застосування методів та засобів дослідження надійності та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій.

Результати досліджень. До основних методів дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій слід віднести: моніторинг, виявлення і реагування на інциденти. Ці методи включають заходи, що вживаються для виявлення підозрілих дій, в першу чергу на підставі інформації про різні події; заходи по виявленню загроз на ранній стадії розглядаємого процесу; а також заходи, що вживаються для розпізнавання загроз при виявленні тих чи інших підозрілих дій.

Метод моніторингу являє собою комплексну систему виявлення загроз щодо захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, який допомагає відстежити різні дії шляхом пошуку аномальних відхилень у поведінці і діях користувачів на прикладному рівні, а також на рівні системи, бази даних або мережі. Крім того, така комплексна система буде спостерігати за тим, що відбувається в рамках окремих рахунків і між різними рахунками, використовуючи будь-які канали, доступні користувачам. Такий метод дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій також допомагає відслідковувати і аналізувати поведінку користувачів або акаунтів і пов'язані з цим транзакції, і дозволяє виявляти аномальну поведінку, використовуючи правила або статистичні моделі. Крім того, метод дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій може (в оптимальним варіанті) використовувати безперервно оновлюючі профілі і облікові записи користувачів, а також тимчасових груп, порівнюючи транзакції і виявляючи серед них підозрілі. Зокрема, для ретельного відстеження внутрішніх дій щодо захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій необхідний моніторинг привілейованих користувачів інформаційних технологій, які можуть безпосередньо вносити зміни в файли і дані, на відміну від тих, які використовують звичайні призначені для користувача програми.

Виявлення в методі дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій представляє систему виявлення випадків загроз, яка здатна обробляти, розбивати на частини і аналізувати великі обсяги даних з використанням складних взаємозв'язків і сортування за правилами, що визначаються комерційними організаціями (банками), з метою запобігання загрозам. Такий метод дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій може

використовуватися для виявлення загроз з боку як внутрішніх зловмисників (наприклад, співробітників), так і зовнішніх (наприклад, клієнтів). Для підтримки функцій виявлення загроз система виявлення, дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій може і повинна класифікувати різні об'єкти, такі як користувачі, облікові записи, домашні господарства, персональні комп'ютери, мобільні телефони та інтерактивні термінали, з метою виявлення аномальної поведінки даного об'єкта при виконанні транзакції. У разі виявлення загроз застосовується політика на основі правил, що базується на людських судженнях і знаннях, а також на математичних моделях прогнозування, які допомагають оцінити ймовірність дій щодо захисту персональних даних при здійсненні тієї чи іншої Інтернет-транзакції.

При дослідженні і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій має бути присутнім реагування (на випадки загроз), тобто при виявленні підозрілої активності система даного методу повинна реагувати на підозрілі дії і приймати різні запобіжні заходи, такі як блокування облікового запису або обмін інформацією.

Комбінації моніторингу та аналізу при дослідженні і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій повинні відповідати найбільшою мірою рівнів ризиків з визначенням можливостей по реалізації і підтримці технологій забезпечення безпеки.

Архітектура системи дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій повинна включати операції і компоненти. У разі ідеального варіанту, система дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій повинна запускати моніторинг всього сеансу роботи з моменту первинного входу користувача в систему. При цьому система виконує операції з протидії загроз по розкриттю персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, тобто виконує моніторинг і можливе реагування на загрози.

Під час виконання процедури введення логіна і пароля, аутентифікації і авторизації в системі захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій з метою перевірки в звичайній ситуації, аналізу піддається процедура першого входу в систему. Далі досліджувані облікові дані, зібрані в процесі входу в систему захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, порівнюються з інформацією, що знаходиться в базі облікових даних користувачів (імена користувачів і паролі), IP-адресою, базою даних профілів поведінки користувачів тощо. У результаті такої процедури визначається кількісний показник ризику. Виконання авторизації з метою перевірки відбувається згідно з правилами аутентифікації, що визначені у базі облікових даних. В системі захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій така база може розширюватися шляхом додавання нових правил.

В системі дослідження та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій після авторизації користувача виявляються випадки погроз і проводиться збір інформації з різних джерел (тобто мереж, служб систем і на основі аутентифікації). Виявлення загроз в системі відбувається при аналізі даних, отриманих від компонента, який відповідає за моніторинг таких випадків. При виявленні високого рівня ризику загроз захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, компонент, який відповідає за протидію таким загрозам, запитує більш серйозну перевірку для користувача, який увійшов в систему. Отримані рішення з питань загроз повинні відправлятися назад до бази даних. Тобто виконується формування самонавчальної замкнутої системи по дослідженню і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, яка дозволяє поліпшити її експлуатаційні характеристики на наступному етапі роботи.

В системі дослідження та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій повинен бути компонент, який відповідає за адміністрування та підготовку звітів, що дозволить більш детально вивчити загрози і більш ефективно виконувати управління. Такий компонент відкриває можливість користувачам системи виконувати безперешкодний аналіз і складати звіти за функціональними характеристиками, виявляти протиріччя в оцінці або доступі, визначати елементи системи, які можна вдосконалити, а також відстежувати дії користувачів і експлуатаційні показники системи. Крім того, за допомогою засобів підготовки звітів може бути забезпечено наочне уявлення докладної інформації про характеристики системи захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій для фахівців, які займаються аналізом випадків загроз.

Архітектура системи дослідження і захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій повинна включати види, що пов'язані: з модулями виявлення випадків погроз, які повинні бути вбудовані в сервер додатків (наприклад, WEB-сервер); з прослуховуванням і / або моніторингом онлайн-додатків; з програмними інтерфейсами для успадкованих додатків.

До найбільш важливих факторів, які визначають ефективність додатків, слід віднести правила і процеси, що відображають діяльність організації (наприклад, Інтернет-магазину). Для модуля

виявлення загроз захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, який розміщений всередині сервера додатків Правила (встановлюється певною організацією), характерне застосування фільтра до всіх запитів по протоколу передачі гіпертексту (HTTPS) (наприклад, здійснення Інтернет-транзакції), перед тим як дана транзакція звернеться до додатка.

Здійснення Інтернет-транзакцій може бути зупинено або перенаправлено на процедуру верифікації транзакції в реальному часі шляхом виконання правил виявлення загроз для даного модуля. Для підозрілих Інтернет-транзакцій повинно виконуватись припинення з передачею на розгляд фахівцеві-аналітику. Для цього, за допомогою спеціально налаштованих інтерфейсів прикладного програмування (API) виконується об'єднання таким чином, що транзакції перенаправляються на процедуру перевірки типу запит / відповідь.

За допомогою інтерфейсів API для проведення транзакцій через систему виявлення загроз, їх потік контролюється, і при виявленні підозрілої транзакції користувач піддається перевірці в реальному часі. Робота таких інтерфейсів API заснована на WEB-послужі і, які ускладнюють перехід від однієї конкретної системи до іншої.

У разі застосування інтерфейсів API з метою виявлення загроз захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій вони дозволяють виконувати безпосередній контроль потоку таких транзакцій, але це вимагає виконання значної роботи з інтеграції. Крім того, у разі зміни базової програми – інтерфейсам необхідно постійно оновлюватися. Цей метод є кращим для серверів додатків, які не вимагають втручання в Інтернет-транзакції користувачів в реальному часі, оскільки він є простим з точки зору відмови або заміни.

Висновки. У роботі розглянуто застосування методів та засобів дослідження надійності та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій. Показано, що до відомих засобів захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій відносяться апаратні і програмні. Забезпечення безпеки при здійсненні Інтернет-транзакцій досягається на основі двох методів: на основі особистого ідентифікаційного номера / номера транзакції (PIN / TAN) та передачі номерів TAN для користувача онлайн-банківських послуг з відправкою повідомлень SMS з номером TAN поточної банківської транзакції на мобільний телефон користувача, що працює за стандартом GSM. Послуга «TAN через SMS» використовується в банках багатьох країн, зокрема Німеччини, Австрії та Нідерландів, оскільки вважається, що даний спосіб забезпечує високий рівень безпеки. Ідентифікація при проведенні Інтернет-транзакцій з використанням банківських облікових даних відбувається з використанням електронних засобів платежу (банківської картки) і облікових даних системи банк-клієнт.

Також в роботі запропоновано застосування методів та засобів дослідження надійності та захисту персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій, до яких віднесено моніторинг, виявлення і реагування на інциденти. Показано, що при об'єднанні моніторингу, виявлення і реагування на інциденти в єдину систему, це дозволить досліджувати надійність та забезпечувати захист персональних даних при здійсненні Інтернет-транзакцій.

1. Йона Л. Г. Криптографічний захист електронного документообігу / Л.Г. Йона, О.О. Йона, В.С.Терешко // Цифрові технології. – 2013. – № 13. – С. 142-146.
2. Быхно А. 3D-Secure: безопасные покупки через Интернет [Электронный ресурс] / Александр Быхно. – Режим доступа: <http://credit-card.ru/articles/security/3dsecure.php>
3. 3-D Secure [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bankdbo.ru/3-d-secure>
4. Фахретдинов, Р. Анализ средств подтверждения банковских транзакций [Электронный ресурс] / Руслан Фахретдинов. – Режим доступа: <http://frodex.ru/article/authentication2014>
5. Гончаров В.В. Безопасность и защита интернет-платежей // Расчеты и операционная работа в коммерческом банке. – 2010. – № 4. – С. 54-58.
6. Йона О.О. Специфічні чинники активізації загроз економічній безпеці господарюючих суб'єктів / О.О. Йона // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2012. – № 4/6 (8). – С. 31-32.
7. Юсупова О.А. Безопасность транзакций при использовании Интернет-банкинга / О.А. Юсупова // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2016. – №35. – С. 26-40.
8. Грицюк П.Ю. Електронні гроші – нове досягнення криптографії та інформаційних технологій / П.Ю. Грицюк, Ю.І. Грицюк // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.1. – С. 339-347.
9. Грицюк П.Ю., Грицюк Ю.І. Особливості захисту електронних платіжних систем у мережі Інтернет / П.Ю. Грицюк, Ю.І. Грицюк // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.10. – С. 314-331.
10. Мартынов В.Г. Электронные деньги. Интернет-платежи / В.Г. Мартынов., А.А. Андреев В.А. Кузнецов. – М. : Изд-во "Маркет ДС", ЦИПСИР, 2010. – 176 с.